

MANUAL DE PERITAJE ELECTRO MECANICO DE VEHICULOS
AUTOMOTORES APOYADO EN EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD

JUAN FELIPE SALDARRIAGA PIEDRAHITA

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERIA

TECNOLOGIA MECANICA AUTOMOTRIZ

MEDELLIN

2013

MANUAL DE PERITAJE ELECTRO MECANICO DE VEHICULOS
AUTOMOTORES APOYADO EN EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD

JUAN FELIPE SALDARRIAGA PIEDRAHITA

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz

Asesor

José Alberto Betancur Muñoz

Ingeniero Mecánico

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERIA

TECNOLOGIA MECANICA AUTOMOTRIZ

MEDELLIN

2013

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Medellín, 15 de noviembre de 2013

A mi madre María Eugenia,
mi hermana, mi tía y mi novia
las quiero demasiado, siempre
estuvieron a mi lado apoyándome.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primera instancia a Dios por darme la fortaleza necesaria para afrontar todos los problemas e inconvenientes sucedidos durante el tiempo de estudio, a mi madre María Eugenia Piedrahita por estar siempre pendiente de mí y mis cosas además de apoyarme en todas las decisiones tomadas y por guiarme siempre de la mejor manera para así poder lograr todas las metas propuestas. También a mi hermana Lina Marcela Saldarriaga y mi novia Monica Botero por estar siempre pendientes y dispuestas a ayudarme durante todo este tiempo, pero sin duda el mayor agradecimiento es a mi tía María Piedad Saldarriaga por responsabilizarse y ayudarnos a mí y mi familia desde el momento en que mi padre fallece en 1991, siempre dispuesta a brindarnos su ayuda, consejos y ante todo un apoyo muy desinteresado, toda la vida estaré muy pero muy agradecido contigo.

A mis profesores que siempre estuvieron presentes a brindar el conocimiento y guiarnos de la mejor manera.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	18
1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	19
2. JUSTIFICACION	20
3. OBJETIVOS	21
3.1 Objetivo general	21
3.2 Objetivo especifico	21
4. REFERENTES TEORICOS	22
4.1 REFERENTE HISTORICO	22
4.2 REFERENTE TEORICO	24
4.2.1 Sistema motor	24

4.2.2 Sistema transmisión de potencia	27
4.2.3 Sistema frenos	27
4.2.4 Sistema eléctrico	28
4.2.5 Sistema dirección	29
4.2.6 Sistema suspensión	30
4.2.7 Sistema chasis y carrocería	31
4.2.8 Importancia del RCM	32
4.2.9 Fallas funcionales	34
4.2.10 Modos de falla	35
4.2.11 Efectos de la falla	36
4.2.12 Consecuencia de la falla	36
4.2.13 Beneficios del RCM	38
5. METODOLOGIA	43
5.1 TIPO DE ESTUDIO	43

5.2 POBLACION	43
5.3 MUESTRA	43
5.4 TECNICAS PARA LA RECOLECCION INFORMACION	44
5.5 TRATAMIENTO DE LA INFORMACION	44
6. RESULTADOS DEL PROYECTO O DISEÑO TECNICO	59
7. CONCLUSION	63
BIBLIOGRAFIA	64
CIBERGRAFIA	65

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Severidad de la falla	44
Tabla 2. Análisis de fallas en los sistemas	45
Tabla 3. Plan preventivo de los sistemas	59

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Sistema motor	25
Figura 2. Sistema transmisión de potencia	27
Figura 3. Sistema frenos	28
Figura 4. Sistema eléctrico	29
Figura 5. Sistema eléctrico	29
Figura 6. Sistema dirección	30
Figura 7. Sistemas suspensión	31
Figura 8. Chasis y carrocería	32

GLOSARIO

Alternador: dispositivo de carga eléctrica que convierte la energía mecánica en energía eléctrica, su trabajo consiste en mantener la batería totalmente cargada y proporcionar corriente al sistema de encendido, luces y accesorios.

Amortiguador: dispositivo hidráulico de la suspensión que absorbe por rozamiento y atenúa los movimientos de los muelles debido a los baches, cada rueda tiene un amortiguador, el cual posee un cilindro lleno de aceite con un pistón y una válvula. La función es proporcionar una resistencia controlada cada vez que la rueda brinque o baje o cuando el chasis se inclina al tomar una curva.

Árbol de transmisión: es el eje que transmite el par motor desde la caja de cambios hasta el diferencial.

Atomización: la pulverización del combustible convirtiéndolo en niebla fina para favorecer su evaporización.

Barra estabilizadora: componente usado en la suspensión para controlar el balanceo de la carrocería en las curvas.

Barra de torsión: barra de acero que se tuerce para soportar el peso del vehículo.

Batería: dispositivo electro químico para almacenar energía en forma química de manera que pueda ser liberada como electricidad durante el arranque del motor, suelen manejar 12 voltios.

Bobina: transformador que se utiliza para elevar la tensión del primario hasta el secundario para producir la chispa entre los electrodos de la bujía.

Bomba de aceite: dispositivo que empuja el aceite desde el carter hasta las partes móviles del motor.

Bomba de agua: dispositivo que hace circular el refrigerante entre las camisas y el radiador.

Bomba combustible: dispositivo que empuja el combustible desde el tanque hasta el carburador o riel de inyectores.

Brazo oscilante: conecta la mangueta al bastidor y permite a la mangueta moverse hacia arriba y abajo.

Bujía: es la encargada de suministrar la chispa en la cámara de combustión del motor.

Caja de cambios: conjunto de engranajes que proporciona multiplicar el par motor en las diferentes relaciones de engrane así como la marcha atrás y el punto muerto.

Carburador: dispositivo mezclador dosifica la gasolina en proporciones variables adecuadas a las condiciones de funcionamiento del motor.

Carrocería: conjunto de partes metálicas ensambladas junto con las ventanas, puertas, asientos y otras partes que proporcionan un recinto para los pasajeros, motor etc.

Carter: parte inferior del motor donde se deposita el aceite del motor.

Catalizador: dispositivo que reduce la cantidad de contaminación a la salida del sistema de escape.

Cojinete: es el que reduce la fricción o rozamiento entre piezas.

Correa: elemento flexible de conexión entre las poleas de los elementos de motor.

Corriente: flujo de electrones a través de un conductor.

Chasis: estructura portante y el conjunto que constituye la mayor parte de los mecanismos del automóvil.

Diferencial: caja de engranajes que transmite el par desde el árbol de transmisión hasta los semiejes y les permite girar a velocidades diferentes.

Dirección cremallera: cajetín que emplea un piñón helicoidal que mueve una barra horizontal dentada.

Disco: rotor o pieza giratoria de metal contra la cual se presionan las pastillas para producir la acción de frenado.

Distribuidor: es el que distribuye el voltaje de alta tensión a las bujías.

Ecu: unidad de control electrónica.

Eje: barra transversal que soporta un órgano giratorio.

Embrague: el mecanismo que conecta el cigüeñal del motor o lo desconecta de la caja de cambios.

Encendido: la acción de la chispa para iniciar la combustión de la mezcla.

Engranajes: dispositivos de ruedas con dientes que transmiten potencia.

Escobillas: bloque de sustancia de grafito que se apoya en el colector para formar un circuito eléctrico permanente de un órgano giratorio.

Filtro aceite: a través del cual pasa el aceite para suprimir cualquier impureza.

Filtro aire: dispositivo conectado en el carburador para disminuir la suciedad y el polvo contenido en el aire que entra al motor.

