



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Plan de mantenimiento preventivo en los motores Mercedes Benz basado en
análisis de aceite para mejorar la disponibilidad en los buses de la Empresa
Nuevo California

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Zavaleta De la Cruz, César Augusto (OCIRD: 0000-0003-2380-7249)

ASESOR(A):

Julca Verastegui Luis Alberto (OCIRD: 0000-0001-5158-2686)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y planes de mantenimiento

**TRUJILLO – PERÚ
2021**

DEDICATORIA

A Dios

Por ser mi guía y fortaleza en el camino,
para poder lograr mis objetivos.

A mi esposa e hijos

Por ser el motor en mi vida y darme las
fuerzas en el día a día

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida, la energía y la paciencia para completar todos los procesos que me han permitido llegar hasta aquí.

A mi esposa, hijos y madre que han sido y siguen siendo el pilar fundamental en mi vida, enseñándome disciplina con cariño, ayudándome en los momentos más difíciles con su moral inquebrantable y siendo sin lugar a duda un ejemplo en valores y dedicación.

A todos mis amigos y personas especiales que me acompañaron a lo largo de los años, permitiéndome tomar siempre la mejor decisión.

saltos

A mi hijo Diego Rodrigo Zavaleta Avalos quien forma parte de mi vida en estos últimos años de mi formación y ha sido inspiración para continuar en este arduo camino de estudios y trabajos, permitiéndome crecer como padre y profesional.

Gracias a todos mis profesores a lo largo de mi preparación, han logrado con sus enseñanzas que llegue a este peldaño para culminar mi carrera profesional para así hacerlos sentir orgullosos de esta persona que los respeta y los Estima.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	36
3.1 Tipo y diseño de investigación	37
3.1.1 El tipo de investigación	37
3.1.2 El diseño de esta investigación.....	37
3.2 Variables y su operacionalización.....	37
3.2.1 Variables independientes.....	37
3.2.2 Variables dependientes	37
3.3 Población, muestra y muestreo.....	37
3.3.1 Población.....	37
3.3.2 Muestra.....	37
3.3.3 Muestreo.....	37
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	37
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos:	38
3.5 Procedimientos	38
3.6 Método de análisis de datos	38
3.7 Aspectos éticos.....	39

IV. RESULTADOS	40
4.1 Análisis de la situación actual de los motores Mercedes Benz de los buses de la empresa Nuevo California S.A	41
4.2 Análisis de criticidad de las unidades de la empresa de transportes Nuevo California S.A.....	44
4.3 Evaluar los reportes de análisis de aceite de las unidades críticas para elaborar el plan de mantenimiento preventivo.....	50
4.4 Determinar la nueva disponibilidad y confiabilidad con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite de las unidades.	63
4.5 Evaluar económicamente el nuevo plan implementado	76
V. DISCUSIÓN.....	83
VI. CONCLUSIONES	86
VII. RECOMENDACIONES.....	88
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
IX. ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites tentativos de desgaste. ppm (Motor).....	30
Tabla 2: Ciclo de vida de un equipo	32
Tabla 3: Tiempos de operación y frecuencia de fallas de las unidades de transporte	41
Tabla 4: Fallas de la unidad de transporte Mercedes Benz LO 812.....	42
Tabla 5: Fallas de la unidad de transporte Mercedes Benz LO 915.....	42
Tabla 6: Fallas de la unidad de transporte Mercedes Benz LO 915.....	43
Tabla 7: Fallas de la unidad de transporte Mercedes Benz LO 916.....	43
Tabla 8: Ponderación para la unidad de transporte Mercedes Benz LO 812	44
Tabla 9: Matriz de criticidad para la unidad de transporte Mercedes Benz LO 812.	45
Tabla 10: Ponderación para la unidad de transporte Mercedes Benz LO 915	45
Tabla 11: Matriz de criticidad para la unidad de transporte Mercedes Benz LO-915	46
Tabla 12: Ponderación para la unidad de transporte Mercedes Benz LO 915	46
Tabla 13: Matriz de criticidad para la unidad de transporte Mercedes Benz LO-915	47
Tabla 14: Ponderación para la unidad de transporte Mercedes Benz LO 916	48
Tabla 15: Matriz de criticidad para la unidad de transporte Mercedes Benz LO-916	49
Tabla 16: Valores Críticos de las unidades de transporte de la empresa Nuevo California S.A	49
Tabla 17: Selección del origen de la falla	50
Tabla 18: Reporte de análisis de por falla, perdida de potencia.....	51
Tabla 19: Reporte de análisis de aceite por falla, presión baja de aceite.....	53
Tabla 20: Hoja de información del sistema de lubricación.....	55
Tabla 21: Hoja de información del sistema de admisión	56

Tabla 22: Hoja de información del sistema de alimentación.....	57
Tabla 23: Hoja de información del sistema de refrigeración.....	58
Tabla 24: Hoja de decisión del sistema de lubricación	59
Tabla 25: Hoja de decisión del sistema de admisión.....	60
Tabla 26: Hoja de decisión del sistema de alimentación	61
Tabla 27: Hoja de decisión del sistema de refrigeración	62
Tabla 28: Check list.....	63
Tabla 29: Plan de mantenimiento preventivo de los motores Mercedes Benz OM-364A, OM-904, OM-924	64
Tabla 30: Disponibilidad anual de los sistemas del motor OM-364A (LO-812). ...	70
Tabla 31: Tiempos en horas programadas y no programadas actualmente.....	71
Tabla 32: Orden de trabajo antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo.....	72
Tabla 33: Tiempos en horas de operación y frecuencia de fallas con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite de las unidades de la empresa Nuevo California S.A	73
Tabla 34: Tiempo en horas programadas y no programadas de las unidades de transporte de la empresa Nuevo California S.A. con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.....	73
Tabla 35: Orden de trabajo con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.....	75
Tabla 36: Costos por la implementación del plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite	76
Tabla 37: Costos por tiempos muertos del personal de mantenimiento antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.	77
Tabla 38: Costos por tiempos muertos de mantenimiento antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.....	77
Tabla 39: Costos de repuestos antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.....	78

Tabla 40: Costos totales por mantenimiento antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite	78
Tabla 41: Costos de inspección personal de mantenimiento con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite	79
Tabla 42: Costos por tiempos muertos de mantenimiento con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite	79
Tabla 43: Costos de repuestos para el mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite para el motor.....	80
Tabla 44: Costos en horas con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite cada 7500 km	81
Tabla 45: Post test cualitativo del mantenimiento de las unidades de la empresa Nuevo California S.A.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Motor Diésel.....	9
Figura 2: Block De Motor Mercedes Benz OM 904	10
Figura 3: Cigüeñal De Motor Mercedes Benz OM 904	10
Figura 4: Culata De Motor Mercedes Benz OM 904.....	11
Figura 5: Pistón De Motor Mercedes Benz OM 904	11
Figura 6: Camisa	12
Figura 7: Segmento o anillos.....	13
Figura 8: Biela	13
Figura 9: Cojinetes.	14
Figura 10: Válvulas admisión y escape.	15
Figura 11: Árbol de levas.....	15
Figura 12: Sistema de enfriamiento.....	16
Figura 13: Sistema de lubricación	17
Figura 14: Sistema de admisión	18
Figura 15: Sistema de alimentación	19
Figura 16: Sistema eléctrico	20
Figura 17: Métodos de muestreo de aceite	26
Figura 18: Hoja de decisión RCM.....	30
Figura 19: Matriz de criticidad	33
Figura 20: Criterios para el análisis de criticidad	34
Tabla 45: Post test cualitativo del mantenimiento de las unidades de la empresa Nuevo California S.A.....	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ingreso de unidad a taller de la empresa Divemotor por falla crítica.....	94
Anexo 2: Mantenimiento inapropiado	94
Anexo 3: Aceite de motor degradado	95
Anexo 4: Inspección visual de las unidades	95
Anexo 5: Fugas de aceite del motor.....	96
Anexo 6: Indicador de nivel de aceite del motor.....	96
Anexo 7: Seguimiento de las unidades	97
Anexo 8: Reporte de análisis de aceite contaminante (cobre)	97
Anexo 9: Tabla de operacionalización de variables	98
Anexo 10: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	99
Anexo 11: Revisión técnica de la unidad crítica con el nuevo plan de mantenimiento	99
Anexo 12: Encuesta al personal técnico de la empresa nuevo california	100
Anexo 13: Encuesta a los conductores	103

RESUMEN

La presente investigación es de tipo aplicada, con diseño no experimental, la cual se basa en la elaboración de un plan de mantenimiento empleando la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en cuatro motores Mercedes Benz, por ser uno de los motores críticos de la empresa de buses y los principales equipos que permiten generar ingresos para la empresa, por tanto, es indispensable que éstos se encuentren operativos y disponibles al pronto alcance.

El objetivo general de esta investigación es diseñar un plan de mantenimiento basado en análisis de aceite para mejorar la disponibilidad de los motores Mercedes Benz de los buses de la empresa Nuevo California, determinando el grupo de trabajo de RCM, conociendo el contexto operacional de los motores y analizando las funciones principales, fallas en la operatividad funcional; así como los posibles causales y efectos que generan falla en los principales sistemas que conforman el motor, para posteriormente, por medio del diagrama de decisión, poder determinar las tareas de mantenimiento y frecuencia de cada tarea a realizar para la elaboración del plan.

Los resultados obtenidos, luego de la aplicación del plan de mantenimiento basado en análisis de aceite, se realizó el muestreo de aceite en cuatro oportunidades, logrando identificar las fallas, de esta manera se logró aumentar la disponibilidad de los motores, reduciendo de esta manera, el tiempo de reparación y aumentando el tiempo medio entre fallas. Concluyéndose que el índice de disponibilidad aumentó en un 4.7% para el sistema de lubricación con respecto al promedio de la disponibilidad que se daba antes de implementar el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite.

Palabras Clave: Plan de mantenimiento preventivo, disponibilidad, tiempo medio entre fallas, tiempo medio para reparar.

ABSTRACT

This research is of an applied type, with a non-experimental design, which is based on the elaboration of a maintenance plan using the reliability-centered maintenance (RCM) methodology in four Mercedes Benz engines, as it is one of the critical engines of the bus company and the main equipment that allows generating income for the company, therefore, it is essential that these are operational and available within reach.

The general objective of this research is to design a maintenance plan based on oil analysis to improve the availability of the Mercedes Benz engines of the buses of the Nuevo California company, determining the RCM work group, knowing the operational context of the engines and analyzing the main functions, failures in functional operability; as well as the possible causes and effects that generate failure in the main systems that make up the engine, for later, by means of the decision diagram, to be able to determine the maintenance tasks and frequency of each task to be carried out for the preparation of the plan.

The results obtained were that, after the application of the maintenance plan based on oil analysis, it was possible to increase the availability of the engines, thus reducing the repair time and increasing the mean time between failures. Concluding that the availability index increased by 4.7% for the lubrication system with respect to the average availability that occurred before implementing the maintenance plan based on oil analysis.

Keywords: Preventive maintenance plan, availability, mean time between failures, mean time to repair.salto

I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

Desde el principio de la humanidad, hasta finales del siglo XVII, las funciones de preservación y mantenimiento que el hombre aplicaba a las máquinas que utilizaba en la elaboración de productos o servicios que vendía a sus clientes, no tuvieron un gran desarrollo debido a la menor importancia que tenían éstas con respecto a la mano de obra que se empleaba. En esa época, el enfoque se centraba específicamente en una conservación correctiva, las máquinas sólo se reparaban en caso de paro o falla importante; en pocas palabras, únicamente se proporcionaban acciones correctivas pensando que el arreglo de la máquina era la solución más accesible e importante; no se consideraba el servicio que ésta suministraba (Guevara,2014).

Con el paso del tiempo, la idea del mantenimiento ha sufrido significativos cambios, los cuales se deben al incremento en la industrialización, la complejidad de la maquinaria, la introducción de nuevas técnicas de mantenimiento, además de un nuevo enfoque de la organización y de sus responsabilidades. El mantenimiento ha evolucionado ante nuevas expectativas, las cuales otorgan mayor importancia a los criterios de seguridad y medio ambiente, al seguimiento de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto y la consecución de una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que el proceso se optimiza. Debido a esta avalancha de cambios, el personal encargado de dirigir el mantenimiento se enfoca en la búsqueda de nuevos caminos, con los cuales se pretende evitar equivocarse cuando se toma alguna acción de mejora (Calderón, 2016).

La gestión y planificación de los procesos de mantenimiento son temas de gran relevancia a nivel micro o macro empresarial, sobre todo, considerándose de empresas que proporcionan un servicio centrado en el cuidado de la vida de los usuarios, como es el caso de las empresas de transporte público de pasajeros (Braco,2018).

Se considera que la postergación de los tiempos de mantenimiento y el uso de componentes (repuestos) alternativos no recomendados por el fabricante para los buses, puede comprometer otros sistemas o componentes, generando egresos adicionales o contabilizados en un vehículo relativamente nuevo, por lo que ha influido notablemente en el hecho de que los empresarios puedan tomar mayor relevancia al

mantenimiento programado de sus vehículos; esto a su vez, repercute en la reducción de costos provenientes de otras intervenciones destinadas a reparación, lo que consecuentemente contribuye a una vida útil más larga del equipo así como mejora la calidad del servicio brindado al público y la rentabilidad empresarial (INACAP, 2015).

A nivel internacional uno de los países que viene mostrando cultura de mantenimiento es Ecuador, Buscando reducir las fallas no programadas de los vehículos, surge el mantenimiento preventivo, siendo recomendado, en su principio, por los fabricantes de los vehículos buscando anticiparse a las fallas no programadas y poder alargar la vida útil de los vehículos (Vera, 2019).

A nivel nacional, la flota de una empresa de buses, que brinda servicio a la empresa minera Cerro Verde, en el traslado de su personal, no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo de sus unidades, viéndose obligados a realizar los mantenimientos preventivos de lubricación por concesionarios, generando elevados costos de mantenimiento y a la vez la no existencia de indicadores que favorezcas la gestión integral para el mantenimiento de las unidades vehiculares. Propone una programación para la mejora en el mantenimiento integral de las unidades vehiculares que conforman la flota de Cruz del Sur para el servicio institucional a Cerro Verde, basados en el mantenimiento preventivo, seguimiento y control (Sosa, 2018).

A nivel local, la empresa Nuevo California S.A., es una empresa que brinda el servicio de transporte urbano a la población en la ciudad de Trujillo. Actividad de transporte que implica tener una carga de trabajo muy grande y a la vez son cortos los tiempos para poder realizar los mantenimientos de las unidades. Actualmente, en la empresa nuevo california se realiza mantenimientos correctivos, lo que genera paradas imprevistas.

Con la información recolectada se encuentra al sistema de lubricación como el más crítico, información que nos brinda el indicador de nivel de aceite, que se encuentra en el tablero de las unidades, y el cuadro de resumen de los mantenimientos correctivos, surge como alternativa de solución a la problemática actual de la empresa, el uso de la herramienta del análisis de aceite, donde se realiza la toma de las muestras de aceite periódicamente debido a las condiciones de trabajo y a los intervalos de mantenimiento sugeridos por el fabricante de los buses, la toma de muestra será realizadas por la empresa Divemotor por cortesía, siendo los proveedores de los lubricantes a la empresa Nuevo California S.A. Con los resultados de los análisis de aceite, se observa

y se diagnostica la contaminación y los niveles de degradación del aceite (porcentajes de agua, combustible, suciedad, oxidación, entre otros). Proporciona medidas confiables para la evaluación de la condición del aceite y así aplicar de una forma más exacta el plan de mantenimiento preventivo, logrando mejorar la disponibilidad de las unidades de la empresa Nuevo California S.A.