Filtro combustible: retenedor de impurezas o contaminantes de la gasolina que proviene del tanque.

Fusible: es un enlace de plomo protector en el cableado de un circuito que está diseñado para quemarse en caso de una sobrecarga.

Hidráulica: el uso de líquidos a presión para transmitir o para aumentar una fuerza o movimiento aplicado.

Interruptor: dispositivo que abre o cierra un circuito eléctrico.

Inyector: componente que pulveriza el combustible dentro del motor.

Muelle: dispositivo que cambia de forma cuando se le somete a un esfuerzo.

Neumático: conjunto de cubierta con banda de rodadura que se monta sobre una rueda para proporcionar el contacto amortiguado y la adherencia sobre la calzada para la tracción y para el frenado.

Par: fuerza que genera un giro.

Pastillas: piezas planas forradas de material antifricción usadas en los frenos.

Pedal esponjoso: cuando al pisar el pedal es más blando de lo normal.

Piñón: pequeño engranaje sobre un eje giratorio que transmite el par a un engranaje mas grande.

Pistón: pieza en forma de vaso ajustada en el cilindro que puede recibir o transmitir el movimiento como resultado de los cambios de presión que tiene lugar en el cilindro.

Purga: proceso mediante el cual se saca el aire de un sistema hidráulico sangrando parte del fluido o haciendo trabajar el sistema hasta expulsar el aire.

Radiador: el dispositivo que elimina del líquido refrigerante que pasa a través de las aletas y lo cede al aire.

Ralentí: velocidad del motor cuando el acelerador no tiene carga y la mariposa está cerrada.

RCM: mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Regulador: dispositivo que impide que sea excesiva la tensión que envía el alternador a la batería o los diferentes dispositivos.

Relé: dispositivo eléctrico que usa una bobina y un par de contactos para abrir y cerrar un circuito eléctrico.

Rotor: parte giratoria de una máquina.

Silenciador: dispositivo montado en el tubo de escape por el que deben pasar los gases de escape y en el que se amortigua el ruido generado por las vibraciones de presión de los gases quemados.

Sellador: compuesto adherente espeso, que se extiende y se puede utilizar como junta para cerrar pequeñas aberturas o para cubrir irregularidades en la superficie.

Tensión eléctrica: la fuerza con la que los electrones fluyen en un conductor.

Termostato: dispositivo para la regulación automática de la temperatura en el sistema de refrigeración.

Testigo: lámpara de aviso en el tablero de instrumentos.

Válvula: dispositivo que puede ser abierto o cerrado para permitir o impedir el paso de un fluido.

Zapata: placa metálica que soporta el forro de freno que absorbe y transmite fuerzas de frenado.

INTRODUCCION

El presente proyecto es una guía práctica para las personas que les gustaría tener un panorama más amplio sobre la mecánica y todo lo relacionado con los vehículos automotores sus sistemas, componentes, funciones, posibles fallas y el mantenimiento preventivo a realizar a cada componente, apoyado en el RCM y enfocado en resolver inconvenientes mecánicos sin tener que ser un experto en la materia. Puede ser también un documento de consulta permanente y apoyo para personas relacionadas con la mecánica automotriz.

Mediante un formato que contiene la descripción de cada uno de los componentes incorporados en los sistemas del vehículo, además del desarrollo de un plan preventivo, siguiendo estas rutinas de mantenimiento se obtendría un mejor desempeño del vehículo automotor así como una disminución de fallas imprevistas, aumento de la operación y un ahorro económico considerable para cada propietario.

Es así como el RCM juega un papel muy importante en la obtención de los objetivos del proyecto, para tratar de producir un cambio en la mentalidad del colombiano, pasando del mantenimiento correctivo al mantenimiento preventivo generando un conocimiento más amplio del activo que se posee y minimizando los riesgos de accidentalidad, además de prevenir un desgaste más rápido de los componentes, proteger la integridad de los pasajeros y propender por una mentalidad de cuidado al medio ambiente.

1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

En la actualidad las personas que poseen vehículos automotores no tienen un plan de mantenimiento a seguir solo se limitan a corregir cuando la falla ha ocurrido, incrementando los costos de reparación y en ocasiones generando accidentes, que en los últimos años se ha incrementado en la ciudad en un 8.3 por ciento según estudios de la secretaria de tránsito y transporte de la ciudad de Medellín.

2. JUSTIFICACION

Mediante este trabajo de grado se busca dar a conocer y cambiar de mentalidad a las personas que poseen un vehículo automotor que existe un método para disminuir las fallas en el vehículo, alcanzar y superar la vida útil del mismo, dejando a un lado el mantenimiento correctivo y aplicando un plan de mantenimiento preventivo mediante una serie de tareas que se le realizan a todas las partes electro- mecánicas del vehículo en un tiempo determinado.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) de los vehículos automotores, optimizar el mantenimiento preventivo, reducir los costos de mantenimiento, minimizar la accidentalidad y garantizar un mejor desempeño del vehículo en su entorno operacional.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Identificar el funcionamiento del vehículo y sus sistemas.
2. Analizar las posibles fallas en cada uno de los componentes de los sistemas.
3. Generar un plan de mantenimiento preventivo para los componentes con rutinas determinadas.
4. Elaborar un formato a seguir.
5. Establecer índices que ayuden a cuantificar la reducción de costos y que minimicen la accidentalidad por fallas mecánicas de los componentes de cada sistema del vehículo.

4. REFERENTES TEORICOS

4.1 REFERENTE HISTORICO

La historia del automóvil empieza con los vehículos autopropulsados por vapor del siglo_XVIII. En 1885 se crea el primer vehículo automóvil por motor_de_combustión interna con gasolina. Se divide en una serie de etapas marcadas por los principales hitos tecnológicos.

El intento de obtener una fuerza motriz que sustituyera a los caballos. El automóvil recorre las tres fases de los grandes medios de propulsión: vapor, electricidad y gasolina. El primer vehículo a vapor (1769) es el "Fardier", creado por Nicolás Cugnot, demasiado pesado, ruidoso y temible.

En la década de 1880 la gente se reía de "aquellos carruajes sin caballos", pero los rápidos progresos técnicos demostraron que el automóvil iba a imponerse. En 1903 alcanzaban ya velocidades superiores a los 110 Km/h, pero eran caros y se averiaban a menudo. Desde entonces se han abaratado y mejorada; hoy son el medio de transporte cotidiano para millones de personas en todo el mundo.

En 1903, en Michigan, el hijo de un granjero llamado Henry Ford fundó una compañía que revolucionaría no sólo la incipiente industria del automóvil sino toda la industria. Ford presenta el Modelo "T". "Construiré un coche para las masas", prometió Henry Ford en 1908, cuando presento el Modelo "T", el coche que abarrotó el mundo de automóviles y propicio la producción en cadena, característica de la segunda revolución industrial. A finales de la centuria, la

premonición de un joven granjero que soñaba con un coche particular al alcance de las masas no sólo se había realizado más allá de sus más desmesurados sueños sino que había transformado todos los ámbitos de la vida: desde el aspecto de las ciudades hasta el papel del petróleo en la política internacional, pasando por el aire que respiramos. Duradero, ligero, extraordinariamente polivalente, el Modelo "T" resistía los toscos caminos rurales, convirtiendo así a los trabajadores del campo, un gran sector de la población norteamericana en 1908, en clientes rentables. Aún más importante, por 850 dólares el coche de Ford era accesible y no un juguete de ricos.

Al cabo de los años, cuando la producción se perfeccionó, los precios descendieron, permitiendo a Ford construir un coche "que ningún hombre con un salario decente dejaría de comprar". En un año de producción, 10.000 Modelos "T" circulaban por EE.UU. Cuando cesó su fabricación, en 1927, se habían vendido más de quince millones en todo el mundo. Con sus cuatro cilindros, la transmisión "planetaria" semiautomática (pedales de marcha adelante y marcha atrás que facilitaban rápidos cambios), la suspensión flexible y una magneto eléctrica que sustituyó a las pesadas pilas secas, el innovador Modelo "T" fue el coche más moderno y sólido de su época. Podía ir a cualquier sitio que llegara un coche de caballos y lo hacía a más velocidad. Lo que hizo del Modelo "T" algo realmente radical y una mina de oro para Ford, fue el intercambio de sus componentes.

Desde 1913, cada pieza, desde los ejes hasta la caja de cambios, se fabricaba con tolerancias muy estrictas, por eso cada modelo era igual a cualquier otro, permitiendo que el coche fuera producido en grandes cantidades en un tiempo en que los otros automóviles eran laboriosamente manufacturados.

En 1909, frente a la aparente demanda insaciable, Ford inauguró su gigantesca fábrica en Highland Park, Michigan. Pocos años después, intentando reducir todavía más el tiempo de producción, introdujo la cadena de montaje, creando de una vez la moderna industria del automóvil

DAIMLER BENZ. Hacia 1880 los ingenieros alemanes Karl Benz y Gottlieb Daimler, trabajando cada uno por su cuenta, desarrollaron el primer motor de nafta. En 1885 Karl Benz construyó el frágil triciclo motorizado, primer automóvil con motor de gasolina.

NICOLAS CUGNOT. Primer vehículo de carretera movido por una máquina de vapor. El soldado francés Nicolás Cugnot construyó un carro autopropulsado para arrastrar "cañones". Alcanzaba unos 5 Km/h y cada 10 minutos tenía que detenerse para dar presión.

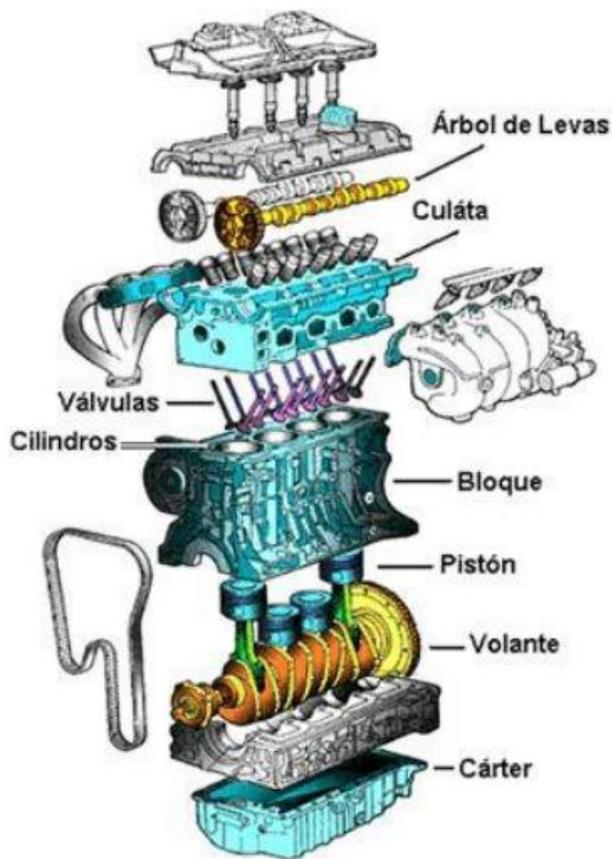
4.2 REFERENTE TEORICO

Actualmente son muy pocas las compañías que implementan un plan de mantenimiento preventivo en sus procesos y mas poco aun en las empresas automotrices, es por esto que se implementara en este proyecto un plan de mejoramiento basado en RCM y se desglosara cada uno de los sistemas y subsistemas del vehículo, tomando cada componente describiéndolo y generando unas rutinas de mantenimientos mediante un plan a seguir.

4.2.1 Sistema motor El motor a gasolina convierte un fenómeno químico (la expansión que se produce al comprimir y explotar con la chispa de una bujía, a la mezcla de aire y gasolina dentro del cilindro herméticamente sellado) en uno

mecánico que es el empuje que recibe el pistón y que lo trasmite a la biela y esta al cigüeñal, produciendo finalmente un movimiento de giro que será aprovechado por el sistema de transmisión del vehículo para hacer que las ruedas se muevan.

Figura 1 sistema motor.



El sistema motor a su vez se divide en subsistemas tales como: alimentación, encendido, refrigeración y lubricación.

La alimentación a los cilindros del motor se hace mezclando la gasolina líquida depositada en el tanque, con el aire de la atmósfera. Mezcla que se realiza en el carburador si el vehículo posee este sistema, o cerca a los cilindros si el sistema es de inyección como la totalidad de los vehículos modernos en Colombia.

El encendido comienza cuando se gira la llave del switch, por medio de una corriente eléctrica hace trabajar el motor de arranque que le da los primeros giros al motor iniciando el funcionamiento de este y del sistema como tal, la corriente eléctrica va desde la batería hacia la bobina donde la corriente se multiplica hasta 30mil voltios para ser enviada mediante un cable a la bujía y es esta la que genera la chispa que va a encender la mezcla que se encuentra en el cilindro.

La refrigeración comienza en el momento que el motor enciende, las explosiones que lo hacen posible, generan una altísima temperatura en el interior. Si esta temperatura subiera exageradamente, produciría una deformación de las piezas que dejarían inservible al motor. Para evitar este fenómeno, cuando la temperatura llega a su máximo permitido, el termostato se abre, permitiendo que la bomba haga circular el agua hacia el radiador donde por efecto del movimiento del ventilador se hará la transferencia de calor, regresando luego ya refrigerada al motor para completar su ciclo.

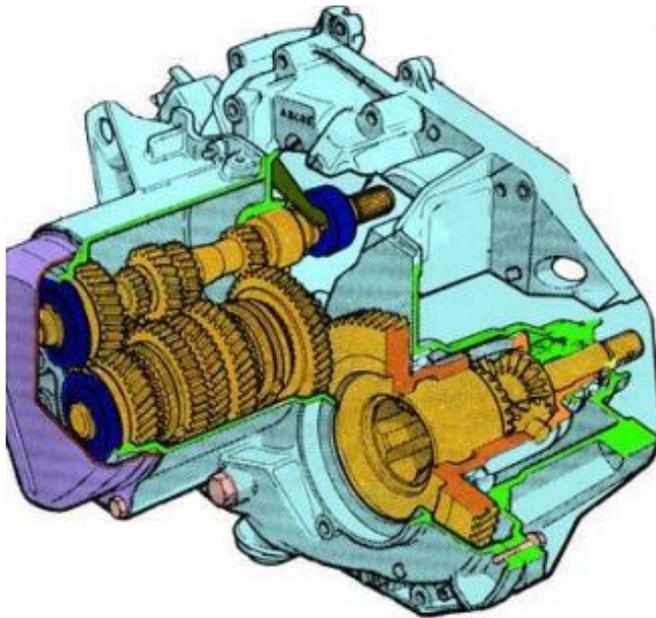
La lubricación inicia al encender el motor, la bomba que es accionada por el árbol de levas, succiona el aceite, lo hace pasar por el filtro para su limpieza y lo impulsa hacia las partes que requieren lubricación, como los anillos, los apoyos del árbol de levas, los apoyos del cigüeñal etc.