Para dar respuesta a la realidad problemática, se plantea la siguiente **formulación del problema** ¿Cómo mejorar la disponibilidad de los motores Mercedes Benz de los buses de la empresa Nuevo California SA.?

Para dar solución a la problemática, se plantea el siguiente **objetivo general**: Implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite en los motores Mercedes Benz de los buses de la empresa Nuevo California SA con la finalidad de mejorar su disponibilidad.

Y para contribuir a la solución del objetivo general, se plantean los siguientes objetivos **específicos**:

1. Analizar la situación actual de los motores Mercedes Benz de los buses de la empresa de transportes Nuevo California S.A.
2. Analizar la criticidad de los motores Mercedes Benz de los buses de la empresa Nuevo California S.A.
3. Evaluar los reportes de análisis de aceite de las unidades críticas para elaborar el plan de mantenimiento preventivo.
4. Determinar la nueva disponibilidad y confiabilidad con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite de las unidades.
5. Evaluar económicamente el nuevo plan implementado.

Para responder al problema planteado se realiza la siguiente hipótesis: Con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite mejorará la disponibilidad de los motores Mercedes Benz de las unidades de la empresa Nuevo California S.A.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se muestran trabajos previos internacionales, locales y nacionales, relacionados al desarrollo del tema.

Arévalo (2015) propuso un plan de mantenimiento basado en análisis de aceite, usando la herramienta de análisis de aceite, herramienta que le permitió identificar y jerarquizar a los elementos más críticos dentro de los motores de la flota, con lo que obtendrá un soporte documental que le permita tener un control exacto de la situación de los motores ya la vez poder diagnosticar los problemas antes de que las maquinas paren, logrando reducir los tiempos de reparación y costos de mantenimiento de la maquinaria de la empresa COANDES Cía.

Huancaya (2016) realizó un programa de mantenimiento preventivo de las máquinas cosechadoras de caña de azúcar, lo realizó mediante métodos de cálculo en disponibilidad, confiabilidad y análisis de criticidad, con los cálculos se logra identificar las máquinas cosechadoras de caña de azúcar con mayor frecuencia de fallas, con los datos obtenidos por los cálculos, se selecciona actividades de mantenimiento en las máquinas cosechadoras de caña de azúcar con mayor frecuencia de fallas, logrando aumentar la disponibilidad de las máquinas cosechadoras de caña de azúcar.

Alvares (2018) diseñó un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad buscando mejorar la disponibilidad de los motores CAT 3516, lo realizo analizando las funciones, fallas funcionales y los posibles modos y efectos de falla de los principales sistemas que componen al motor, para luego, mediante el diagrama de decisión, determinar las tareas de mantenimiento y la periodicidad de cada tarea, logrando aumentar la disponibilidad de los motores CAT 3516, reduciendo el tiempo de reparación y aumentando el tiempo medio entre fallas.

Guevara (2014) desarrolló un plan de mantenimiento preventivo buscando aumentar la productividad y reducir el número de paradas por fallas en los buses marca Hino y Escania de una empresa interdepartamental, que será realizado siguiendo los intervalos de mantenimiento sugeridos por las empresas concesionarias, logrando obtener el aumento de la productividad y disminuir en el número de paradas por fallas.

López (2016) realizó un plan de monitoreo y control, buscando aumentar la confiabilidad de la flota de buses Mercedes de la empresa SOMOS K. lo realizó usando la herramienta de los análisis de aceite (motor y transmisión), obteniendo

como resultado, la generación de un plan de mantenimiento que garantice la confiabilidad de los equipos.

Espinoza (2014) diseñó un plan de mantenimiento buscando incrementar la vida útil de los equipos de la empresa Coopsol Minería y Petróleo S.A. Para realizarlo recopiló datos sobre los requerimientos de mantenimiento preventivo de las unidades y realizó un registro de las actividades de mantenimiento, logrando incrementar la vida útil de los equipos de la empresa Coopsol Minería y Petróleo S.A.

La investigación desde el criterio tecnológico, cuenta con las sucesivas **bases teóricas**, las cuales se fundamentan en libros de ingeniería de trabajos científicos y tesis.

Motor Diésel: La característica principal de este motor es que el funcionamiento térmico se basa en el motor de combustión interna y se enciende por la alta temperatura que se genera al comprimir el aire en el cilindro. El fundador patentó con éxito Rudolf Diesel en 1885. Por lo tanto, se le dio el nombre de "motor diesel" en honor al fundador. Primero su diseño y presentación tuvo lugar en la Feria Internacional de París de 1889 y es considerado el primer motor de biocombustible como carbón, palma virgen y aceite de coco (Díaz, 2010).

La dirección funcional principal de un motor de combustión interna está determinada por dicha conversión de energía de una explosión rotacional. Además, la cantidad de electricidad producida por un motor va a depender de la regularidad con la que el motor produce energía. Es decir, cuantas más carreras tenga el motor, más potencia se genera para hacer funcionar el motor. (Díaz, 2010).

Del mismo modo, tenga en cuenta que la fuerza depende de la velocidad y el peso. Como resultado, el peso y las dimensiones de las piezas móviles están limitados o el uso de la potencia del motor. Por ende, a razón que incrementa la velocidad del motor, el pistón gira más rápido a lo largo de la pared del cilindro, aumentando la fricción y aumentando la probabilidad de desgaste. a; Este problema se puede solucionar aumentando los pistones, reduciendo la carrera, reduciendo la fricción y reduciendo el desplazamiento de las camisas (Díaz, 2010).

Continuando con **el marco teórico**, se explicará más sobre la clasificación de motores, tipos de mantenimiento y los indicadores.

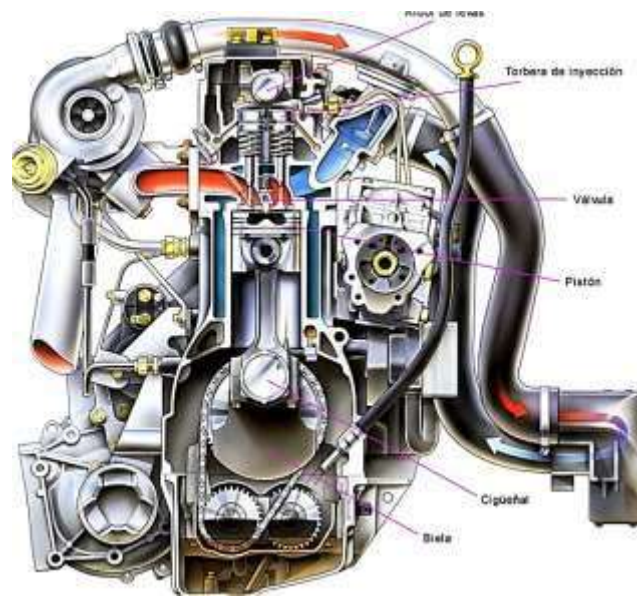
Motor térmico: Es una máquina, herramienta que convierte el calor en energía mecánica. La energía térmica es obtenida de otras fuentes de energía como la química, la electricidad y los átomos. (Desante, 2011).

Motores de combustión interna alternativos: Un motor alternativo de combustión interna (MCIA) es un motor que captura la energía mecánica de una explosión de combustible químico que se produce en la cámara para crear un movimiento alternativo. Este se convierte en un movimiento de rotación basado en un mecanismo de biela (volante) (Desante, 2011). En tales motores, la compresión alcanza una temperatura suficientemente alta en la cámara de combustión y el autoencendido de la mezcla donde inicia la combustión. Para controlar libremente el tiempo de encendido, solo se aspira aire durante la admisión y se inyecta combustible al final de la carrera de compresión, momento en el que el aire alcanza una temperatura alta y se enciende espontáneamente (Desante, 2011).

Este cambio en el tamaño de la carrera del pistón permite que el motor realice más explosiones y más movimiento o rotación del cigüeñal. Este aumento en la rotación del cigüeñal se denomina velocidad del motor (Díaz, 2010).

Motores rápidos: Estos motores exceden las 2000 RPM en función. Ven motores de alta velocidad porque tienen un rango de movimiento de 4000 a 5000 rpm (Arévalo 2015).

Figura 1: Motor Diésel.



Fuente: (Arévalo, 2015).

Partes principales de un motor diésel:

Bloque motor: Esta es la parte del motor donde se ubica la cámara de combustión, además de la tubería de enfriamiento y la tubería de aceite. Estas piezas forjadas suelen ser de una sola pieza de hierro, acero o aleación de aluminio, la caja y el cabezote sellados con juntas (Arévalo 2015).

Es la pieza fundamental del motor y contiene el cilindro, cigüeñal, árbol de levas, etc. El resto de piezas del motor están instaladas allí. Suelen estar fabricados en hierro fundido o aluminio. Los cilindros se pueden fabricar en columnas o en V. Tiene un cilindro, una varilla de empuje de válvula, una manguera de refrigerante, un árbol de levas, una carcasa de cojinete principal y una serie de aberturas o carcasas con orificios en la parte superior con la culata. (Arévalo, 2015).

Figura 2: Block De Motor Mercedes Benz OM 904.



Fuente: Manual de Reparaciones Motores series 904.

Cigüeñal: Convierte el movimiento de traslación en movimiento de rotación es un componente de la máquina. Está montado en el bloque de cojinetes principal lubricado. Se puede pensar en el cigüeñal como una serie de pequeñas manivelas, una para cada pistón (Arévalo, 2015).

El radio va a determinar la distancia que pueden moverse la biela y el pistón (Arévalo, 2015).

Figura 3: Cigüeñal De Motor Mercedes Benz OM 904

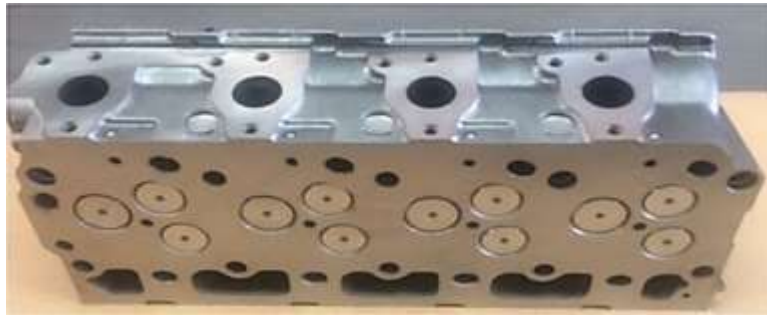


Fuente: Manual de Reparaciones Motores mercedes benz series 904.

Culata: La cerradura del cilindro superior es parte del motor. Puede ser de hierro fundido o aluminio. Soporta otros componentes del motor como válvulas, palancas e inyectores. Hay un orificio de apriete de pernos entre esta y el bloque del motor, y hay orificios para la entrada de aire de la válvula de admisión, escape de la válvula de escape, entrada de combustible del inyector y varilla de empuje. Entre la culata y el

motor, los bloques del motor, como el eje del brazo oscilante, y la vía fluvial entre el bloque de refrigeración y la culata, hay una junta que se presiona entre los dos y se denomina comúnmente junta de culata. (Arévalo, 2015).

Figura 4: Culata De Motor Mercedes Benz OM 904.



Fuente: Manual de Reparaciones Motores mercedes benz series 904.

Pistones: Es un pistón cilíndrico que se desliza dentro del cilindro del motor y se mueve hacia arriba y hacia abajo. Por lo general, están hechos de aluminio, cada uno con 2 segmentos. La parte superior es un anillo de compresión armado para no tener salidas de gas. El anillo inferior es un anillo de grasa diseñado para limpiar las paredes del cilindro de aceite a medida que desciende el pistón. Se pueden comprimir o lubricar diferentes segmentos según el diseño del fabricante. El eje es central y actúa como acoplamiento entre el pistón y la biela (Arévalo, 2015).

Figura 5: Pistón De Motor Mercedes Benz OM 904.



Fuente: Manual de Reparaciones Motores series 904.

Camisas: Son cilindros por los que circula el pistón. Por lo general, están hechos de hierro fundido y tienen una superficie interior pulida que se puede tocar. Por lo general,

son reemplazables y se pueden reconstruir instalando un motor nuevo, pero en otras situaciones se pueden mecanizar directo en el bloque, lo que hace que las reparaciones sean más complejas. Para motores húmedos o refrigerados por agua, los revestimientos reemplazables generalmente tienen ranuras en la parte inferior para insertar una junta de anillos tóricos de goma para cerrar el enfriador y una pestaña en la parte superior hendiduras en el bloque para asegurar un asiento perfecto. (Arévalo, 2015).

Figura 6: Camisa.



Fuente: David Erazo, 2012.

Segmentos o Anillos: Se trata de piezas circulares de metal auto tensado unidas a las ranuras del pistón para actuar como un sello movable a través de la cámara de combustión y cárter. Se produce una cerradura a través de la pared del anillo y el pistón, por lo que el conjunto de pistón y biela convierte la expansión del gas combustible en un trabajo de mucha utilidad para rotar el cigüeñal. El pistón no toca la pared del cilindro. Este efecto de cierre debe producirse en diversas índoles de rapidez y aceleración. El anillo de sellado evita un exceso de pérdida de aceite al entrar en la cámara de combustión, dejando una fina capa de aceite en la pared del anillo para su lubricación. Por tanto, un segmento cumple tres funciones.

- Sellar la cámara de combustión
- Trabajan para controlar la película de aceite que existe en la pared del revestimiento.
- Genera la disolución del calor, pasando del pistón al casquillo (Arévalo 2015).

Figura 7: Segmento o anillos.



Fuente: David Erazo, 2012.

Bielas: La biela es lo que conecta el pistón y el cigüeñal y transfiere la potencia de un objeto a otro. Ambos anillos permiten girar libremente alrededor del eje que lo conecta al cigüeñal y al pistón. La biela debe mover el pistón y atraer las fuerzas dinámicas que se necesitan para detener el pistón al principio y al fin de la carrera. De la misma manera, la varilla transciende la fuerza producida por la carrera explosiva al cigüeñal (Arévalo 2015).

Figura 8: Biela.



Fuente: David Erazo, 2012

Cojinetes: Puede definirse como un soporte de muñequilla. Debes ser lo suficientemente fuerte para soportar el estrés de las carreras explosivas. El cojinete principal está lubricado a presión, con un orificio en la mitad superior y el aceite se suministra a través de un tubo de lubricación dentro del bloque. La superficie de trabajo del rodamiento tiene ranuras que distribuyen el aceite cada vez más rápido. También hay pestañas que aseguran la cubierta del rodamiento a cada ranura del bloque. Estas pestañas alinean los cojinetes y evitan que los cojinetes se deslicen

hacia adelante y hacia atrás debido al empuje. La mitad inferior que corresponde a la tapa es lisa. Todos los motores tienen cojinetes de empuje que evitan que se cierren en el extremo del cigüeñal. Se utilizan varios tipos de cojinetes para corregir el eje. Tiene la forma de un sombrero de una pieza. La apariencia del aceite concuerda con el conducto de lubricación del bloque (Arévalo, 2015).

Figura 9: Cojinetes.



Fuente: David Erazo, 2012.

Válvulas: Son la parte del mecanismo que permite que los líquidos y gases ingresen a la cámara de combustión y al cilindro. El primero se utiliza para regular la entrada de la mezcla aire-combustible y el segundo permite que escape el gas combustible (Arévalo, 2015).

Por tanto, la válvula debe soportar presiones y temperaturas muy elevadas. Por lo tanto, las válvulas están hechas de materiales muy duraderos y requieren el uso de procedimientos precisos (Arévalo, 2015).

Válvula de admisión: Generalmente de acero aleado con cromo y silicio, tiene muy buena resistencia a las tensiones termo mecánicas (Arévalo, 2015).

Válvula de escape: El platillo y el vástago suelen estar hechos de acero aleado al cromo-manganeso y pueden soportar la oxidación y las altas temperaturas. Sin embargo, la parte superior del tallo suele estar formada por cromo-Silicio (Arévalo, 2015).