Mientras el motor permanezca encendido, el aceite estará circulando por los conductos, regresando al cárter y volviendo a circular por el filtro hacia los puntos de lubricación.

4.2.2 Sistema transmisión de potencia Recibe del embrague la potencia aportada por el motor y la trasmite al cardán que a su vez la entrega a las ruedas.

La caja de cambios sirve para aprovechar al máximo la fuerza del motor pues es diferente poner en movimiento al vehículo (se necesita más fuerza), a impulsarlo cuando ya está andando o empujarlo en cuesta o bajando.

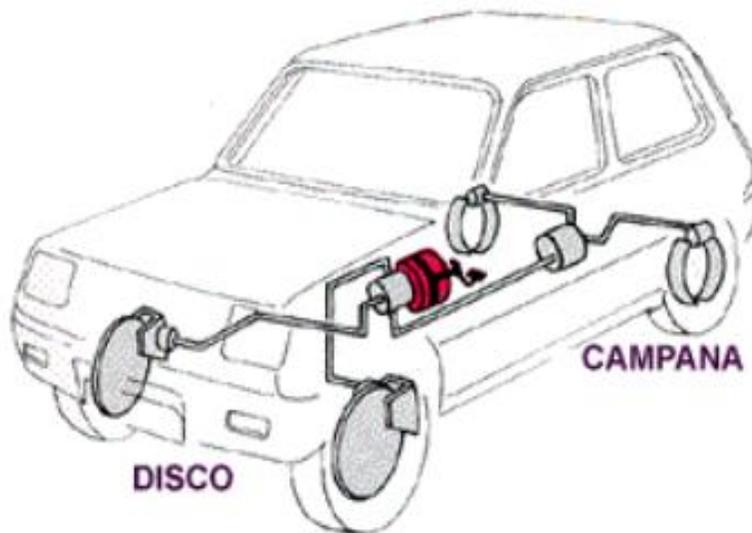
Figura 2. Sistemas transmisión de potencia.



4.2.3 Sistema frenos Cuando el conductor usa el pedal del freno, la fuerza es llevada a la bomba del freno por medio de una varilla. Esta varilla empuja un émbolo en el interior de la bomba que desplaza el líquido de frenos a gran presión por los conductos hasta llevarlo a las ruedas.

Los automóviles modernos usan generalmente frenos de tambor o campana en las ruedas traseras y sistema de disco en las delanteras. Si el sistema es de campana, la acción en la rueda sucede así: La columna de líquido llega al cilindro de rueda haciendo que los émbolos se desplacen hacia los lados, empujando las bandas contra la campana. La fricción hecha permite ir disminuyendo la velocidad de la rueda, convirtiendo esta energía en calor. A su vez el caucho de las llantas servirá de fricción contra el pavimento para detener el auto.

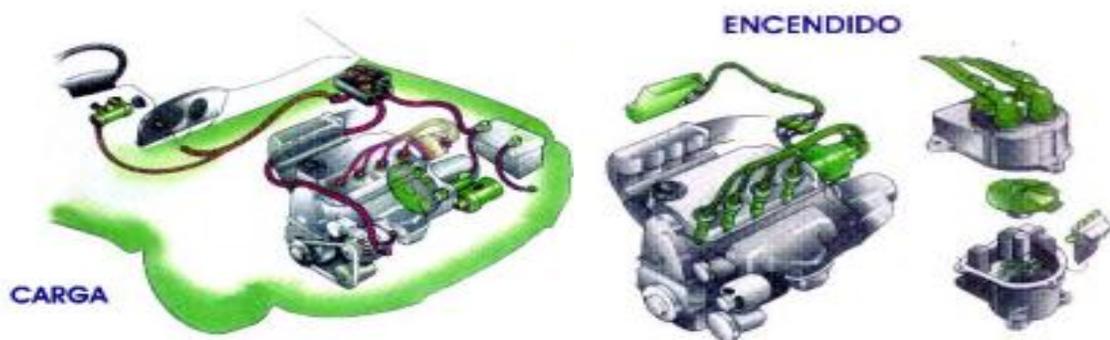
Figura 3 Sistema Frenos



4.2.4 Sistema eléctrico La electricidad del auto con el motor apagado proviene de la batería y con el motor prendido del alternador, es decir que el giro del motor produce electricidad suficiente para todos los subsistemas tales como (sistema carga, arranque, luces y accesorios) mientras el motor gira el generador está recargando la batería constantemente. La batería se descarga solo al momento de

arrancar el auto (y se descarga bastante porque la fuerza necesaria para hacer girar el motor apagado no es poca) o cuando estamos escuchando música o haciendo algo con el motor apagado.

Figura 4 y 5 Sistema Eléctrico



4.2.5 Sistema dirección Permite llevar la trayectoria del vehículo a voluntad del conductor, bien sea en línea recta o a la derecha o a la izquierda mediante el manejo del volante.

El sistema más usado en la actualidad por autos livianos es el sistema de cremallera, donde el volante hace girar la columna de dirección quien a su vez trasmite el movimiento a la cremallera y de allí a las ruedas delanteras.

Figura 6. Sistema Dirección.



4.2.6 Sistema suspensión Consta de unos resortes, amortiguadores y otros elementos dispuestos para dar comodidad a los pasajeros cuando el vehículo se desplaza por un terreno irregular. También aporta seguridad al evitar que las ruedas se despeguen del piso y evita la carga excesiva que sufre el bastidor y la carrocería.

Figura 8. Sistema Chasis y Carrocería



4.2.8 Importancia del RCM Es un proceso usado para determinar sistemática y científicamente qué se debe hacer para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios desean que hagan.

Ampliamente reconocido por los profesionales de mantenimiento como la forma más “costo-eficaz” de desarrollar estrategias de mantenimiento de clase mundial, RCM lleva a mejoras rápidas, sostenidas y sustanciales en la disponibilidad y confiabilidad de planta, calidad de producto, seguridad e integridad ambiental. (Moubray, 2000).

El RCM pone énfasis tanto en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

- Integración: de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad

y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.

Atención: en las tareas del mantenimiento que mayor incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

El RCM es uno de los procesos de mantenimiento desarrollados durante los 1960s y 1970s, en varias industrias con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físico y para manejar las consecuencias de sus fallas. De estos procesos, el RCM es el más directo.

El RCM fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro “Reliability Centred Maintenance” / “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”, el libro que dio nombre al proceso.

El proceso sistemático del RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar:

- ¿Cuáles con las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Cada elemento que conforma los sistemas de los equipos debe de haberse adquirido para uno o varios propósitos determinados. En otras palabras, deberá

tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización depende de:

- La función de los equipos en su contexto operacional, o sea la prioridad del equipo dentro del sistema productivo.
- El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Las funciones del equipo se dividen en:

- Funciones primarias: Estas resumen el porqué de la adquisición del activo.
- Funciones secundarias: la cual reconoce que se espera de cada activo que haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias.

Una vez que se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, costo operacional y seguridad. Esto remarca la importancia de identificar precisamente qué es lo que los usuarios quieren cuando comienza a desarrollarse un programa de mantenimiento. (Moubray, 2000).

4.2.9 Fallas funcionales El paso siguiente es identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones, lo que es conocido comúnmente como falla funcional, la cual ocurre cuando un activo no puede cumplir una función de acuerdo a al parámetro de funcionamiento que el usuario considero aceptable.

Cuando se presenta una falla funcional el Objeto RCM deja de hacer lo que sus usuarios quieren que haga. Estas fallas sólo pueden ser identificadas luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento del activo. Se deben de definir fallas funcionales por cada función. Una función puede tener varias fallas funcionales, las cuales se deben registrar

4.2.10 Modos de falla El próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir.

Al realizar este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Resulta importante identificar la causa de cada falla con suficiente detalle para asegurarse de no desperdiciar tiempo y esfuerzo intentando tratar síntomas en lugar de causas reales.

Un modo de falla origina una falla funcional y la función del Objeto RCM se afecta negativamente. Se definen modos de falla por cada falla funcional y cada una de estas puede tener varios modos de falla.

La descripción de un modo de falla debe consistir de un sustantivo y un verbo y debe de ser descrito de manera específica y concisa. Se debe de evitar el uso de expresiones como falla, rotura o mal funcionamiento.

4.2.11 Efectos de la falla El siguiente paso del proceso de RCM, enfatiza enlistar los efectos de cada falla, que describan lo que ocurre con cada modo de falla. Concretamente, al describir los efectos de una falla, debe hacerse constar lo siguiente:

- Qué evidencia existe (si la hay) de que se ha producido una falla.
- De qué modo (si las hay) la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- De qué manera (si las hay) afecta a la producción o a las operaciones.
- Los daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Qué debe hacerse para reparar la falla.

El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento y la seguridad, y también de eliminar errores. También mejora enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos (Moubray, 2000).

4.2.12 Consecuencia de la falla RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:

1. Consecuencias Operacionales: una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas

consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuanto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.

2. Consecuencias no operacionales: las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.
3. Consecuencias de las fallas no evidentes: las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente en relación con su mantenimiento.
4. Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente: una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio. (Moubray, 2000).

Por eso en este punto del proceso del RCM, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

4.2.13 Beneficios del RCM El RCM ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años. Cuando se aplica correctamente produce los beneficios siguientes:

A. Mayor seguridad y protección del entorno, debido a:

- Mejoramiento en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- La disposición de nuevos dispositivos de seguridad.
- La revisión sistemática de las consecuencias de cada falla antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de falla que puedan afectar a la seguridad, y para las acciones “a falta de” que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas sistemáticas apropiadas.
- Menos fallas causados por un mantenimiento innecesario.

B. Mejores rendimientos operativos, a consecuencia de:

- Un mayor énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos.
- Un diagnóstico más rápido de las fallas mediante la referencia a los modos de falla relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.
- Menor daño secundario a continuación de las fallas de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de las fallas).Intervalos más largos entre las revisiones, y en algunos casos la eliminación completa de ellas.
- Listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas más cortas, más fácil de solucionar y menos costosas.
- Menos problemas de “desgaste de inicio” después de las interrupciones debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.
- La eliminación de elementos superfluos y como consecuencia los fallas inherentes a ellos.
- La eliminación de componentes poco fiables.
- Un conocimiento sistemático acerca de la nueva planta.

C. Mayor Control de los costos del mantenimiento, debido a:

- Menor mantenimiento rutinario innecesario.
- Mejor compra de los servicios de mantenimiento (motivada por el énfasis sobre las consecuencias de las fallas)

- La prevención o eliminación de las fallas costosas.
- Unas políticas de funcionamiento más claras, especialmente en cuanto a los equipos de reserva
- Menor necesidad de usar personal experto caro porque todo el personal tiene mejor conocimiento de las plantas
- Pautas más claras para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento, tal como equipos de monitorización de la condición.
- Además de la mayoría de la lista de puntos que se dan bajo el título de “Mejores rendimientos operativos”.

D. Más larga vida útil de los equipos, debido al aumento del uso de las técnicas de mantenimiento “a condición”.

E. Una amplia base de datos de mantenimiento, que:

- Reduce los efectos de la rotación del personal con la pérdida consiguiente de su experiencia y competencia.
- Provee un conocimiento general de la planta más profundo en su contexto operacional.
- Provee una base valiosa para la introducción de sistemas expertos de mantenimiento.
- Conduce a la realización de planos y manuales más exactos.

- Hace posible la adaptación a circunstancias cambiantes (tales como nuevos horarios de turno o una nueva tecnología) sin tener que volver a considerar desde el principio todas las políticas y programas de mantenimiento.

F. Mayor motivación de las personas. Se da una mayor motivación del personal, especialmente el personal que está interviniendo en el proceso de revisión. Esto lleva a un conocimiento general de la planta en su contexto operacional mucho mejor, junto con un “compartir” más amplio de los problemas del mantenimiento y de sus soluciones. También significa que las soluciones tienen mayores probabilidades de éxito.

G. Mejor trabajo de grupo. Esto se obtiene motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones. Esto mejora la comunicación y la cooperación entre:

- Las áreas: producción u operación así como los de la función del mantenimiento.
- Personal de diferentes niveles: los gerentes los jefes de departamentos, técnicos y operarios.
- Especialistas internos y externos: los diseñadores de la maquinaria, vendedores, usuarios y el personal encargado del mantenimiento.

Muchas compañías que han usado ambos sistemas de mantenimiento han encontrado que el RCM les permite conseguir mucho más en el campo de la formación de equipos que en la de los círculos de calidad, especialmente en las plantas de alta tecnología.

Todos estos factores forman parte de la evolución de la gestión del mantenimiento, y muchos ya son la meta de los programas de mejora.

Lo importante del RCM es que provee un marco de trabajo paso a paso efectivo para realizarlos todos a la vez y para hacer participar a todo el que tenga algo que ver con los equipos de los procesos.(Mounbray, 2000).

5. METODOLOGIA

5.1 TIPO DE ESTUDIO

Mediante el problema ya mencionado se selecciona un vehículo automotor al cual se le realizaran las pruebas a los diferentes sistemas electro mecánicos y poder determinar las posibles fallas además de aplicar el método RCM para poder generar un resultado positivo mediante unas tablas de análisis de fallas utilizando el programa Excel con una estructura detallada de trabajo.

5.2 POBLACION

Se tomaran los sistemas del vehículo (dirección, suspensión, frenos, transmisión de potencia, eléctrica, motor y chasis).

Se determina las diferentes partes de cada sistema, cuales sistemas deben tener una inspección más frecuente según los conocimientos adquiridos en la tecnología y apoyado en diferentes documentos y los libros.

5.3 MUESTRA

Se aplicara el análisis de efectos de la falla mediante una tabla donde se pondrá la información acerca de cada uno de los sistemas del vehículo, sus componentes, función, causa, efecto, acciones preventivas y una tabla de severidad con un rango de 1 a 10 siendo 1 nivel bajo.

Tabla 1. Severidad de falla.

TABLA SEVERIDAD	RANGO
Muy baja: la falla no tendrá efecto en el sistema	1
Baja: la falla causa pequeños trastornos	2,3
Moderada: la falla hace notar un deterioro en el sistema	4,5,6
Alta: la falla tiene un alto grado de impacto en el sistema	7,8
Muy alta: la falla ocasiona riesgos a la operación del sistema	9,10

5.4 TECNICAS PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION

Al implementar el RCM en los diferentes sistemas del vehículo se aplican una serie de técnicas para poder detectar las fallas en cada uno de los componentes que conforman los sistemas, posibles causas, efectos o impacto en el desempeño del vehículo y la acción que se debe hacer para corregir. Estas fallas se detectan mediante una serie de herramientas que son utilizadas según el componente. Tales como manuales, llaves, multímetro, osciloscopio, scanner.