Figura 10: Válvulas admisión y escape.



Fuente: David Erazo, 2012.

Árbol de levas: Se utiliza un árbol de levas para abrir la válvula en sincronización con la sincronización del motor y tiene una velocidad igual a la mitad de la velocidad del cigüeñal. Por lo tanto, el diámetro del engranaje es el eje giratorio del motor diésel, que es el doble del diámetro del cigüeñal. El mecanismo de empuje de la válvula es diferente para situaciones similares (Arévalo, 2015).

Figura 11: Árbol de levas.



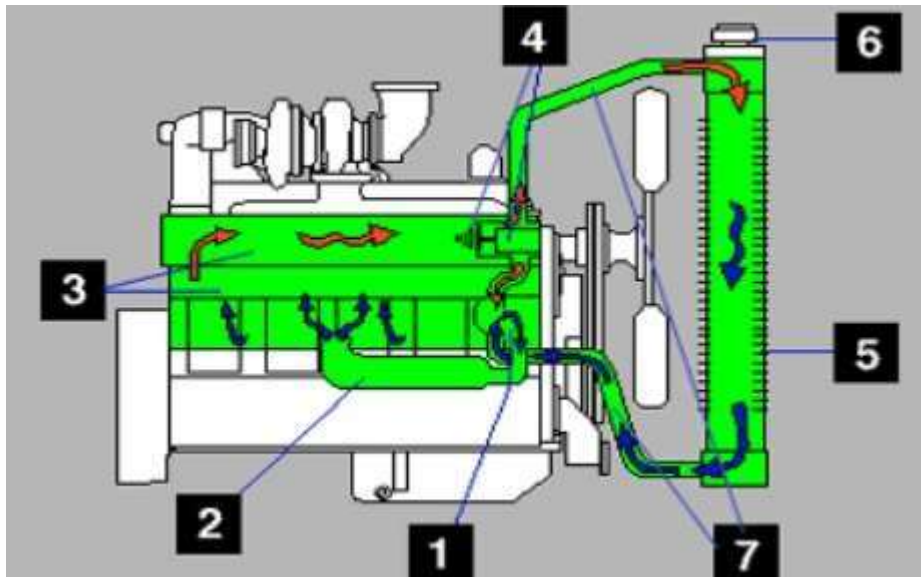
Fuente: David Erazo, 2012.

Sistema de enfriamiento:

Su desempeño fundamental es separar el exceso de calor generado dentro del motor de las rebabas internas de la fricción generada entre los componentes internos del motor. Este sistema utiliza refrigerante como componente principal del proceso de separación térmica. El aceite también se usa para la separación de calor cuando hay corta distancia entre los elementos y el agua imposible tener contacto con el elemento

primero. El motor de combustión interna genera una gran cantidad de calor, por un lado, utiliza el sistema de enfriamiento para mantener constante la temperatura óptima para que el motor funcione, y por otro lado disipa el calor hacia el exterior. (Domínguez,2014).

Figura 12: Sistema de enfriamiento.



Fuente: David Erazo, 2012.

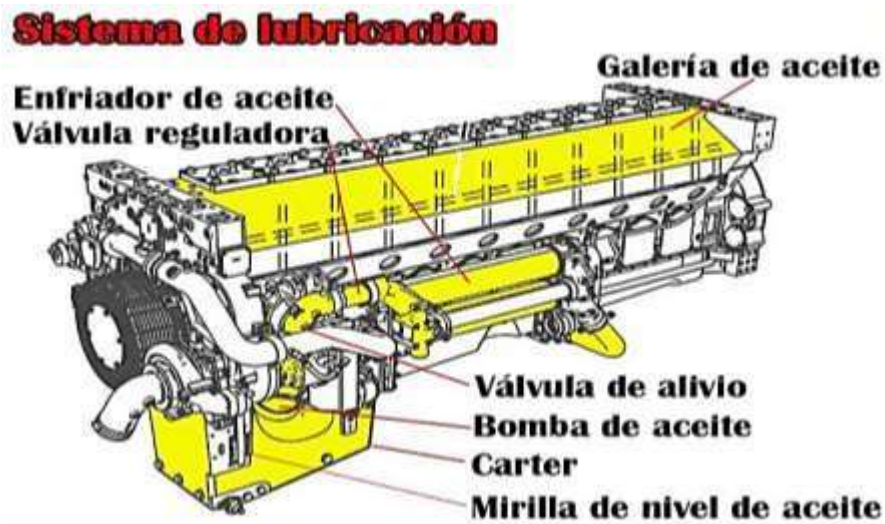
1. Bomba de agua
2. Enfriador de aceite
3. Block y cabeza de motor
4. Termostato y caja de termostato
5. Radiador
6. Tapa de radiador
7. Anticongelante.

Sistema de lubricación:

Es muy importante. Lubrica las partes internas del motor, también lubrica el motor al tiempo que reduce el roce y el deterioro de las partes internas del motor. Al mismo tiempo, la superficie se extrae del archipiélago de superficie (utilizado para enfriar los elementos dentro del motor). Así, se revela que el aceite lubrica y enfría los

componentes internos a los que no llega el refrigerante del motor. También tiene la capacidad de quitar desechos. El aceite lleva diminutas partículas separadas por desgaste, depósitos de carbón y suciedad y lo transporta a través del conducto del sistema de lubricación hasta el filtro donde se retiene y detiene la circulación en el sistema. Evite el desgaste excesivo de los componentes internos, incluidas las membranas de fricción, para evitar daños a otros componentes. (Domínguez, 2014).

Figura 13: Sistema de lubricación



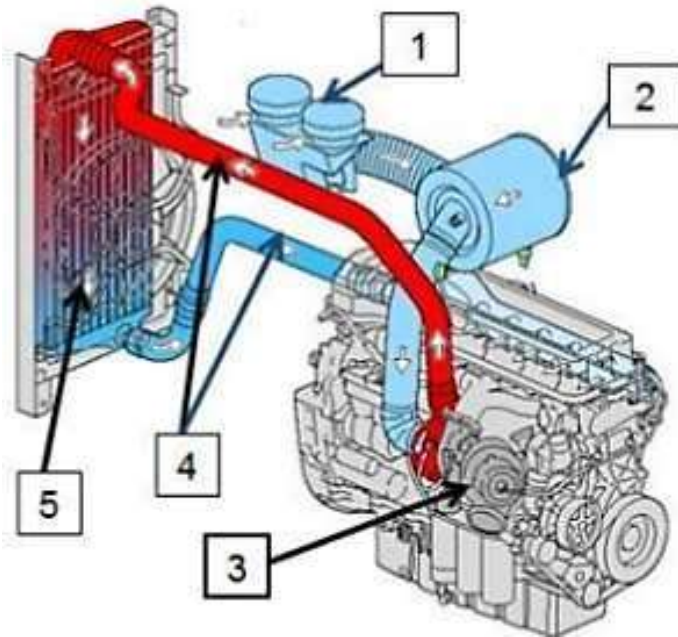
Fuente: Calleja, 2015.

1. Bomba de aceite.
2. Cáster de aceite.
3. Válvula de descarga.
4. Filtro de aceite.
5. Sistema de refrigeración del aceite.
6. Sistemas de medición del nivel de aceite.

Sistema admisión escape

El sistema de admisión es un conjunto de elementos que entregan aire limpio al motor a la velocidad y temperatura requeridas para la velocidad del motor (Domínguez, 2014).

Figura 14: Sistema de admisión.



Fuente: Domínguez, 2014.

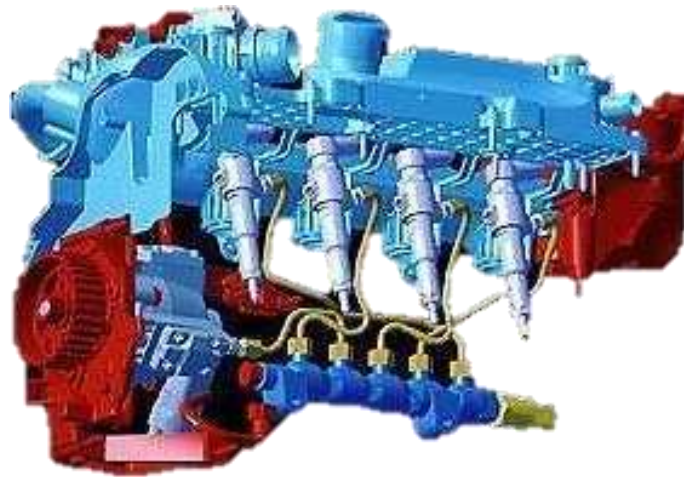
1. Pre filtro
2. Filtro de aire
3. Turbo alimentador
4. Conductores de admisión

El sistema de escape del vehículo se encarga de eliminar los residuos generados por el motor de combustión interna.

Sistema de alimentación de combustible

El sistema de inyección se utiliza para impulsar el motor. Consta de una etapa de baja presión y una etapa de alta presión con una bomba de inyección. Esto crea la presión de inyección necesaria y alimenta el circuito de alto voltaje. Luego, la bomba de inyección transporta y filtra desde el tanque de combustible suministrado a través del circuito de baja presión, lo que le permite ingresar al circuito de alta presión sin impurezas ni humedad (Domínguez 2014).

Figura 15: Sistema de alimentación.

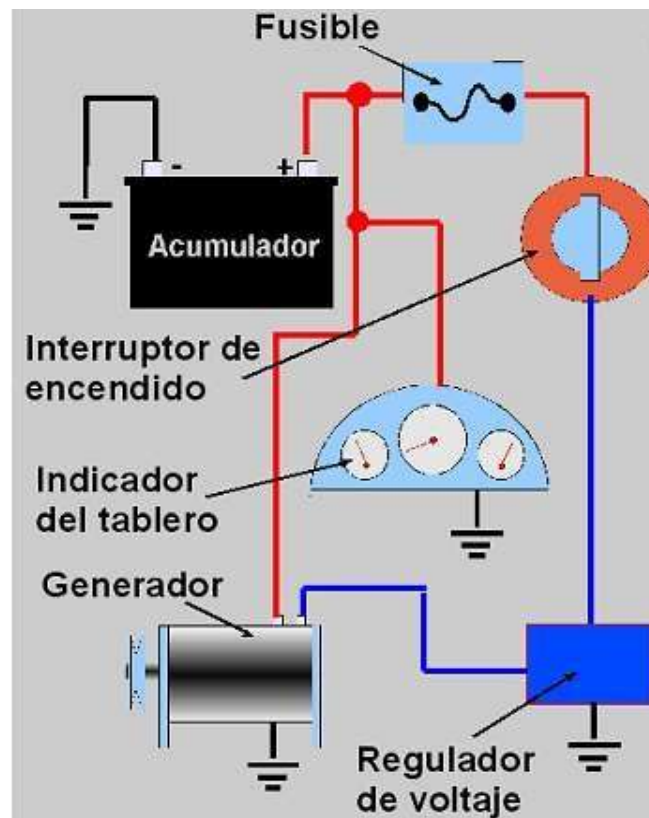


Fuente: Gil, 2007.

Sistema eléctrico

Consiste en producir y conducir electricidad, para el arranque o encendido del motor diésel, a su vez debe generar la energía suficiente para el buen funcionamiento del motor diésel. Además, debe proporcionar un sistema de seguridad y comodidades como luces, limpiador de parabrisas, radio, instrumentos, indicadores o medidores del funcionamiento del motor diésel. Permitiendo que el operador del motor diésel, esté monitoreando su buen funcionamiento.

Figura 16: Sistema eléctrico



Fuente: Gil,2007.

Lubricación en los motores: Lubricante perturbado por depósitos de calor La calidad del combustible afecta la calidad de la combustión del combustible, lo que afecta la lubricidad. Dado que el sistema de escape del motor no elimina todos los depósitos de combustible, pueden permanecer en el motor debido a fugas en las juntas y otras grietas cerca de la cámara de combustión.

Algunos modelos, especialmente los últimos motores diésel, están equipados con ventilación activa del cárter, que hace circular los productos de combustión que han escapado del aceite a través del sistema de admisión. Esto no garantiza la eliminación efectiva de los productos anteriores. Por lo tanto, siempre se pueden encontrar elementos específicos producidos por combustión a partir del petróleo, que también es uno de los principales productos dentro de la cámara de combustión:

- Dióxido de carburo.
- Agua.
- Componentes ácidos.

- Hidrocarburos parcialmente quemados.
- Óxidos de nitrógeno.

De estos elementos producidos por dicha combustión, la mayoría de los desechos realizan productividad de agua. Se recuerda que estos elementos se encuentran en un estado ligeramente cerrado o incluso dentro de la cámara de combustión. Si se filtra en el cárter, se puede formar condensación o contaminación de aceite en el cárter. Esta contaminación por aceite es fácilmente visible como depósitos en superficies frías, más comúnmente en las tapas.

Lubricación: Esta es una técnica que se utiliza para disminuir el roce de ambas superficies muy cercanas y en movimiento. Mientras tanto, se interpone una sustancia conocida como lubricante (se genera presión) que soporta la carga o ayuda a soportarla.

Lubricante: Sustancias de naturaleza sólida, semisólida o líquida; La función principal de origen animal, vegetal, mineral o sintético es reducir la fricción entre los elementos ensamblados o adheridos en condiciones apretadas o sueltas.

La siguiente tabla muestra la clasificación utilizada para los lubricantes. Al analizar el lubricante para un motor, es necesario identificar las características importantes que desea lograr en este proceso. Dado eso que estas cualidades están orientadas por la función de lubricación dentro del motor. Sus principales características son:

1. Admite la refrigeración del motor para eliminar el calor generado por las superficies de fricción.
2. Puede reducir el deterioro de las superficies de contacto.
3. Nos da un excelente sellado entre el pistón y el anillo del cilindro para omitir la liberación de gases inflamables.
4. Mantiene el motor extento de carbón y de cenizas, dado que los disuelve (acción “detergente”), para mantener la suspensión y eliminarlo durante los cambios de aceite.
5. Cuida el motor del desgaste y ataque de ácidos.
6. Minimiza el efecto de la carga sobre los cojinetes de la transmisión.

7. Pueden ser productos emulsionados.
8. Evita la formación de lodos, esparce los contaminantes y los mantiene suspendidos.

Cuando se trata de otros aspectos importantes de la lubricación, es importante conocer las diversas propiedades adicionales de los aceites y accesorios que se pueden aplicar para realizar estas funciones más allá de la lubricación y son:

Enfriamiento: El funcionamiento interno de un motor de combustión es el resultado de la combustión interna del combustible. Por ende, el estado encapsulado del compartimento puede transferir calor al exterior de la camisa y obstruir el equipo interno.

Sellado: Se realiza entre el cilindro y el pistón, reduciendo la pérdida de aire y gas de combustión que se produce en la cámara de combustión.

Detergencia: Para mantener limpio el motor, deben eliminarse o destruirse algunos desechos internos y la humedad (generalmente generada por el aire). Su presencia afecta el desgaste y los factores internos que lo crean. Quizás el efecto mayormente perjudicial que tendría un motor con el detergente incorrecto es una reacción química con el producto de oxidación que forma un precipitado de compuestos insolubles.

Emulsión del agua: Esto es inevitable ya que es uno de los productos de la combustión de los motores diésel con aire, pero si puedes evitar afectar partes sensibles del motor, debes tener cuidado con la presencia de agua. Entonces, una emulsión de aceite es la capacidad de un aceite para absorber agua. Intenta ludir que el agua este en contacto con la superficie de la parte móvil y evita la aparición de burbujas de agua y también de oxígeno, que pueden provocar la cavitación de las partes internas del motor después de provocar una punta rota en el aceite. deterioro de la calidad del aceite.

Protección antioxidante: Comúnmente conocido como antioxidante, ayuda a prevenir la formación de viscosidad, la generación de ácidos orgánicos y la formación de materia carbonosa.

Mejoradores de viscosidad: La viscosidad varía mucho con la temperatura, por lo que para asegurar que la viscosidad del aceite no se vea artificioso por cambios de

temperatura, es necesario asegurarse de que la viscosidad del aceite no caiga de manera significativa.

Control del punto de fluidez de un aceite: Las unidades necesitan atención ya que la temperatura ambiente puede ser muy baja, muchos aceites pueden volverse sólidos y la lubricación puede ser difícil.

Control de la basicidad del aceite: Esta es una propiedad imprescindible a tener en cuenta, ya que su valor depende del estado del que se encuentre el aceite y de la agrupación de sustancias ácidas en el aceite. Este parámetro generalmente se verifica mediante un análisis de aceite usado llamado TBN o Total Basic. (TBN por sus siglas en inglés).

Control de la ceniza sulfatada: Se puede medir con petróleo y residuos no quemados en un lubricante llamado ceniza sulfatada. Los aditivos en lubricantes que tienen derivados metálicos como bario, calcio y magnesio producen cenizas. Demasiada ceniza puede causar fallas en el motor y tener un impacto grave tanto en la potencia como en el rendimiento.

Los aceites deben clasificarse de acuerdo con las necesidades del equipo. Dado que los aceites lubricantes deben formularse en un combustible específico, se crea la primera clasificación importante de aceites lubricantes. La viscosidad del aceite no depende del combustible.

Por ende, discutiremos la clasificación de los aceites lubricantes por viscosidad y calidad.

La norma SAE: Fue creado para clasificar los lubricantes por viscosidad, que es la condición más importante que presentan los lubricantes:

La viscosidad. Tenga en cuenta que la viscosidad está directamente relacionada con la viscosidad del aceite y forma una película que separa las superficies que pueden entrar en contacto, aunque solo es espeluznante. al mismo tiempo. En otras palabras, la capa de lubricación se vuelve más gruesa y se pierde la capacidad de lubricación del fluido. Por estas razones, se han creado aceites de rango único y de clasificación múltiple.

La norma SAE J300 de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) clasifica los

aceites según su viscosidad (con un sistema de numeración como SAE 10W, SAE 30, SAE 15W40, etc.).

A partir de hoy, las condiciones de arranque del motor se analizan con los requisitos del fabricante:

Tener la viscosidad apropiada. Si la viscosidad es muy baja, la película de aceite se puede agrietar fácilmente y las piezas se pueden pegar. Por el contrario, si es demasiado alto, obstaculizará el movimiento, lo que provocará botas pesadas y cortes de energía.

La viscosidad debe mantenerse relativamente constante y se debe tener cuidado de no cambiar significativamente el índice de viscosidad para no cambiar con los cambios de temperatura.

El aceite de motor es oportuno para su uso con metales. Prevención anticorrosión y oxidación. Asegúrate de que el movimiento no genere burbujas. Es decir, debe contener un agente antiespumante.

La viscosidad: Cambiar este parámetro cambiará el grosor de la película lubricante. Cuando se diluye, la película lubricante se destaca en el aceite, cuando se calienta se vuelve más fácil de fluir y cuando se enfría se vuelve más espesa. Algunos aceites son inicialmente espesos (más o menos viscosos).

Corrosión y herrumbre: En lubricantes líquidos, participa en la producción de sustancias ácidas. Dado que el combustible diésel contiene azufre en su conformación, en algún momento el elemento reacciona con el agua producto de la combustión para formar ácido sulfúrico, que es una de las principales causas de corrosión superficial de los elementos internos y tiene una larga vida al deterioro.

La norma API: Al hablar de las normas API, los fabricantes se refieren a la calidad de los lubricantes en relación con las normas API. Esta explicación es necesaria porque el estándar API ha sido diseñado y actualizado en base a las mejoras que la ciencia puede ofrecer a los científicos. Por lo tanto, los aceites se clasifican según las normas API, según el tipo de combustible utilizado en el motor.

El análisis de aceite usado:

Es un arte y se basa en un conocimiento meticuloso y en la toma de decisiones

humanas para todas las actividades grupales.

- Para la interpretación se requiere contar:
- Cognición sobre química de los aceites
- Conocimiento sobre materiales petroquímicos utilizados en el equipo.
- Conozca los límites de las pruebas que se están ejecutando.
- Adecuada asistencia y coordinación entre nosotros y los usuarios que proporcionan las muestras es primordial una explicación definitiva del estudio.

Obtención de la muestra de aceite:

Una muestra apropiada, representa el aceite que fluye por el sistema a la temperatura de funcionamiento o cerca de ella.

Método del tapón de drenaje.

Se toman muestras mientras se vacía el dispositivo.

- Tomar después de cambiar de 1/3 a 1/2 del aceite. (Muestra representativa).
- Nunca muestree en un congelador.

Método de la bomba de muestreo:

- La bomba drena en el frasco y el aceite fluye a través de la boquilla hacia la botella.
- La desventaja es que el tubo debe limpiarse o reemplazarse después de cada muestra (contaminación).

Método del grifo:

Esta es probablemente la forma más precisa de muestrear el lubricante, tomando esta muestra usando una boquilla especialmente conectada al dispositivo.

Figura 17: Métodos de muestreo de aceite.



Fuente: Mobil Perú

Contaminantes y metales de desgaste: El metal abrasivo es una partícula de metal se incorpora al aceite y es causada por el roce, la presión o el deterioro de los componentes interiores. Pruebe los aditivos (aceite hidráulico, de transmisión, de motor, etc.) para determinar la clasificación del aceite en la muestra. Los contaminantes son elementos de aceites incorporados externamente que se analizan para determinar la utilidad de los lubricantes y determinar la causa de problemas reportados en otras pruebas.

Hierro (Fe)

- Demasiado desgaste en los cilindros.
- Sistemas de válvulas.
- Ejes.
- Desgaste de engranajes.
- Guías de válvulas.

Cobre (Cu)

- Aleaciones de bronce y latón.
- Tubos de enfriadores de aceite.

- Descansos.
- Bujes.
- Discos de fricción.

El cobre está normalmente asociado al plomo y al estaño.

Plomo (Pb)

- Descansos de cigüeñal y biela.
- Sellos.
- Soldaduras.
- Pinturas.

Aluminio (Al)

- Descansos de cigüeñal, biela bomba de aceite.
- Descansos de empuje del cigüeñal.
- Pistones.
- Block Motor

Estaño (St)

- Descansos de ejes de levas.
- Descansos del cigüeñal.
- Bujes.

Plata (Ag)

- Descansos.
- Soldadura de Plata.
- Etc.

Cromo (Cr)

- Anillos de pistones.

- Cojinetes de fricción (rodamientos).
- Cigüeñal bañado en cromo.
- Fugas de refrigerante.

Níquel (Ni)

- Alabes de turbina.
- Cojinetes y válvulas.
- Guías de válvulas.

Molibdeno (Mo)

- Anillos de pistón.
- Contaminación externa.
- Aditivos del lubricante.

Titanio (Ti)

- Soporte de cojinetes.
- Discos de compresor.
- Alabes de turbinas.

Silicio (Si)

El silicio es particularmente interesante porque su presencia está asociada al polvo absorbido por los dispositivos, lo que conduce a un desgaste generalizado. No hay que olvidar que la formulación del lubricante contiene silicona (silicona), aditivos, principalmente antiespumantes hasta 20 ppm.

Sodio (Na)

- Fugas de refrigerantes.
- Contaminación con grasa.
- Contaminación ambiental.

Potasio (K)

- Fugas de refrigerante.

Boro (B)

- Refrigerante.
- Aditivo del lubricante.

Vanadio (V)

- Combustibles residuales.

Magnesio (Mg)

- Depósitos y contaminación con agua de mar.
- Aditivos del lubricante.

Calcio (Ca)

- Contaminación con grasa.
- Aditivo del lubricante.

Fósforo (P)

- Fugas de refrigerante.
- Aditivos del lubricante.

Zinc (Zn)

- Cojinetes o descansos.
- Fugas de refrigerante.
- Contaminación con grasa.
- Aditivo del lubricante.

Límites tentativos de desgaste. ppm (Motor)

A continuación, en la tabla 1, se podrá visualizar los límites tentativos en desgaste permitidos en ppm en los elementos internos del motor.

Tabla 1: Límites tentativos de desgaste. ppm (Motor)

Metales (ppm)	Caterpillar	Cummins	Mack	General
Silicio	16 - 20	16 - 20	16 - 20	16 - 20
Hierro	71 - 100	71 - 100	161-190	161 - 190
Cobre	16 - 30	31 - 50	36 - 55	31 - 50
Plomo	24 - 40	31 - 50	51 - 70	31 - 50
Aluminio	16 - 20	16 - 20	16 - 20	16 - 20
Cromo	11 - 15	11 - 15	16 - 20	11 - 20
Estaño	6 - 15	6 - 15	6 - 15	6 - 15

Fuente: Mobil

La hoja de decisión del AMEF

En la figura 18 se muestra los detalles que deben ser analizados en la hoja de decisión del AMEF. En esta etapa determinaremos las tareas propuestas según el algoritmo del diagrama de decisión del RCM.

Figura 18: Hoja de decisión RCM.

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																
HOJA DE DECISION RCM																
SISTEMA:														REALIZADO POR:		HOJA
SUB-SISTEMA														FECHA DE ANÁLISIS:		DE
REFERENCIA DE				EVALUACIÓN DE				H1	H2	H3	TAREAS "A"			MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)	PERIODICIDAD (Horas)	REALIZADA POR
F.	F. F.	M. F.	E. F.	H	S	E	O	S1 O1	S2 O2	S3 O3	H4	H5	S4			

Fuente: Moubray, 2004

La tabla de decisión se divide en 17 columnas, columnas F, FF, MF y EF, que definen los modos de falla y el impacto de la falla analizados en estas filas. Extracto de la tabla de información consultada anteriormente.

Las siguientes 10 columnas responden a las preguntas del diagrama de decisión de

RCM. Se utiliza para registrar respuestas a preguntas relacionadas con columnas etiquetadas como H, S, E, O, N. Establece el resultado Y o N del modo de error (para "sí" o "no", disponible).

Las siguientes tres columnas (encabezados H1, H2, H3, etc.) indican qué tipo de actividad está activa y qué tipo de actividad se selecciona.

Si tiene que responder una pregunta "si no", las columnas H4, H5 y S4 son las filas donde puede registrar esa respuesta. Configure S o N ("sí" o "no" si está disponible).

Las últimas tres columnas registran la acción seleccionada (si corresponde), la frecuencia con la que se ejecutará y quién ha elegido realizarla. (Moubray, 2004).

Mantenimiento: El mantenimiento es un concepto muy amplio y es parte integral de la evolución diaria de cualquier proceso, sea eficiente o no. Por lo tanto, debe considerar los objetivos e ideales de su negocio e industria. Es esencial brindar confiabilidad al equipo para que se ejecute dentro del marco de los gastos presupuestarios, se desarrolle de acuerdo con el desempeño de la industria en varios campos y logre la productividad esperada. (Galeno, 2018).

Objetivo del mantenimiento: Es almacenar todos los productos que componen los enlaces del sistema a través de servicios de interés directo e indirecto en niveles aceptables de confiabilidad, calidad, menor costo y mejores condiciones de operación. (Galeno, 2018).

Mantenimiento correctivo: Se trata de un conjunto de acciones encaminadas a solucionar los defectos que existen en varios dispositivos, que son transmitidos al departamento de gestión por los usuarios de estos dispositivos. (Galeno, 2018).

Mantenimiento Predictivo: El mantenimiento preventivo examina los cambios temporales en ciertos parámetros para identificar situaciones que les crean condiciones excepcionales durante un período de tiempo asociado con la aparición del trastorno. Recibo este error. Sin graves consecuencias y fallas inesperadas en los equipos. (Galeno, 2018).

Mantenimiento preventivo: También conocido como "gestión del plan", se ejecuta antes de que ocurra una falla o falla para que el sistema no falle y funcione en condiciones controladas. (Galeno, 2018).

Ciclo de Vida de los Equipos: Este es el período durante el cual el equipo puede operar en condiciones de operación, y en este momento, las posibles fallas del equipo no son uniformes a lo largo de su vida, y son herramientas que no solo se encuentran en las etapas inicial y final, sino también indefinidamente en la etapa final. a largo plazo. es. El período durante el cual la cantidad o tasa de discapacidad es relativamente constante. (Galeno, 2018).

Tabla 2: Ciclo de vida de un equipo.

CATEGORÍA	FALLA PREMATURA	FALLA ACCIDENTAL	FALLA POR DESGASTE
CAUSA	Errores de diseño y fabricación	Errores de fabricación	Desgaste
CONTRAMEDIDAS	Ensayos para acentuación y control de arranque	Operación apropiada	Mejora preventiva y de mantenibilidad

Fuente: Galeno,2018.

Análisis de criticidad. Se utiliza una matriz de frecuencia después del error para determinar la gravedad del dispositivo o equipo. Un eje representa la frecuencia de fallas y el otro eje muestra el impacto o las consecuencias del dispositivo o equipo bajo investigación en caso de falla. (Galeno, 2018).

Figura 19: Matriz de criticidad.

NÚMERO DE FALLAS	20	SC	SC	C	C	C	C
	15	SC	SC	SC	C	C	C
	10	NC	NC	SC	C	C	C
	5	NC	NC	NC	SC	C	C
		50	100	150	200	250	300
		CONSECUENCIA					

Fuente: Galeno, 2018.

¿Qué elementos deberíamos tomar en cuenta para determinar la criticidad?

Esta se determina cuantitativamente, multiplicando la frecuencia de ocurrencia de un error por la adición de las consecuencias de la misma, otorgando rasgos de valores para unificar los criterios de evaluación.

$$\text{Criticidad} = \text{FF} \times \text{CO} \dots\dots\dots (01)$$

Consecuencia es:

$$\text{Consecuencia} = \text{FOP} * \text{IOP} * \text{CMA} * \text{SHMA} \dots\dots\dots (02)$$

Donde:

FF: Frecuencia de fallas

CO: Consecuencia

FOP: Flexibilidad operacional

IOP: Impacto operacional

CMA: Costos de mantenimiento

SHMA: Seguridad humana y medio ambiente

Figura 20: Criterios para el análisis de criticidad

Frecuencia de fallas	
Elevado mayor a 40 fallas/año	4
Promedio 20-40 fallas/año	3
Buena 10-20 fallas/año	2
Excelente menos de 10 fallas/año	1

Impacto Operacional	
Parada total del equipo	10
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo o subsistema	7-9
Impacta a niveles de producción o calidad	5-6
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad	2-4
No genera ningún efecto significativo	1

Flexibilidad Operacional	
No existe opción igual o equipo similar de repuesto	4
El equipo puede seguir funcionando	2-3
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)	1

Costo de mantenimiento	
Mayor o igual a US\$ 400 (incluye repuestos)	2
Inferior a US\$ 400 (incluye repuestos)	1

Impacto a Seguridad Ambiente e Higiene	
Accidente catastrófico	8
Accidente mayor serio	6-7
Accidente menor e incidente menor	4-5
Cuasi accidente o incidente menor	2-3
Desvío	1
No provoca ningún tipo de riesgo	0

Fuente: Galeno, 2018.

Indicadores de Mantenimiento. Este se calcula regularmente utilizando los resultados numéricos de una actividad en particular para permitir la evaluación de esa actividad durante un período de tiempo específico (Galeno 2018).

Puede definir métricas de gestión para todo tipo de mantenimiento, así como métodos específicos de mantenimiento preventivo. Esta métrica calculada perpetuamente proporciona una descripción general de la productividad de la gestión (Galeno 2018).