5.5 TRATAMIENTO DE LA INFORMACION

Mediante la siguiente tabla se podrá tener toda la información posible acerca de cada componente su funcionamiento posibles falla y cómo afectaría este en el

desempeño del vehículo, además de las acciones preventivas y/o correctivas si es el caso.

Tabla 2. Análisis de fallas de los sistemas

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE	FALLA	EFEECTO	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	ACCIONES PREVENTIVAS
MOTOR	Alimentación	Bomba gasolina	Bombeo irregular	El vehículo se apagara constantemente, no enciende	8	Suministro eléctrico defectuoso	comprobar batería comprobar fusibles comprobar cableado
			Ruido excesivo	El vehículo no enciende	10	Bloqueo del combustible	Comprobar conductos y uniones, limpiar filtro
			La bomba no funciona después del arranque	El vehículo se apaga después de encender	8	Filtro obstruido Diafragma deteriorado Contactos defectuosos	Reemplazar diafragma Reemplazar muelle Reemplazar contactos
			No funciona	El vehículo no enciende	9	Relé no activa	Reemplazar Relé
		Filtro gasolina	Obstruido o malo	El vehículo no enciende	9	Bloqueo combustible perdida combustible	Reemplazar filtro
		Carburador	Aumento consumo	Humo negro, bujías	3	Descompensación mezcla	

			combustible	carbonizadas			
			Marcha lenta defectuosa	El vehículo se apaga en marcha lenta (Ralentí)	8	Suciedad en la tobera Tornillo de la mezcla mal ajustado	Comprobar y limpiar Revisar y ajustar
			Se ahoga o tiene fugas	El vehículo se apaga en marcha	9	Nivel flotador mal ajustado Flotador deteriorado Válvula aguja gastada juntas deterioradas uniones flojas	Revisar y ajustar flotador Cambio flotador Cambio grupo válvula Revisar y cambiar juntas Apriete uniones
			Inyector (sistema actual)	No funciona Obstruido	9	La ECU no activa el inyector Uno de los inyectores no funciona	Revisar Sensor CKP Revisar ECU Revisar y cambiar inyector
			Filtro de aire	Obstruido o malo	7	Suciedad en el filtro o malo	Revisar y cambiar
	Encendido		Batería	No funciona	9	Conexiones en mal estado o flojas	Revisar y cambiar
			No funciona	El vehículo no enciende	9	Batería descargada	Verificar , recargar y/o cambiar

		Bobina	El motor gira pero no enciende	El motor no enciende	9	Mala conexión o mala	Revisar y/o cambiar
		Distribuidor	El motor pica	El motor no enciende	9	No funciona el avance mecánico no funciona el avance vacío	Revisar los avances y si es necesario cambiar
			El motor no enciende en frío	El vehículo no enciende	10	Humedad en la tapa Platinos gastados o mal ajustados	Secar o reemplazar Comprobar, ajustar separación o reemplazar
		Bobina de encendido plástica	El motor gira pero no enciende	El motor no enciende	9	Baja Tensión Sin tensión	Cable de alta suelto Reemplazar bobina de encendido
		Bujía	No salta la chispa	El motor pierde fuerza	9	Bujía mala	Reemplazar
			Alta tensión	El motor sigue funcionando al apagarlo	8	Bujías gastadas Mal ajustadas	Revisar ajustar y/o cambiar
			El motor no enciende en frío	El vehículo no enciende	9	Bujías húmedas	Secar o Reemplazar
	Refrigeración	Radiador	Mal funcionamiento	Sobrecalentamiento del motor	10	Bajo nivel refrigerante Tapón desgastado Canales internos bloqueados	Revisar posibles fugas Reemplazar Verificar si es posible eliminar el bloqueo y/o

						Rejillas y aletas bloqueadas	reemplazar
		Ventilador	Desajuste	Silbidos o zumbidos en el motor	8	Correa mal ajustada	Tensar o sustituir
			Mal funcionamiento	Sobrecalentamiento del motor	10	Ventilador eléctrico averiado	Comprobar, reparar o sustituir
		Termostato	Mal funcionamiento	Sobrecalentamiento del motor El motor funciona demasiado frío o caliente	10	Termostato defectuoso	Reemplazar
		Bomba de agua	Se enciende testigo temperatura	Ruido en el motor Sobrecalentamiento	10	Cojinete desgastados Bomba averiada	Sustituir Reparar o reemplazar
	Lubricación	Carter	Alto consumo aceite	Fugas de aceite	8	Carter deteriorado	Reparar o Cambiar
		Filtro aceite	Alto consumo aceite	Fugas de aceite	8	Fugas en el filtro	Reemplazar
		Bomba de aceite	No llega aceite a la parte superior del motor	El motor se pega Sobrecalentamiento del motor Desgaste de la piezas del motor	10	Desgaste o mal funcionamiento de la bomba	Reparar o sustituir
	Escap ^o	Colector	Escape	El vehículo	7	Unión suelta	Apretar y

			ruidoso	pierde potencia		Tubo roto	sellar Reparar o cambiar
		Catalizador	Paso de combustible al sistema	Testigo motor encendido	6	catalizador en mal estado	Sustituir
		Silenciador	Escape ruidoso	El vehículo pierde potencia	7	Agujero silenciador	Reparar y/o Cambiar
TRANSMISION	Embrague		El cambio no entra o entra mal	El vehículo no avanza	6	Mal ajuste	Reajustar
			El embrague no actúa	No hay transmisión de la fuerza del motor al resto del vehículo	9	Articulaciones rotas Horquilla defectuosa Cojinete liberación roto Unidad de embrague defectuosa	Reparar y/o cambiar Reparar y/o cambiar Sustituir Reparar o sustituir las piezas defectuosas
			El embrague patina	Dificultad para que entren los cambios	8	Desajuste Placa de fricción contaminada o desgastada Placa de presión desgastada	Reajustar Reparar fuga, sustituir placa Reemplazar placa
			El embrague arrastra	Pedal del embrague suelto	9	Fugas en el sistema hidráulico Placa de fricción y presión desgastadas	Reparar sistema hidráulico Sustituir las placas
			El embrague chilla	Ruidos en el vehículo	9	Cojinete seco o desgastado	Sustituir cojinete