Las administraciones modernas de mantenimiento es una forma eficaz de evaluar el desempeño de los gerentes y debe incluir indicadores de compensación (Galeno 2018).

El tema de los indicadores de mantenimiento es cada vez más importante y debe recibir una atención especial. Métricas a considerar:

Disponibilidad. El índice de eficiencia de mantenimiento muestra la relación entre el tiempo hasta la producción planificada (TPP) y el tiempo de inactividad no planificado. (TPNP) (Galeno, 2018).

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

Confiabilidad. Probabilidad de no sufrir daños durante el funcionamiento del dispositivo. Se evalúa por el tiempo medio entre fallas (TPEF). En inglés (MTBF) (Montes, 2013).

$$TPEF = \frac{\text{Tiempo.Funcionamiento}}{\text{Numero de puestas en servicio}} \left(\frac{\text{horas de operacion}}{\text{intervencion}} \right)$$

Mantenibilidad. Probabilidad de que un dispositivo pueda estar en funcionamiento durante un cierto período de tiempo cuando el mantenimiento se realiza de acuerdo con procedimientos predeterminados. Puede evaluarse mediante el tiempo medio de reparación (TPPR) o el tiempo medio entre fallos (TFP) (Montes, 2013).

$$TPPR = \frac{\text{Tiempo de no funcionamiento}}{n^{\text{a}} \text{ intervenciones de Mantenimiento}} \left(\frac{h, \text{no operacion}}{\text{intervenciones}} \right)$$

$$TFP = \frac{\text{Tiempo total fe fallas}}{n^{\text{a}} \text{ de fallas}} \left(\frac{h}{\text{falla}} \right)$$

Tiempo de reparación. Es una medida de la asignación promedio de tiempo dedicado a restaurar equipos, máquinas y procesos para que funcionen después de una falla, como el tiempo que lleva analizar y diagnosticar fallas y el tiempo para recibir errores. (Galeno,2018).

Frecuencia de fallas. Interrupciones por desperfectos en los componentes del motor. Cálculo del indicador:

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 El tipo de investigación: es aplicada, porque se usaron conocimientos teóricos, actualización de métodos e implantación de rutinas y de frecuencias para solucionar los diferentes problemas que benefician a la sociedad en este caso el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para asegurar una alta disponibilidad de los motores mercedes benz.

3.1.2 El diseño de esta investigación: Es no experimental de tipo transversal, ya que considerando la variable independiente como el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite no se modifica intencionalmente debido a que se basa sólo en el método del RCM para obtener un resultado único en el tiempo de la variable dependiente que es la disponibilidad de los motores mercedes benz de los buses de la empresa nuevo california. (Hernandez,2014).

3.2 Variables y su operacionalización

La tabla de operacionalización de variables está en anexo 10.

3.2.1 Variables independientes: Plan de mantenimiento preventivo.

3.2.2 Variables dependientes: Disponibilidad

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población: buses de la empresa Nuevo California S.A. marca Mercedes Benz.

3.3.2 Muestra: 4 buses de la empresa Nuevo California S.A. marca mercedes Benz.

3.3.3 Muestreo: Aleatorio.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos del presente trabajo de investigación, se emplearon las siguientes técnicas:

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

Las técnicas, que se usarán en la recolección de los datos para el desarrollo de la

presente tesis serán:

- Observación del sistema.
- Análisis documental.
- Entrevista.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos:

Los instrumentos que se usarán, en la recolección de los datos serán los siguientes:

- Test cualitativos.
- Fichas de registro de fallas.
- Registro de reparaciones de fallas.
- Encuesta al personal de operación.

La tabla de resumen de las técnicas e instrumentos estará en el anexo 11.

3.5 Procedimientos

Se realizó la siguiente tesis siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1, se realizó el análisis de la situación actual de los motores Mercedes Benz de los buses de la empresa Nuevo California S.A.

Paso 2, se realizó el análisis de criticidad de las unidades de la empresa de transporte Nuevo California S.A.

Paso 3, se evaluó los reportes de análisis de aceite de las unidades críticas para elaborar el plan de mantenimiento preventivo.

Paso 4, se determinó la nueva disponibilidad y confiabilidad con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite de las unidades.

Paso 5, se evaluó económicamente el nuevo plan implementado.

3.6 Método de análisis de datos

Para analizar los datos cuantitativos, se utilizó matrices de datos, tablas y gráficos almacenados y generados en el software de Excel.

3.7 Aspectos éticos

El autor de la presente investigación se compromete a respetar la propiedad intelectual, la veracidad de los resultados y la confiabilidad de los datos proporcionados por las instituciones dedicadas al rubro a las cuales está basado este proyecto respecto a la investigación que se presenta.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de la situación actual de los motores Mercedes Benz de los buses de la empresa Nuevo California S.A.

Se procedió a evaluar a las unidades de la empresa de transportes Nuevo California S.A. específicamente a 4 unidades.

Tabla 3: Tiempos de operación y frecuencia de fallas de las unidades de transporte.

UNIDADES	FRECUENCIA (vez/año)	TPR (Hrs/año)
MERCEDES BENZ LO 812	50	421
MERCEDES BENZ LO 915	29	335
MERCEDES BENZ LO 915	25	241
MERCEDES BENZ LO 916	11	82
TOTAL	115	1079

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla número 4 se puede observar la frecuencia de fallas por año específicamente, 115 fallas y el tiempo que se emplea para reparar las fallas específicamente 1079 horas, de las unidades Mercedes Benz modelo LO-812, LO-915 Y LO916.

Tabla 4: Fallas de la unidad de transporte Mercedes Benz LO 812.

CONCEPTO DE LA FALLA	FRECUENCIA(VEZ/AÑO)	TPR (Hrs/año)
SIST. LUBRICACIÓN	25	220
SIST. ADMISIÓN	8	50
SIST. ALIMENTACIÓN	6	79
SIST. REFRIGERACIÓN	10	60
SIST. ELÉCTRICO	1	12
TOTAL	50	421

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Fallas de la unidad de transporte Mercedes Benz LO 915.

CONCEPTO DE LA FALLA	FRECUENCIA(VEZ/AÑO)	TPR (Hrs/año)
SIST. LUBRICACIÓN	10	136
SIST. ADMISIÓN	2	22
SIST. ALIMENTACIÓN	5	58
SIST. REFRIGERACIÓN	7	94
SIST. ELÉCTRICO	5	25
TOTAL	29	335

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Fallas de la unidad de transporte Mercedes Benz LO 915.

CONCEPTO DE LA FALLA	FRECUENCIA(VEZ/AÑO)	TPR (Hrs/año)
SIST. LUBRICACIÓN	14	111
SIST. ADMISIÓN	1	14
SIST. ALIMENTACIÓN	7	92
SIST. REFRIGERACIÓN	2	19
SIST. ELÉCTRICO	1	5
TOTAL	25	241

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Fallas de la unidad de transporte Mercedes Benz LO 916.

CONCEPTO DE LA FALLA	FRECUENCIA(VEZ/AÑO)	TPR (Hrs/año)
SIST. LUBRICACIÓN	6	40
SIST. ADMISIÓN	1	12
SIST. ALIMENTACION	3	25
SIST. REFRIGERACION	1	5
SIST. ELECTRICO	0	0
TOTAL	11	82

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar de las tablas 5,6,7,8 que la frecuencia de fallas y los tiempos de reparación cuando se refiere al sistema de lubricación siempre es la más alta, evidentemente es el sistema del motor que necesita un análisis más profundo.

4.2 Análisis de criticidad de las unidades de la empresa de transportes Nuevo California S.A.

Se utilizó una matriz de frecuencia después de la falla para determinar la gravedad del equipo. Un eje representará la frecuencia de fallas y el otro eje mostrará el impacto o las consecuencias del equipo bajo investigación en caso de falla. (Galeno, 2018).

Tabla 8: Ponderación para la unidad de transporte Mercedes Benz LO 812.

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS (VER TABLA 4)	MERCEDES BENZ 812
Número de fallas al año	50
Periodicidad de la avería	4
Consecuencia operacional	10
Consecuencia de costos de mantenimiento	2
Consecuencia de flexibilidad	4
Consecuencia en seguridad y ambiente	3
PONDERACIÓN DE CONSECUENCIAS	$CO = 10 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 3$ 240
CRÍTICIDAD	$C = FF \cdot C$ $C = 4 \cdot 240 = 960$
NIVEL DE CRITICIDAD	CRITICO

Fuente: Elaboración propia.

PONDERACIÓN DE CONSECUENCIAS	CO= 9*2*4*3 216
CRÍTICIDAD	C=FF*C C=4*216 864
NIVEL DE CRITICIDAD	CRÍTICO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Matriz de criticidad para la unidad de transporte Mercedes Benz LO-915.

		CRITICIDAD																				
FRECUENCIA (FF)	40	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
	35	SC	SC	SC	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
	30	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
	25	NC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
	20	NC	NC	NC	NC	SC	SC	SC	SC	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
	15	NC	NC	NC	NC	NC	NC	SC	SC	SC	SC	SC	C	C	C	C	C	C	C	C		
	10	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	C		
	5	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC		
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	1000	1100	1150
		CONSECUENCIA (CO)																			864	

Fuente: Elaboración propia.

Usando la matriz de criticidad tomando en cuenta su frecuencia de fallas 25 resulto que la unidad de transporte mercedes Benz modelo LO-915 es una unidad crítica con 864 de consecuencias.

Tabla 14: Ponderación para la unidad de transporte Mercedes Benz LO 916.

PONDERACIÓN SEGÚN CRITERIOS (VER TABLA 02)	MERCEDES BENZ LO-916
Número de fallas al año	11
Periodicidad de la avería	4
Consecuencia operacional	7
Consecuencia de costos de mantenimiento	2
Consecuencia de flexibilidad	4
Consecuencia en seguridad y ambiente	3
PONDERACIÓN DE CONSECUENCIAS	$CO = 7 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2$ 168
CRÍTICIDAD	$C = FF \cdot C$ $C = 4 \cdot 168$ 672
NIVEL DE CRITICIDAD	CRÍTICO

Fuente: Elaboración propia.

consecuencias con respecto a todas las unidades evaluadas.

Por lo consiguiente, siendo la unidad Mercedes Benz modelo LO-812 la más crítica, será la unidad que se evaluará, principalmente el motor, específicamente el sistema de lubricación, por presentar mayor porcentaje de fallas.

Tabla 17: Selección del origen de la falla.

CONCEPTO DE LA FALLA	FRECUENCIA(VEZ/AÑO)	TPR (Hrs/año)
SIST. LUBRICACIÓN	25	220
SIST. ADMISIÓN	8	50
SIST. ALIMENTACIÓN	6	79
SIST. REFRIGERACIÓN	10	60
SIST. ELÉCTRICO	1	12
TOTAL	50	421

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Evaluar los reportes de análisis de aceite de las unidades críticas para elaborar el plan de mantenimiento preventivo.

A continuación, se presentará reportes de análisis de aceite realizado por el laboratorio Smart lab, laboratorio de la empresa Mobil.

Se realizó a la unidad modelo LO-916, antes mencionada por presentar como falla perdida de potencia del motor (turbo compresor averiado). El reporte es de gran importancia, porque nos indicara que contaminante está ingresando al aceite para que se presente esta falla.

Tabla 18: Reporte de análisis de por falla, perdida de potencia.

Smart Lab		Reporte de Análisis	ALERTA
Smart Lab Lubricant Analysis		Fecha de reporte: 12 May, 2021 Cuenta: EMPRESA TRANSPORTES NUEVO CALIFORNIA S.A Cuenta Padre: DIVEMOTOR Flota e Área: BUSES - NUEVO CALIFORNIA Equipd: 08H979277LB140092	
Información del componente			
Componente: MOTOR Clase de Componente: Motor		Fabricante: MERCEDES BENZ Modelo: Lubricante: MOBIL DELVAC MX ESP 15W-40	
Detalle e identificación de la muestra	Estado del Reporte		Alerta
	ID de la muestra		A001714485
	Nivel de servicio:		Standard Plus
	Identificación de la botella		20120162
	Lubricante utilizado		MOBIL DELVAC MX ESP 15W-40
	Fecha de muestreo		29 Abr, 2021
	Fecha de reporte		12 May, 2021
	Hrs/Km de Equipo		67629 Km
	Hrs/Km de Aceite		9533 Km
	Volumen de Refieno		
Lubricante	Cambio de Aceite		SI
	Cambio de Filtro		SI
	Comentarios de muestra		
	Clasificación de Contaminación		Alerta
	Clasificación de Equipo		Normal
	Clasificación de Aceite		Precaución
	Agua (Cualitativo)		No detectado
	Dil. por Combustible (%masa)		3.5%
	Hollín (%masa)		0.2
	Hollín (Abs/0.1mm)		0.043
	Indicador de Refrigerante		No detectado
	Índice IQ		13
	Nitración (Abs/0.1mm)		3.097
Oxidación (Abs/0.1mm)		0.189	
Sulfatación (Abs/0.1mm)		0.014	
TBN (mgKOH/g) 4		5.9	
Viscosidad a 100°C (cSt)		11.6	
Elementos (ppm)	Ag (Plata)		1
	Al (Aluminio)		1
	Cd (Cadmio)		0
	Cr (Cromo)		0
	Cu (Cobre)		5
	Fe (Hierro)		6
	Mo (Moibdeno)		1
	Ni (Níquel)		0
	Pb (Plomo)		3
	Sn (Estaño)		0
Ti (Titanio)		0	
Contaminantes (ppm)	K (Potasio)		3
	Mn (Manganeso)		0
	Na (Sodio)		4
	Si (Silicio)		6
V (Vanadio)		0	
Aditivos (ppm)	B (Boro)		64
	Ba (Bario)		0
	Ca (Calcio)		1210
	Mg (Magnesio)		305
	P (Fósforo)		679
Zn (Zinc)		774	

Fuente: laboratorio Smart lab.

Dilución con combustible causando baja viscosidad: Localizar y corregir la fuente de dilución de combustible que causa baja viscosidad, normalmente esto debería ser cero, pero un buen aceite puede tolerar hasta un 2% o 3% sin mucho problema.

Algunas causas posibles de dilución con combustible en motores diésel incluyen:

- Líneas de combustible con fugas.
- Patrón de pulverización defectuoso.

- Inyector goteando.
- Fugas en sellos de bombas de transferencia.
- Bomba de inyección defectuosa.
- Anillos de sellos ("Orings") de inyector gastados.
- Baja temperatura del motor.
- Excesivo ralentí.
- Baja compresión.

Se evidencia un desequilibrio térmico en la cámara de combustión, por las exageradas diferencias de temperatura de los gases de escape, el motor se encuentra trabajando en un desbalance térmico, el aceite está perdiendo su propiedad dispersante, por las altas temperaturas por lo que en consecuencia, produce la acumulación de hollín en las ranuras de los anillos produciéndose una mezcla abrasiva, desgastando de una forma acelerada los anillos de compresión, de los pistones y las camisas ocasionando la pérdida de potencia del motor (Alvares,2016).

Tabla 19: Reporte de análisis de aceite por falla, presión baja de aceite.