			El embrague golpea	Rigidez en los cambios	8	Muelle roto Holgura en el mecanismo	Sustituir muelle Ajustar mecanismo
			El embrague trepida	Los cambios no ingresan	9	Placa de fricción desgastada o contaminada Embrague deformado Rigidez en el mecanismo Cojinete desgastado	Reparar fuga y sustituir placa Sustituir conjunto embrague Lubricar y ajustar Sustituir cojinete
			El embrague vibra	Los cambios entran con dificultad	9	Cojinete seco o desgastado Embrague desequilibrado o deformado	Sustituir cojinete Comprobar y o cambiar embrague
			Pedal falla	Los cambios no entran	7	Cable del embrague roto puntos soporte rotos Fugas en el sistema hidráulico	Sustituir cable Reparar los puntos de montaje Localizar y reparar fuga
		Caja de cambios	El cambio no entra o entra mal	El vehículo no avanza	9	Conexiones gastadas o desajustadas Fallo interno en la caja de cambios	Cambiar o ajustar conexión Desmontar la caja y cambiar las pesas defectuosas
			Ruidos en la caja	Ruido y dificultad para que entren los cambios	6	Bajo nivel de aceite	Comprobar posibles fugas y reponer el aceite
		Diferencial	Asperezas, golpeteos y chillidos	Dificultad en la marcha normal del vehículo	8	Diferencial desgastado o dañado	Repara o sustituir

			en el eje trasero				
		Eje trasero	Irregularidades, golpeteo y chillido en el eje	Ruidos en la parte trasera del vehículo	8	Lubricación insuficiente cojinete defectuoso juntas flexibles defectuosas	Revisar fugas y lubricar Cambiar cojinetes Revisar y cambiar juntas
SUSPENSIÓN		Amortiguador	Desgaste desigual de los neumáticos	Los neumáticos se desgastan rápidamente	10	Amortiguador gastado	Comprobar y reemplazar
			El vehículo cabecea	Ruido constante y movimiento desigual del vehículo	9	Amortiguador gastado	Comprobar y reemplazar
			Golpeteos y ruidos en la parte delantera	Ruido seguido en la parte delantera	9	Amortiguador gastado	Comprobar y reemplazar
			El vehículo rebota	Ruido fuerte y seguido al pasar por un bache	9	Amortiguador débil	Comprobar y reemplazar
			Desbalanceo del vehículo	El vehículo cae mas en un lado cuando pasa por un bache	10	Uno o más amortiguadores malos	Examinar y cambiar
			Golpeteo de la suspensión en terrenos irregulares	Ruido cuando el vehículo pasa por un hueco	7	Amortiguador flojo Desgaste de los cojinete en las monturas del amortiguador	Apretar las abrazaderas Cambiar los cojinetes
			Muelle	Desgaste desigual	Los neumáticos se	9	Muelle gastado

			de los neumáticos	desgastan rápidamente			
			El vehículo cabecea	Ruido constante y movimiento desigual del vehículo	9	Muelle gastado	Comprobar y cambiar
			Golpeteos y ruidos en la parte delantera	Ruido seguido en la parte delantera	9	Muelle gastado	Comprobar y cambiar
		Barra estabilizadora	Golpeteos y ruidos en la parte delantera	Ruido seguido en la parte delantera	9	Barra dañada o gastada	Comprobar y cambiar
		Brazo suspensión	Desgaste desigual de los neumáticos	Los neumáticos se desgastan rápidamente	9	Brazo defectuoso	Comprobar y cambiar
			Golpeteos y ruidos en la parte delantera	Ruido seguido en la parte delantera	9	Brazo defectuoso	Comprobar y cambiar
DIRECCION		Columna de la dirección	Vehículo difícil de dirigir	Golpeteo en la parte de adelante	9	Manguitos de la columna gastados Juntas de la columna defectuosos	Reemplazar revestimientos Reemplazar juntas
		Caja dirección	Dirección pesada	Se requiere mucha fuerza para mover el volante	8	Caja defectuosa	Repara o sustituir
			Ruido al girar el volante	Al girar el vehículo genera un ruido	8	Fallo en la caja	Repara o sustituir

			Vehículo difícil de dirigir	Golpeteo en la parte de adelante	9	Caja defectuosa	Reparar o sustituir
		Terminales de dirección	Vehículo difícil de dirigir	Golpeteo en la parte de adelante	9	Rotulas gastadas Juntas de rotulas gastadas	Revisar y reparar Renovar juntas
		Cremallera	Dirección pesada	Se requiere mucha fuerza para mover el volante	9	Cremallera defectuosa	Ajustar y reparar
			Vehículo difícil de dirigir	Golpeteo en la parte de adelante	9	Cremallera defectuosa	Ajustar y reparar
		Dirección asistida	La dirección tira hacia un lado	Al dar un giro el vehículo tira	8	Fugas en el sistema hidráulico	Revisar y reparar
			Ruido al girar el volante	Al girar el vehículo genera un ruido	9	Bajo nivel fluido patinaje de la correa de la bomba Bomba hidráulica gastada	Revisar y llenar el nivel Revisar y tensar la correa Arreglar o sustituir la bomba
			Vehículo difícil de dirigir	Golpeteo en la parte de adelante	9	Fallo en el sistema	Ajustar y reparar
FRENOS		Bomba de freno (booster)	Pedal de freno duro con el vehículo encendido	El vehículo no frena	10	Booster defectuoso	Revisar y sustituir
		Tubería	Sensación esponjosa en el freno	El liquido disminuye rápidamente	9	Fuga en el sistema Aire en el sistema	Comprobar y repara Sangrar el sistema

			Disminución líquida	El líquido disminuye rápidamente	5	Fuga en el sistema	Comprobar y adicionar líquido
			Al frenar el vehículo tira hacia un lado	El líquido disminuye rápidamente	8	Fugas en el sistema	Comprobar y reparar
			Bombear el pedal o pisarlo a fondo	Frenado irregular	9	Aire en el sistema o fluido	Sangrar el sistema
		Campana o disco	Vibraciones en el pedal	Frenado irregular	9	Distorsión, desgaste o grietas en el disco o campana	Cambiar los discos o tambores
			Desgaste irregular de las zapatas o pastillas	Revisión Periódica	6	Frenos mal ajustados Contaminación en zapatas o pastillas	Comprobar y ajustar Revisar y limpiar
			Vibraciones con el vehículo en movimiento	Frenado irregular	7	Campana o disco deformado	Comprobar y sustituir
			Presión mayor para frenar	Frenado irregular	8	Zapatas o pastillas desgastadas Pistón o mordaza agarrotadas	Revisar y cambiar piezas Comprobar y reparar
			Freno de mano no mantiene estacionario el vehículo	El vehículo se rueda con el freno de mano activo	8	Zapatas desgastadas	Renovar las zapatas

			Desgaste desigual de los neumáticos	Los neumáticos se desgastan rápidamente	6	Frenos agarrotados	Comprobar y reemplazar
			Al frenar el vehículo tira hacia un lado		7	Agarrotamiento del pistón o la mordaza	Revisar y sustituir
ELECTRICO	Arranque	Interruptor llave de contacto	La llave gira pero no energiza La llave no gira	El vehículo no enciende	9	Interruptor malo	Verificar y cambiar
		Motor Arranque	El motor arranque no responde y las luces están bien	El vehículo no enciende	6	Conexiones eléctricas defectuosas Relé defectuoso Escobillas gastadas	Limpiar y apretar Cambiar relé Cambiar escobillas
			El motor de arranque no responde y los faros dan poca luz	El vehículo no enciende	6	Batería descargada Piños atascado	Recargar batería Revisar y reparar
			El motor de arranque gira pero no engrana	El vehículo no enciende	6	Piñón atascado	Limpiar los engranajes
			Motor de Arranque ruidoso	El vehículo enciende con un ruido inusual	6	Muelles rotos	Desmontar, limpiar y cambiar las partes

			Motor de arranque agarrotado	El vehículo no enciende	7	Piñón bloqueado	Desmontar, revisar y cambiar las partes malas
			El motor no revoluciona lo suficiente para arrancar	El vehículo no enciende	6	Batería descargada Conexión en mal estado del arranque Solenoides del arranque averiado Motor de arranque malo	Cargar batería Comprobar y limpiar Comprobar, reparar y/o cambiar
			El motor de arranque revoluciona pero no arranca	El vehículo no enciende	6	Escobillas gastadas	Cambiar escobillas
	Carga	Alternador	Se enciende el testigo carga	El vehículo se apaga	7	Alternador averiado	Reparar y/o sustituir
			El vehículo se apaga después de encender	El vehículo se apaga	6	Mal funcionamiento alternador	Comprobar, reparar o sustituir
	Cableado		Fallo total del sistema	No hay corriente eléctrica en el vehículo	10	Malas conexiones Fallos en el cableado Fallos indicador	Revisar y ajustar Reparar y cambiar Comprobar y cambiar