Se realizó a la unidad modelo LO-812, antes mencionada por presentar como falla, presión baja de aceite, que se pudo visualizar en el indicador que lo encontramos en el tablero de instrumentos. Se realizó el análisis de aceite y el reporte nos indicó que encontró como contaminante cobre. (desgaste de los cojinetes de bancada y biela),



Smart Lab
Lubricant Analysis

Reporte de Análisis

Fecha de reporte: 12 May 2021
 Cuenta: EMPRESA TRANSPORTES NUEVO CALIFORNIA S.
 Cuenta Padre: DIVEMOTOR
 Flota e Área: BUSES - NUEVO CALIFORNIA
 Equipo: BBN979277LB140693

NORMAL

Información del componente			
Componente: MOTOR		Fabricante: MERCEDES BENZ	
Clase de Componente: Motor		Modelo: 	
		Lubricante: MOBIL DELVAC MX ESP 15W-40	
Datos y Resultados de la muestra	Estado del Reporte	Precaución	Normal
	ID de la muestra	A000483634	A000708713
	Nivel de servicio	Standard Plus	Standard Plus
	Identificación de la botella	00060049	00065095
	Lubricante utilizado	MOBIL DELVAC MX ESP 15W-40	MOBIL DELVAC MX ESP 15W-40
	Fecha de muestreo	1 Set. 2020	13 Oct. 2020
	Fecha de reporte	30 Set. 2020	20 Oct. 2020
	Hrs/Km de Equipo	23001 Km	30267 Km
	Hrs/Km de Aceite	12924 Km	7266 Km
	Volumen de Refillero		
Cambio de Aceite	Si	No	
Cambio de Filtro	Si	No	
Comentarios de muestra			
Lubricante	Clasificación de Contaminación	Normal	Normal
	Clasificación de Equipo	Precaución	Normal
	Clasificación de Aceite	Normal	Normal
	Agua (Cualitativo)	No Detectado	No Detectado
	Hollin (%masa)	0.2	0.2
	Hollin (Abs/0.1mm)	0.066	0.106
	Indicador de Refrigerante	No Detectado	No Detectado
	Índice PQ	12	4
	Nitración (Abs/0.1mm)	0.034	0.024
	Oxidación (Abs/0.1mm)	0.134	0.066
Sulfatación (Abs/0.1mm)	0.000	0.000	
TBN (mgKOH/g) 4	6.8	7.5	
Viscosidad a 100°C (cSt)	12.1	12.6	
Desgaste (ppm)	Ag (Plata)	0	0
	Al (Aluminio)	4	3
	Cd (Cadmio)	0	0
	Cr (Cromo)	1	0
	Cu (Cobre)	28	6
	Fe (Hierro)	14	7
	Mo (Molibdeno)	1	0
	Ni (Níquel)	0	1
	Pb (Plomo)	2	1
	Sn (Estaño)	1	0
Ti (Titanio)	0	0	
Contaminantes (ppm)	K (Potasio)	17	15
	Mn (Manganeso)	1	0
	Na (Sodio)	6	0
	Si (Silicio)	6	4
	V (Vanadio)	0	0
Aditivos (ppm)	B (Boro)	77	65
	Ba (Bario)	0	0
	Ca (Calcio)	1282	1107
	Mg (Magnesio)	690	656
	P (Fósforo)	626	554
	Zn (Zinc)	771	667

Fuente: laboratorio Smart lab.

Contaminación por tierra: Localizar y corregir la fuente contaminante Si la viscosidad aumentó y el hollín está por debajo del 1%, revise si hay contaminación de tierra (silicio); 100 ppm de silicio.

Algunas causas posibles de contaminantes por tierra en motores diésel incluyen:

- Falla del filtro de aire.
- Perforaciones en el sistema de entrada de aire.

Aumenta la viscosidad del aceite mientras lija los cojinetes de bancada, biela y asientos del cigüeñal ocasionando la disminución de la presión de aceite dando como consecuencias. calentamiento del motor, pérdida de potencia y desgaste de los elementos superiores del motor (Widman,2018).

Tabla 20: Hoja de información del sistema de lubricación

A continuación, se elaboró hoja de análisis de modos y efectos de fallas para los sistemas del motor.

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)									
HOJA DE INFORMACIÓN RCM									
SISTEMA		MOTOR MERCEDES BENZ OM-364A.		REALIZADO POR:		Zavaleta de la Cruz Cesar			
SUB-SISTEMA		LUBRICACIÓN		FECHA DE ANÁLISIS:		14/10/2020			
N°	FUNCIÓN	N°	FALLA FUNCIONAL	N°	MODOS DE FALLA (Posibles motivos)	N°	EFECTO DE FALLA (Que ocurre)		
1	Reducir el rozamiento entre los elementos del motor que están en contacto y en movimiento.	1	Incapaz de reducir el rozamiento.	1	Filtros de aceite saturados.	1	Partículas extrañas en el sistema ocasionan aumento en el rozamiento de los componentes del motor.		
				2	Aceite inadecuado.	1	Las propiedades del aceite no son las adecuadas para lubricar al motor generando sobrecalentamientos por rozamiento y mala lubricación.		
				3	Aceite contaminado.	1	Fugas de agua que llegan al Carter contaminan el aceite y reduce sus propiedades de lubricación.		
2	Bompear el aceite lubricante a una presión de 40 a 80 PSI desde el Carter hasta todos los componentes del sistema de lubricación.	1	Incapaz de bombear el aceite lubricante.	1	Piñones de la bomba de aceite rotos.	1	El aceite no es enviado a las galerías del motor por deficiencia de los piñones de la bomba de aceite.		
				1	Desgaste en los muñones de bancada.	1	Exceso de juego entre el muñón y el metal de bancada ocasiona una pérdida de presión en el sistema.		
		2	Bombea aceite a una presión menor de 40 PSI.	2	Bombea aceite a una presión menor de 40 PSI.	2	Filtros de aceite sucios.	1	Suciedad en los filtros impide que el aceite salga a la presión recomendada.
						3	Nivel bajo de aceite en el Carter.	1	Desgaste prematuro de las piezas del motor.
						4	Piñones de la bomba de aceites desgastados.	1	Holgura entre los piñones de la bomba ocasionan una baja presión de aceite.
						5	Válvula de alivio permanece abierta.	1	Resorte de la válvula de alivio fatigado ocasiona una pérdida de presión por recircular el lubricante.
						6	Campana de succión de aceite obstruida.	1	La bomba aspira el aceite lubricante con dificultad mandando menor presión al sistema.
						1	Nivel alto de aceite en el Carter.	1	Puede dañar empaques y sellos produciendo fugas de aceite.
		3	Bombea el lubricante a una presión mayor a los 80 PSI.	3	Bombea el lubricante a una presión mayor a los 80 PSI.	2	Válvula de alivio atascada en posición cerrada.	1	El aceite no libera la presión a la salida de la bomba y aumenta la presión del sistema.
						3	Ductos y cañerías del sistema obstruidos.	1	La obstrucción de los ductos genera que disminuya el espacio para que fluya el lubricante y aumente la presión.

3	Contener el aceite lubricante.	1	Incapaz de contener el aceite.	1	Fugas de aceite por los sellos de la bomba, enfriador de aceite, turbocompresor, guías de las válvulas o anillos del pistón.	1	Constante pérdida de aceite por fugas en los componentes del sistema ocasiona un aumento en el consumo de aceite.
				2	Carter fisurado o roto	1	Constante pérdida de aceite.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Hoja de información del sistema de admisión

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)							
HOJA DE INFORMACIÓN RCM							
SISTEMA		MOTOR MERCEDES BENZ OM-364A.		REALIZADO POR:		Zavaleta de la Cruz Cesar	
SUB-SISTEMA		ADMISIÓN DE AIRE Y ESCAPE		FECHA DE ANÁLISIS:		15/11/2020	
N°	FUNCIÓN	N°	FALLA FUNCIONAL	N°	MODOS DE FALLA (Posibles motivos)	N°	EFEECTO DE FALLA (Que ocurre)
1	Suministrar un flujo de aire a los cilindros del motor a una temperatura máxima de 115°C.	1	No suministra aire al motor.	1	Filtro de aire saturado por partículas extrañas.	1	El aire no ingresa a los cilindros produciendo un exceso de combustible en la cámara de combustión, parando inmediatamente el motor.
				2	Turbocompresor inmóvil por falta de lubricación o mala lubricación en cojinetes.	1	La falta de succión del turbocompresor impide el flujo de aire necesario en los cilindros para la combustión del motor.
		2	Flujo de aire insuficiente	1	Filtro de aire sucio.	2	Daños en el turbocompresor por trabajo forzado sin lubricación de cojinetes.
				1	Mala relación de aire combustible en la cámara de combustión y el motor pierde potencia.		
		3	Temperatura de ingreso a los cilindros excede los 115°C	1	Aftercooler con exceso de partículas extrañas.	1	Agua de refrigeración con partículas extrañas obstruyen las celdas del aftercooler generando una inadecuada transferencia de calor entre el agua de refrigeración y el aire.
				2	Termostato dañado	1	El termostato no envía el agua de refrigeración del aftercooler al radiador y la mala transferencia de calor con el aire daña los anillos de los pistones y se genera la explosión antes de que el pistón llegue al PMS.
	Permitir el escape de los gases de combustión a no más de 620°C y	1	No permite el escape de los gases.	1	Turbocompresor inmóvil por falta de lubricación o mala lubricación en cojinetes.	1	Los gases de escape no se expulsan con normalidad por obstrucción de los alabes de la turbina con agentes externos o exceso de corrosión, ocasionando que el compresor no succione el aire y que el motor se detenga.
				1	Cabeza de válvula de escape desgastadas (Soplado de válvula)	1	Los gases de combustión salen de la cámara antes de la carrera de escape del pistón y con mayor temperatura.
		3	Gases de escape presentan un color negro.	1	Filtro de aire sucio.	1	Restricción en la admisión del aire ocasiona una mala relación de aire combustible en la cámara de combustión.
2	Aftercooler con exceso de partículas extrañas.			1	Al no haber una buena transferencia de calor en el aftercooler, el aire muy caliente adelanta la combustión en la cámara.		

2	con una coloración casi transparente.	4	Gases de escape presentan un color azul.	1	Anillos del pistón desgastados.	1	Presencia de aceite en la cámara de combustión.
				2	Retenes de válvulas en mal estado.	1	El aceite entra a través del vástago de la válvula a la cámara de combustión.
		5	Gases de escape presentan un color blanco.	1	Camisas de los cilindros fisuradas.	1	Fisura de camisa permite el pase de agua a la cámara de combustión.
				2	Manifold de escape con presencia de agua externa.	1	El agua que ingresa por el manifold de escape desciende hasta la cámara de combustión.
3	Contener al aire de admisión y a los gases de escape.	1	Incapaz de contener el aire de admisión y los gases de escape	1	Múltiple de admisión con fuga de aire por vibración del motor.	1	Pernos desajustados del múltiple de admisión ocasionan fugas de aire.
				2	El turbocompresor presenta fugas de aire.	1	Exceso de combustible en la cámara de combustión.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Hoja de información del sistema de alimentación.

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)							
HOJA DE INFORMACIÓN RCM							
SISTEMA	MOTOR MERCEDES BENZ OM-364A.		REALIZADO POR:		Zavaleta de la Cruz Cesar		HOJA 1
SUB-SISTEMA	ALIMENTACION		FECHA DE ANÁLISIS:		21/11/2020		DE 1
N°	FUNCIÓN	N°	FALLA FUNCIONAL	N°	MODOS DE FALLA (Posibles motivos)	N°	EFECTO DE FALLA (Que ocurre)
1	Abastecer e inyectar el combustible a las cámaras en el momento preciso para generar una correcta combustión.	1	Incapaz de inyectar el combustible a la cámara.	1	Cañería hacia los filtros de combustible obstruida.	1	El combustible impulsado por la bomba de transferencia no llega a los filtros.
				2	Filtros de combustible saturados	1	Los filtros no permiten el paso del combustible hacia las válvulas de regulación.
				3	Válvula de regulación atascada	1	La válvula de regulación atascada en su posición cerrada no permite el paso del combustible hacia los inyectores.
		2	Inyecta el combustible de una manera deficiente.	1	Filtros de combustible sucios	1	La suciedad en los filtros no permite el buen paso del combustible hacia los inyectores.
				2	Boquillas de los inyectores obstruidas	1	La obstrucción de algunos inyectores impide que el combustible llegue a las cámaras y que el motor trabaje a la potencia indicada.
				3	Boquillas de los inyectores desgastadas	1	Exceso de combustible en la cámara de combustión
				4	Mala sincronización del motor	1	La inyección del combustible de manera adelantada o retardada produce pérdida de potencia en el motor así como una mala combustión y pérdidas de combustible.
1	Bombear el combustible	1	Incapaz de bombear el combustible	1	Engranajes de la bomba de transferencia rotos	1	La bomba de transferencia no envía el combustible hacia las cámaras.
				1	Engranajes de la bomba de transferencia desgastados	1	La bomba no mantiene la presión necesaria.
				2	Cuerpo de la bomba desgastado	1	La bomba no mantiene la presión

2	a una presión normal de 50 a 75 PSI, con una presión máxima de trabajo de 125 PSI desde el tanque hasta las cámaras de combustión.	2	Bombee el combustible a una presión menor a 50 PSI	3	Válvula Bypass de la bomba de transferencia atascada en posición abierta.	1	Parte del combustible recircula por la bomba de transferencia impidiendo llegar a la presión requerida.
				4	Falta de combustible	1	La bomba no capta el combustible suficiente y succiona aire parcialmente.
		3	Bombee el combustible a una presión mayor a 125 PSI	1	Válvula Bypass de la bomba de transferencia atascada en posición cerrada.	1	La sobre presión en el sistema genera que el combustible empiece a fugar por la conexiones o inyectores.
				1	Incapaz de contener al combustible	1	Constantes fugas en las líneas de combustible ocasionan una baja presión del combustible y un elevado consumo del mismo.
3	Contener el combustible	1	Incapaz de contener al combustible	1	Líneas de combustible rotas o desajustadas	1	La presión del sistema genera que el combustible fugue por los sellos en mal estado.
				2	Sellos en los filtros en mal estado	1	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Hoja de información del sistema de refrigeración.

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)							
HOJA DE INFORMACIÓN RCM							
SISTEMA		MOTOR MERCEDES BENZ OM-364A.		REALIZADO POR:		Zavaleta de la Cruz Cesar	
SUB-SISTEMA		REFRIGERACIÓN		FECHA DE ANÁLISIS:		07/11/2020	
N°	FUNCIÓN	N°	FALLA FUNCIONAL	N°	MODOS DEFALLA (Posibles motivos)	N°	EFEECTO DE FALLA (Que ocurre)
1	Mantener la temperatura del refrigerante del motor entre los 79 y 85°C.	1	Temperatura del refrigerante por debajo de 79°C.	1	Termostato atascado en su posición abierta.	1	El refrigerante es enviado solo al radiador ocasionando que los componentes del motor no presenten una dilatación normal de trabajo al momento del arranque.
		2	Temperatura del refrigerante por encima de los 85°C.	1	Termostato atascado en su posición cerrada.	1	El refrigerante no pasa por el radiador y ocasiona un sobrecalentamiento del motor.
				2	Paneles del radiador sucios y obstruidos.	1	No se produce una buena transferencia de calor del refrigerante ocasionando un sobrecalentamiento del motor.
				3	Fajas del ventilador destempladas.	1	El eje del ventilador patina y no se produce una buena transferencia de calor ocasionando un sobrecalentamiento del motor.
				4	Falta de refrigerante en el sistema.	1	El refrigerante no enfría completamente todas las partes del sistema ocasionando un sobrecalentamiento del motor.
5	Concentración equivocada del refrigerante.	1	Desproporción en la combinación del agua con el aditivo ocasionando un sobrecalentamiento del motor.				
1	Incapaz de bombear el refrigerante	1	Incapaz de bombear el refrigerante	1	Rotura del eje del impulsor.	1	El refrigerante no circula por el sistema ocasionando un sobrecalentamiento del motor.
				2	Dientes del piñón de la bomba rotos.	1	No se produce la transferencia de movimiento a la bomba ocasionando que el refrigerante no circule por el sistema, aumentando la temperatura del motor.
				3	Alabes del impulsor de la bomba rotos.	1	La bomba pierde presión y no envía el refrigerante.

2	Bombear el refrigerante a las partes del sistema de refrigeración.	2	Bombea el refrigerante de manera defectuosa.	1	Sello de la bomba desgastado.	1	Fuga del refrigerante por el sello de la bomba ocasiona que el sistema pierda presión.
				2	Dientes del piñón de la bomba desgastados.	1	Se produce una transferencia de movimiento deficiente a la bomba ocasionando que el refrigerante no circule a la presión requerida por el sistema.
				3	Alabes del impulsor de la bomba desgastados.	1	La bomba pierde presión y no envía el refrigerante correctamente.
				4	Cavitación en el sistema.	1	El aire atrapado en el sistema ocasiona que la bomba no llegue a la presión requerida y que las burbujas implosionen causando erosión en las partes internas de la bomba y del motor.
				5	Tapón del radiador defectuoso.	1	El tapón del radiador no mantiene sellado el sistema ocasionando que pierda presión y que no refrigerere de manera adecuada.
3	Contener el refrigerante.	1	Incapaz de contener al líquido refrigerante.	1	Mangueras de circulación con fugas.	1	Abrazaderas desajustadas en conexiones de mangueras ocasionan una pérdida del refrigerante.
						2	Fisuras en tubos de circulación ocasionan pérdida del refrigerante.
				2	Paneles del radiador con fugas.	1	Fisuras en los paneles del radiador ocasionan pérdida del refrigerante.
				3	Sello del termostato roto.	1	Fuga por el sello del termostato ocasiona una pérdida del refrigerante.
				4	Empaquetadura de culata rota	1	El refrigerante fuga hacia el exterior ocasionando una pérdida del refrigerante.
2	El refrigerante fuga hacia la cámara de combustión ocasionando una mala combustión y sobrecalentamiento del motor por pérdida de refrigerante.						
5	Fisuras en los componentes interiores del sistema de refrigeración.	1	El refrigerante fuga hacia el exterior ocasionando una pérdida del refrigerante.				
		2	El refrigerante fuga hacia el interior del motor ocasionando sobrecalentamiento del motor.				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Hoja de decisión del sistema de lubricación.

A continuación, se elaboró las hojas de decisión para los sistemas del motor, donde se dará prioridad a las tareas más importantes.

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																	
HOJA DE DECISIÓN RCM																	
SISTEMA:				OR MERCEDES BENZ OM-364A.						REALIZADO POR:				Zavaleta de la Cruz Cesar		HOJA	1
SUB-SISTEMA				LUBRICACIÓN						FECHA DE ANÁLISIS:				14/10/2020		DE	1
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"			MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)	PERIODICIDAD G5/G4 (KM)	REALIZADA POR	
F.	F. F.	M. F.	E. F.	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	1	1	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio de filtros	7500	Personal de mantenimiento	
1	1	2	1	N	-	-	-	N	N	N	N	N	-	Ningún mantenimiento programado			
1	1	3	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Análisis de aceite.	7500	Personal de Inspección	

1	1	3	2	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	-	Análisis de aceite.	7500	Personal de Inspección
2	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	-	Revisar los componentes de la bomba	15000	Técnicos de Mercedes
2	2	2	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	Verificación de la presión del diferencial de aceite.	4	Conductor
2	2	3	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	-	Revisar el nivel del aceite en el Carter	8	Conductor
2	2	6	1	N	-	-	-	N	N	N	N	N	-	-	Ningún mantenimiento programado		
3	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	-	Inspección visual al comienzo de cada turno	8	Conductor

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Hoja de decisión del sistema de admisión

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																	
HOJA DE DECISIÓN RCM																	
SISTEMA:		MOTOR MERCEDES BENZ OM-364A.										REALIZADO POR:		Zavaleta de la Cruz Cesar		HOJA	1
SUB-SISTEMA		ADMISIÓN										FECHA DE ANÁLISIS:		15/11/2020		DE	1
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS				H1 S1	H2 S2	H3 S3	TAREAS "A FALTA DE"				MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)	PERIODICIDAD G5 / G4 (KM)	REALIZADA POR
F	F. F.	M. F.	E. F.	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	1	1	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Limpieza / Cambio de Filtro de aire	7500	Personal de Mantenimiento	
1	1	2	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Cambio de aceite y filtro de aceite	7500	Personal de Mantenimiento	
2	2	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Test de Compresión	A condición	Técnico Mercedes	
2	4	1	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la presión de aceite del motor	4	Conductor	
2	4	2	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificación del nivel de aceite en el Carter	8	Conductor	
2	5	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificación del nivel del agua en el radiador	8	Conductor	
2	5	2	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Ningún mantenimiento programado			
3	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspección de fugas de aire al inicio de cada turno	8	Conductor	
3	1	2	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspección de fugas de aire al	8	Conductor	

Tabla 27: Hoja de decisión del sistema de refrigeración.

AMFE (Análisis del Modos y Efectos de Falla)																	
HOJA DE DECISIÓN RCM																	
SISTEMA:				MOTOR MERCEDES BENZ OM-364A.						REALIZADO POR:				Zavaleta de la Cruz Cesar		HOJA	1
SUB-SISTEMA				REFRIGERACIÓN						FECHA DE ANÁLISIS:				07/11/2020		DE	1
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"				MODO DE CONTROL (Tarea propuesta)	PERIODICIDAD G5/G4 (Horas)	REALIZADA POR
F.	F. F.	M. F.	E. F.	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4				
1	1	1	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambio del termostato	100000	Personal de mantenimiento	
1	2	1	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la temperatura del agua en el sistema	4	Conductor	
1	2	2	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Limpieza externa del radiador	30000	Personal de mantenimiento	
1	2	3	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Templado de fajas y ajuste de pernos de chumaceras	20000	Personal de mantenimiento	
1	2	4	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar el nivel del refrigerante	8	Conductor	
1	2	5	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambio del refrigerante	90000	Personal de mantenimiento	
2	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar la bomba de refrigerante	100000	Técnico de Caterpillar	
2	2	5	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificación de la hermeticidad del tapón	40000	Personal de mantenimiento	
3	1	1	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar / Ajustar las mangueras	25000	Personal técnico.	
3	1	2	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Ningún mantenimiento Programado			
3	1	4	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Verificación de las fugas en los componentes del sistema.	8	Personal técnico.	
3	1	4	2	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Verificación de la temperatura del agua en el sistema	4	Conductor.	

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Determinar la nueva disponibilidad y confiabilidad con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite de las unidades.

Se elaboro un check list para evaluar el estado de las unidades y las condiciones de operación.

Tabla 28: Check list



**Empresa de Transportes
Nuevo California S.A.**

CHECK LIST

REVISADO POR: _____ N° INTERNO: _____ KILOMETRAJE / HOROMETRO: _____
 FECHA: _____ PATENTE: _____ MARCA, MODELO: _____

N°	SISTEMA ELECTRICO	BUENO	MALO	N/A	OBSERVACIONES
1	LUCES ALTAS				
2	LUCES BAJAS				
3	LUCES DE FRENO				
4	LUCES DE ESTACIONAMIENTO O POSICION				
5	FOCOS FALNERS TRASEROS Y/O MARCHA ATRÁS				
6	LUCES DIRECCIONALES				
7	LUCES DE EMERGENCIA				
8	LUZ PATENTE				
9	LUZ INTERIOR CABINA				
10	PANEL INSTRUMENTOS Y MARCADORES				
11	ALZAVIDRIOS				
12	ALARMA DE RETROCESO				
13	BATERIAS				
14	BOCINA				
15	RADIO BASE O HANDY				
16	BALIZA ESTROBOSCOPICA				
17	PÉRTIGA				
N°	SISTEMA MOTOR	BUENO	MALO	N/A	OBSERVACIONES
1	RUIDO EXTRAÑOS				
2	POTENCIA MOTOR				
3	FUGAS HIDRAULICAS				
4	FUGA DE REFRIGERANTE				
5	FUGA DE COMBUSTIBLE				
6	NIVEL ACEITE MOTOR				
7	NIVEL DE REFRIGERANTE				
8	ALARMAS (SONORA Y/O LUZ DE ADVERTENCIA)				
N°	SISTEMA DE TRANSMISION	BUENO	MALO	N/A	OBSERVACIONES
1	PALANCA SELECTORA MARCHA				
2	FUGA DE ACEITE DE CAJA, DIFERENCIAL O MANDOS				
3	RUIDO EXTRAÑO				
4	NIVEL DE LIQUIDO DE EMBRAGUE (SI APLICA)				
5	ESTADO DEL EMBRAGUE / SERVO				
N°	SISTEMA DE FRENOS	BUENO	MALO	N/A	OBSERVACIONES
1	NIVEL DEL LIQUIDO DE FRENOS (SI APLICA)				
2	PRESENCIA DE FUGAS DE AIRE Y/O LIQUIDO				
3	COMODIDAD DE FRENADO				
4	FRENO DE MOTOR / RETARDADOR				
5	FRENO DE ESTACIONAMIENTO				
N°	SISTEMA DE DIRECCIÓN	BUENO	MALO	N/A	OBSERVACIONES
1	NIVEL ACEITE DE DIRECCION				
2	FUGAS DE ACEITE DE DIRECCION				
3	ESTADO DE LA DIRECCION (USO DE FRENOS)				
4	RUIDO ANORMAL				

RESPONSABLE MANTENIMIENTO

CONDUCTOR

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: Plan de mantenimiento preventivo de los motores Mercedes Benz OM-364A, OM-904, OM-924.

Se recopiló la información obtenida en la hoja de información y la hoja de decisión del AMEF para determinar el plan de mantenimiento a los motores Mercedes Benz OM-364A, OM-904, OM-924. de la Empresa Nuevo California.

PLAN DE MANTENIMIENTO						
EQUIPO: MOTORES MERCEDES BENZ OM-364, OM-904, OM-924.						
OT	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE TAREA	PERIODICIDAD (KM)			REALIZADA POR
			OM-364	OM-904	OM-924	
A1	Admisión de aire escape	Limpieza / Cambio de filtros de aire	7500	7500	7500	Personal de mantenimiento
R1	Refrigeración	Limpieza externa del radiador	3000 0	30000	30000	Personal de mantenimiento
R2	Refrigeración	Inspeccionar el enfriador de aceite	2000 0	20000	20000	Personal de mantenimiento
R3	Refrigeración	Verificación de la hermeticidad del Tapón del radiador	4000 0	40000	40000	Personal de mantenimiento
R4	Refrigeración	Inspeccionar / Ajustar las abrazaderas de las mangueras	2500 0	25000	25000	Personal de mantenimiento

L1	Lubricación	Cambio de aceite	7500	7500	7500	Personal de Mantenimiento
L2	Lubricación	Limpieza del respiradero del Carter	100000	100000	100000	Personal de Mantenimiento
C1	Combustible	Cambio de filtros de combustible	7500	7500	7500	Personal de mantenimiento
A2	Admisión de aire Y escape	Inspección del turbocompresor	50000	50000	50000	Personal de mantenimiento
L3	Lubricación	Análisis de aceite.	7500	7500	7500	Personal de Inspección
C2	Combustible	Inspeccionar / Ajustar los inyectores	25000	25000	25000	Técnico de Mercedes
C3	Combustible	Calibración de válvulas e inyectores	45000	45000	45000	Técnico de Mercedes
R5	Refrigeración	Cambio del refrigerante	90000	3000	3000	Personal de mantenimiento
A3	Admisión de aire Y escape	Inspeccionar el intercooler	50000	50000	50000	Técnico de Mercedes
R6	Refrigeración	Cambio del termostato	100000	100000	100000	Personal de Mantenimiento

R7	Refrigeración	Inspeccionar la bomba de refrigerante	100000	1000000	1000000	Técnico de Mercedes
L4	Lubricación	Revisar los componentes de la bomba de aceite	150000	1500000	1500000	Técnico de Mercedes
C4	Combustible	Revisión de la bomba de transferencia	100000	1000000	1000000	Personal de mantenimiento
C5	combustible	Cambio de filtro separador	7500	7500	7500	Personal de mantenimiento
A4	Admisión de aire Y escape	Test de Compresión	condición	Condición	Condición	Técnico de Mercedes
L5	Lubricación	Cambio de filtro de aceite	7500	7500	7500	Personal de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Disponibilidad anual de los de los sistemas del motor OM-364 (chasis LO-812).

Se procedió a calcular la disponibilidad básicamente el sistema de lubricación, sistema que es el más crítico en todas las unidades.

Disponibilidad del sistema de lubricación.

Calculamos el tiempo medio de reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Numero de reparaciones}}$$

$$MTTR = \frac{220}{25} = 8.8 \text{ horas}$$

Calculamos la confiabilidad y el tiempo medio entre fallas (MTBF).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de produccion}}{\text{Numero de fallas}}$$

$$MTBF = \frac{4608 - 220}{25} = 175.5 \text{ horas}$$

Calculamos la disponibilidad.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100.$$

$$D = \frac{175.5}{175.5 + 8.8} \times 100 = 95.2\%$$

Disponibilidad del sistema de admisión.

Calculamos el tiempo medio de reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Numero de reparaciones}}$$

$$MTTR = \frac{50}{8} = 6.25 \text{ horas}$$

Calculamos el tiempo medio entre fallas (MTBF).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de produccion}}{\text{Numero de fallas}}$$

$$MTBF = \frac{4608 - 50}{8} = 569.75 \text{ horas}$$

Calculamos la disponibilidad.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100.$$

$$D = \frac{569.75}{569.75 + 6.25} \times 100 = 98.9\%$$

Disponibilidad del sistema de alimentación.

Calculamos el tiempo medio de reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Numero de reparaciones}}$$

$$MTTR = \frac{79}{6} = 13.16 \text{ horas}$$

Calculamos el tiempo medio entre fallas (MTBF).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de produccion}}{\text{Numero de fallas}}$$

$$MTBF = \frac{4608 - 79}{6} = 754.83 \text{ horas}$$

Calculamos la disponibilidad.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100.$$

$$D = \frac{754.83}{754.83 + 13.16} \times 100 = 98.28\%$$

Disponibilidad del sistema de distribución.

Calculamos el tiempo medio de reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Numero de reparaciones}}$$

$$MTTR = \frac{48}{4} = 12 \text{ horas}$$

Calculamos el tiempo medio entre fallas (MTBF).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de produccion}}{\text{Numero de fallas}}$$

Calculamos la disponibilidad.
 $MTBF =$ Calculamos

$$\frac{4608 - 48}{4} = 1140 \text{ horas}$$

$$D = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100.$$

$$D = \frac{1140}{1140 + 12} \times 100 = 98.95\%$$

Disponibilidad del sistema de refrigeración.

Calculamos el tiempo medio de reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Numero de reparaciones}}$$

$$MTTR = \frac{60}{10} = 6 \text{ horas}$$

Calculamos el tiempo medio entre fallas (MTBF).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de produccion}}{\text{Numero de fallas}}$$

$$MTBF = \frac{4608 - 60}{10} = 454.8 \text{ horas}$$

Calculamos la disponibilidad.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100.$$

$$D = \frac{454.8}{454.8 + 6} \times 100 = 98.69\%$$

Disponibilidad del sistema eléctrico.

Calculamos el tiempo medio de reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Numero de reparaciones}}$$

$$MTTR = \frac{12}{1} = 12 \text{ horas}$$

Calculamos el tiempo medio entre fallas (MTBF).

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total de produccion}}{\text{Numero de fallas}}$$

$$\text{MTBF} = \frac{4608 - 12}{1} = 4596 \text{ horas}$$

Calculamos la disponibilidad.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100.$$

$$D = \frac{4596}{4596 + 12} \times 100 = 99.73\%$$

Tabla 30: Disponibilidad anual de los sistemas del motor OM-364A (LO-812).