			Los indicadores no funcionan	El vehículo no enciende	10	Falta corriente Fusibles quemados Interruptores averiados Cables defectuosos Mala conexión a tierra Bombillos malos	Revisar batería Cambiar Verificar conexiones Reparar Corregir conexión Cambiar
			Dos o todos los faros se apagan y prenden con el vehículo en movimiento	Fallos en los faros	3	Malas conexión Cortocircuito en el sistema Interruptor en mal estado	Comprobar y reparar verificar y reparar Sustituir
			Dos o todos los faros parpadean y aumenta intensidad a medida que aumenta la velocidad del vehículo	Fallos en los faros	3	Batería descargada Regulador averiado Alternador averiado	Comprobar y cargar Sustituir Comprobar y reparar
			Luz interior no funciona	El bombillo no prende	1	Bombillo fundido Fusible fundido Falta de corriente Cable en mal estado	Cambiar sustituir Revisar Reparar

CARROCERIA			Rechinido y traqueteo	Ruido agudo en superficies duras, ruido grave en superficies suaves, vibraciones	3	Ruidos proveniente tablero instrumentos Maletero Asientos Puertas	Verificar y apretar si es un componente flojo Aislar el ruido con espumas o almohadillas de uretano
			Crujido y golpeteo	Piezas con movimiento rotatorio, sonidos huecos repetitivos	3	Ruidos proveniente tablero instrumentos Maletero Asientos Puertas	Verificar y apretar si es un componente flojo Aislar el ruido con espumas o almohadillas de uretano
			Tic tac	Componentes flojos	3	Ruidos proveniente tablero instrumentos Maletero Asientos Puertas	Verificar y apretar si es un componente flojo
			Golpe seco	sonido suave	3	Ruidos proveniente tablero instrumentos Maletero Asientos Puertas	Verificar y apretar si es un componente flojo Aislar el ruido con espumas o almohadillas de uretano

6. RESULTADOS DEL PROYECTO O DISEÑO TECNICO

Con base en el cuadro de análisis de fallas y por medio del RCM se procede a generar el cuadro preventivo para así obtener un mejor funcionamiento de cada componente de los sistemas.

Tabla 3. Plan preventivo de los componentes de cada sistema.

MOTOR	SEMANTAL	MENSUAL	TRIMESTRE	SEMESTRAL	ANUAL
Mantener nivel combustible (para no afectar la bomba combustible)	X				
Revisar posibles fugas en líneas de combustible y tanque			X		
Revisar funcionamiento bomba gasolina			X		
Revisar filtro gasolina			X		
Revisar funcionamiento carburador o inyección (afinación)					X
Revisar filtro de aire			X		
Revisar funcionamiento bobina					X
Revisar distribuidor				X	
Revisar bobina de encendido plástica				X	
Revisar bujías y cables alta					X
Revisar nivel refrigerante	X				
Revisar radiador					X

Revisar ventilador y correa			X		
Revisar termostato y bomba de agua					X
Revisar nivel aceite	X				
Revisar y/o cambiar filtro y aceite				X	
Revisar bomba aceite					X
Revisar humos de escape en aceleración		X			
Revisar colector escape					X
Revisar catalizador y silenciador					X
TRANSMISION					
Revisar nivel aceite caja cambios y diferencial				X	
Revisar embrague					X
Revisar caja de cambios					X
Revisar eje y diferencial					X
SUSPENSION					
Revisar amortiguadores y soportes				X	
Revisar estado y sujeción barra torsión y estabilizadora				X	
Revisar muelles y resortes				X	
DIRECCION					
Revisar juego en el volante				X	
Revisar juego axial columna				X	
Revisar caja dirección (estado y apriete)					X
Revisar terminales dirección (estado y apriete)					X
Revisar estado dirección asistida					X
Revisar estado y tensión correa bomba				X	
Revisar estado y mangueras				X	
Revisar nivel liquido bomba dirección	X				

FRENOS					
Revisar nivel líquido frenos	X				
Revisar estado y posibles fugas		X			
Revisar disco, mordaza y pastillas			X		
Revisar campanas				X	
Revisar recorrido y sujeción pedal					X
Revisar presión inflado neumáticos	X				
Revisar profundidad dibujo neumático		X			
Revisar cortes o deformaciones neumático		X			
Revisar apriete neumáticos			X		
Rotar neumáticos				X	
ELECTRICO					
Revisar batería sujeción, carga, estado, nivel y conexiones		X			
comprobar funcionamiento tablero instrumentos	X				
Comprobar funcionamiento faros		X			
Comprobar funcionamiento luz freno		X			
Comprobar funcionamiento direccionales		X			
Comprobar funcionamiento luz reversa		X			
Comprobar funcionamiento luz interior		X			
Comprobar funcionamiento bocina	X				
Revisar cableado					X
Revisar caja fusibles		X			
Revisión general funcionamientos sensores y actuadores (escáner)				X	

CARROCERIA					
Revisión general carrocería (oxido, fisuras, daños)				X	
Revisar apertura y cierre puertas ventanillas y capot				X	
Lubricar puertas, y capot				X	
Revisar estado parabrisas y todos los vidrios				X	
Revisar estado y sujeción asientos			X		
Revisar cinturones seguridad	X				
Revisar funcionamiento aire y desempañado		X			

7. CONCLUSIONES

1. El conocimiento de los sistemas y componentes facilitara la ubicación de la falla en el momento en que esta ocurra.
2. Un plan de mantenimiento preventivo adecuado, debe estar apoyado en manuales, enciclopedias, catálogos, con el propósito de minimizar los mantenimientos correctivos y así garantizar la funcionalidad y disponibilidad de la maquina.
3. La concientización y el uso de un plan de mantenimiento preventivo, generara un mejor desempeño del activo así como un ahorro de recursos y lo más importante ayudará a una disminución de la contaminación y protección del medio ambiente.
4. El éxito de la propuesta de mantenimiento esta dado en la disposición al cambio de mentalidad y la implementación adecuada del plan.

BIBLIOGRAFIA

Moubray, John. RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II, Edición en español. Asheville, North Carolina, USA: Aladon LLC, 2004.

Rueda, Jesús. Técnico en mecánica y electrónica automotriz: Diseli 2003.

San Miguel, Juan. Fichero Practico del Automóvil, Madrid, España: SARPE 1984.

CIBERGRAFIA

El vehículo y sus partes. [en línea]. [Citado el 12 octubre de 2013]. Disponible en internet: <http://www.educamosconduciendo.com/el%20vehiculo.pdf>

Mecánica automotriz. [En línea]. [Citado el 13 octubre de 2013]. Disponible en internet: <http://es.scribd.com/doc/28642624/Mecanica-Automotriz>

Historia automóvil. [En línea]. [Citado el 14 septiembre de 2013]. Disponible en internet: <http://lahistoriadelaautomovil.blogspot.com/>

Manuales de mecánica. [En línea]. [Citado el 21 septiembre de 2013]. Disponible en internet: www.manualesdemecanica.com