En la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos mediante los cálculos de disponibilidad en donde podemos observar que el sistema de lubricación es el sistema con más baja disponibilidad, 95.2% y el sistema eléctrico con más alta disponibilidad 99.7%, con respecto a los demás sistemas del motor. Datos obtenidos antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

MOTOR MERCEDES BENZ OM-364A(LO-812)						
SISTEMA	TO	TR	NºF	MTBF	MTTR	A
Lubricación	4608	220	25	175.5	8.8	95.2%
Admisión	4608	50	8	569.75	6.25	98.9%
Alimentación	4608	79	6	754.83	13.16	98.2%
Refrigeración	4608	60	10	454.8	6	98.6%
Eléctrico	4608	12	1	4596	12	99.7%

Tabla 31: Tiempos en horas programadas y no programadas actualmente.

En la siguiente tabla se muestra las horas programadas por la empresa para que la unidad trabaje y las horas no programadas en mantenimiento. Datos obtenidos antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

Horas programadas de las unidades	Horas no programadas de las unidades
4,608 horas/unidad *4 unidades = 18,432 horas totales	1079 horas
Tiempo programado para que sus unidades de la empresa nuevo california trabajen sin presentar fallas.	Tiempo perdido en reparaciones que actualmente se emplea en las unidades de la empresa nuevo california.

Fuente: Elaboración propia.

Calculamos el tiempo medio de reparación (MTTR).

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Numero de reparaciones}}$$

$$MTTR = \frac{1079}{115} = 9.38 \text{ horas}$$

Calculamos el tiempo medio entre fallas (MTBF).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de produccion}}{\text{Numero de fallas}}$$

$$MTBF = \frac{18432 - 1079}{115} = 150.89 \text{ horas}$$

Calculamos la disponibilidad total.


$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100.$$

$$D = \frac{150.89h}{150.89h + 9.38} \times 100 = 94.1$$

Tabla 32: Orden de trabajo antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo.

En la siguiente tabla se identificará los tipos de trabajos que se realizará, en que sistema se trabajará y los tiempos empleados en corregir las fallas antes de implementar el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite.

ORDEN DE TRABAJO

 Empresa de Transportes Nuevo California S.A.					
FECHA:		MODELO:			
SOCIO:		KILOMETRAJE:			
LUGAR:		PLACA:			
CHASIS:		INTERNO:			
N° MOTOR:		N° DE ORDEN DE TRABAJO:			
CONDUCTOR:		TELEFONO:			
TIPO DE TRABAJO		PROGRAMADO	TRABAJO REALIZADO		Mtto PREVENTIVO
		AUXILIO MECANICO			Mtto CORRECTIVO
SISTEMAS	ELECTRICO		DIRECCION	TRANSMISION	CABINA
	NEUMATICO		FRENOS	SUSPENSION	MOTOR
INCONVENIENTE ENCONTRADO					
REPUESTOS INSTALADOS		N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	N° DE PARTE
		2			
		3			
		4			
TRABAJOS EFECTUADOS					
RECOMENDACIONES TECNICAS					
OBSERVACIÓN					
HORA DE LLEGADA: __:__ AM/PM		HORA DE SALIDA: __:__ AM/PM		DURACION DEL TRABAJO (hrs): __	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Tiempos en horas de operación y frecuencia de fallas con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite de las unidades de la empresa Nuevo California S.A.

En la siguiente tabla se muestra la frecuencia de fallas y los tiempos empleados en reparar las fallas con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

UNIDADES	FRECUENCIA (vez/año)	TPR (Hrs/año)
MERCEDES BENZ LO 812	15	100
MERCEDES BENZ LO 915	10	80
MERCEDES BENZ LO 915	8	45
MERCEDES BENZ LO 916	5	30
TOTAL	38	255

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: Tiempo en horas programadas y no programadas de las unidades de transporte de la empresa Nuevo California S.A. con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

En la siguiente tabla se muestra las horas programadas por la empresa para que trabajen las unidades y el número de horas no programadas que son empleadas en corregir las fallas inesperadas.

Número de horas programadas	Número de horas no programadas
4,608 horas/unidad *4 unidades = 18,432 horas totales	255 horas
Tiempo programado para que sus unidades de la empresa Nuevo	Tiempo perdido en reparación con el plan de mantenimiento preventivo

California trabajen sin presentar fallas.	basado en análisis de aceite.
---	-------------------------------

Fuente: Elaboración propia.

Calculamos el tiempo medio de reparación (MTTR).

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Numero de reparaciones}}$$

$$MTTR = \frac{255}{38} = 6.71 \text{ horas}$$

Calculamos el tiempo medio entre fallas (MTBF).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total d produccion}}{\text{Numero de fallas}}$$

$$MTBF = \frac{18,432 - 255}{38} = 478.34 \text{ horas}$$

Calculamos la disponibilidad total.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100.$$

$$D = \frac{478.34}{478.34 + 6.71} \times 100 = 98.61.$$

Tabla 35: Orden de trabajo con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

En la siguiente tabla se identificará los tipos de trabajos que se realizará, en que sistema se trabajará y los tiempos empleados en corregir las fallas con el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite.

ORDEN DE TRABAJO

		Empresa de Transportes Nuevo California S.A.				
FECHA:		MODELO:				
SOCIO:		KILOMETRAJE:				
LUGAR:		PLACA:				
CHASIS:		INTERNO:				
N° MOTOR:		N° DE ORDEN DE TRABAJO:				
CONDUCTOR:		TELEFONO:				
TIPO DE TRABAJO		PROGRAMADO		TRABAJO REALIZADO		
		AUXILIO MECANICO				
				Mtto PREVENTIVO		
				Mtto CORRECTIVO		
SISTEMAS	ELECTRICO		DIRECCION		TRANSMISION	CABINA
	NEUMATICO		FRENOS		SUSPENSION	MOTOR
INCONVENIENTE ENCONTRADO						
REPUESTOS INSTALADOS		N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	N° DE PARTE	
		2				
		3				
		4				
TRABAJOS EFECTUADOS						
RECOMENDACIONES TECNICAS						
OBSERVACIÓN						
HORA DE LLEGADA: __:__ AM/PM		HORA DE SALIDA: __:__ AM/PM		DURACION DEL TRABAJO (hrs): __		

Fuente: Elaboración propia

4.5 Evaluar económicamente el nuevo plan implementado.

Con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite se reducirá los costos de mantenimiento.

Tabla 36: Costos por la implementación del plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

Ítem	Descripción	Costo (S/)
1.0	Mejoras en la Organización.	7000
1.1	Desarrollo de mejoras.	1000
1.2	Contratación de personal.	6000
2.0	Creación de registros y documentos.	300
2.1	Desarrollo de registros.	150
2.2	Desarrollo de documentos.	150
3.0	Identificación de máquinas y equipos.	1500
3.1	Desarrollo de codificación de máquinas y componentes.	1500
4.0	Plan de mantenimiento basado en análisis de aceite	2000
4.1	Desarrollo del plan de mantenimiento.	2000
5.0	Planeamiento de herramientas.	3200
5.1	Desarrollo de la planificación de herramientas.	100
5.2	Implementación de herramientas.	1200
5.3	Implementación de equipos de protección personal.	300
5.4	Implementación de útiles de oficina.	1600
6.0	Capacidad humana	2000

6.1	Costos de capacitaciones	2000
Costo Total por implementación de Gestión de Mantenimiento		16000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Costos por tiempos muertos del personal de mantenimiento antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

ACTIVOS	Nº HORAS	COSTO UNT S/ (h).	COSTO TOT S/(h).
TECNICO	6	7.5	45
SUPERVISOR	6	10	60
TOTAL	6	17.5	105

Fuente: Recursos humanos.

Tabla 38: Costos por tiempos muertos de mantenimiento antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

ACTIVOS	Nº HORAS	COSTO UNT S/. (h)	COSTO TOT S/. (h)
CONDUCTOR	6	5	30
PROD/BUS/DIA	6	20	120
LOCAL	6	3.3	19.8
HERRAMIENTAS	6	8.3	49.8
TOTAL	6	36.6	219.6

Fuente: recursos humanos.

Tabla 39: Costos de repuestos antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

OT	CANT	REPUESTO	COSTO UNT S/.	COSTO TOT S/.
A1	1	Turbo OM 924	2845	2845
	1	Empaq.Turbo	9	9
	2	Arandela	3	6
	4	Tuerca	12.75	51
	1	Filtro de aire	86.50	86.50
	1	Filtro de aceite	28.10	28.1
	1	Balde aceite	311.80	311.80
	1	Filtro separador	59.50	59.50
	1	Filtro de combustible	41.80	41.80
TOTAL				3440.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40: Costos totales por mantenimiento antes de implementar el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

COSTOS DE ACTIVOS PERSONAL DE MANTENIMIENTO	COSTOS DE ACTIVOS TIEMPOS MUERTOS	COSTOS DE REPUESTOS	COSTOS TOT.
105	219.6	3440.7	3765.3

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los costos generados en soles por realizar la inspección del estado del motor y la posterior orden de trabajo de mantenimiento preventivo por parte del personal técnico.

Se realiza una inspección inicial, etapa donde el técnico realiza una revisión general de los sistemas del motor y genera un diagnóstico acerca del estado de funcionamiento de los componentes del motor. Durante esta primera visita, el técnico ejecuta una limpieza general de los componentes, como también ajustes rápidos que son convenientes efectuar en ese momento.

Tabla 41: Costos de inspección personal de mantenimiento con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

ACTIVOS	Nº HORAS	COSTO UNTS/ (h).	COSTO TOT S/(h).
TECNICO	3	7.5	22.5
SUPERVISOR	3	10	30
TOTAL	3	17.5	52.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42: Costos por tiempos muertos de mantenimiento con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

ACTIVOS	Nº HORAS	COSTO UNTS/ (h).	COSTO TOT S/(h).
CONDUCTOR	3	5	15
PROD/BUS/DIA	3	20	60
HERRAMIENTAS	3	8.3	24.9
LOCAL	3	3.3	9.9
TOTAL	3	36.6	109.8

Prácticamente todas las actividades que el personal técnico ejecuta en esta etapa son sencillas, siendo realizadas por parte de taller como, por ejemplo, la limpieza

de los componentes por medio de una manguera con aire comprimido, para remover escoria, polvo y suciedad acumulada sobre los elementos, como también el ajuste de pernos, abrazaderas, ver en qué condiciones se encuentran las cañerías y mangueras, vitales para la disponibilidad del funcionamiento de la máquina.

Tabla 43: Costos de repuestos para el mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite para el motor.

CANT	REFERENCIA	DESCRIPCION	PRECIO UNI.
1	15w/40	Balde de aceite	311.80
1	D-36	Filtro de combustible	41.80
1	D-28	Filtro de aceite	28.10
1	WK-1060	Filtro separador	59.50
1	C20-457	Filtro de aire	86.50
TOTAL			527.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Costos en horas con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite cada 7500 km.

OT	OT REALIZADAS	REPUESTOS	ACTIVOS	ACTIVOS	PARADA
A1	Cambio de filtro de aire	86.50	Tecnico nuevo california	7.5	597.6
C1	Cambio de filtro de combustible	418	Supervisor	10	
L1	Cambio de aceite motor	311.80	Conductor	6.6	
L3	Muestreo de aceite	00.0	Prod/bus/día	20.8	
L5	Cambio de filtro de aceite	28.10	Local	3.3	
C5	Cambio de filtro separador	59.50	Tecnico divemotor	25	

Fuente: Elaboración propia.

En base al estimado del número de veces que se realizaran los trabajos requeridos se proyecta los costos generales (repuestos, equipos requeridos y consumibles) tal

como se muestra en las tablas,42,43 y se proyectan los costos de mano de obra tal como se muestra en la tabla 41.

Se proyecta en la recuperación de la inversión en un año, cuya inversión que fue realizada por la empresa nuevo california, en la implementación del plan de mantenimiento preventivo basado an análisis de aceite.

Tabla 45: Post test cualitativo del mantenimiento de las unidades de la empresa Nuevo California S.A.

Se evaluó un post test, para conocer el grado de impacto que tendría el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite; éste se realizó al personal de la empresa Nuevo California S.A., formado por 3 técnicos mecánicos,1 supervisor y el administrador (propietario). Asimismo, la empresa cuenta con 4 conductores que operan las unidades. Por lo consiguiente el número de personas evaluadas son 9.

N°	Pregunta	Muy bueno	Bueno	Malo	Muy malo	Puntaje	Promedio
		1	2	3	4		
1	¿Usted cree que el actual plan de mantenimiento es eficiente para las unidades de transporte?	0	0	6	2	26	2.88
2	¿Las unidades cumplen con las metas de producción establecidas por la empresa?	0	4	6	5	46	5.1
3	¿Cree usted que las fallas ocasionadas en las unidades de transporte se deben a la deficiente organización del área de mantenimiento?	0	2	1	8	39	4.3
4	¿Cree usted que los técnicos tienen conocimiento en mantenimiento preventivo?	0	0	8	6	48	5.3
5	¿Cree usted que los conductores tienen conocimiento de las buenas prácticas del mantenimiento?	0	3	6	7	52	5.77
6	¿Creé usted que los actuales registros (check list) permiten un buen control del mantenimiento?	0	0	5	8	47	5.22
7	¿Cree usted que la empresa tiene una buena planeación del mantenimiento para sus unidades?	0	0	0	10	40	4.44
8	¿Cree usted que existe una buena comunicación entre técnicos y operadores respecto a la práctica del mantenimiento?	0	0	7	8	53	5.88
TOTAL		0	9	39	54	351	38.89

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

En la presente tesis se busca desarrollar un plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite para los motores Mercedes Benz de la empresa Nuevo California SA.

- Se evaluó en el año 2020, la disponibilidad de 4 buses Mercedes Benz de la empresa Nuevo California S.A, buses que prestan el servicio urbano en la ciudad de Trujillo. Usando la técnica de observación, se evaluó el funcionamiento de los sistemas del motor básicamente, en donde se encontró al sistema de lubricación, como el sistema más crítico, sistema donde se presenta la mayor frecuencia de fallas, en todas las unidades. En la unidad Mercedes Benz modelo LO-812, por tener mayor recorrido (kilometraje) y la falta de mantenimientos preventivos, se presentan con mayor frecuencia las fallas y el tiempo empleado en corregir las fallas son mayores, caso contrario se da en la unidad Mercedes Benz modelo LO-916 por tener menor recorrido (kilometraje). Estas fallas por falta de plan de mantenimiento preventivo, también se presentaron en las unidades que estudio (Arévalo, 2015, p.11). En su trabajo de investigación, siendo las fallas más comunes en las unidades.
- Con el estudio de criticidad, siendo una estrategia sumamente valida que permite enfocar las tareas de mantenimiento sobre los equipos que requieren el mayor nivel de atención de parte del personal de mantenimiento, el desarrollo de tareas de mantenimiento, como la realización de procesos preventivos sobre los buses que están operando correctamente y por consiguiente dejar de lado a otros que requieren una intervención inmediata, trae como consecuencia la perdida de recursos humanos, técnicos y económicos. Situación no aceptable dentro de una empresa donde el personal debe ser más hábil, principalmente en la detección y corrección de las causas que generan el desgaste que conducen al fallo de los buses, el aprovechamiento de los recursos es una de los principales objetivos de contar con un adecuado proceso de mantenimiento. Este estudio de análisis de criticidad, también lo realizó (Huancaya, 2016, p.37). Logrando identificar la unidad crítica de la flota que estudio.
- Se evaluó los reportes de análisis de aceite de las fallas presentadas en el sistema de lubricación información que nos permitirá elaborar tareas preventivas, buscando tener mayor disponibilidad de las unidades, en los

reportes antes mencionados, en la tabla 19 nos muestra en un primer reporte al diésel como contaminante en donde el aceite pierde sus propiedades de lubricación, enfriamiento y en el segundo reporte que lo encontramos en la tabla 20, donde muestran como contaminante al cobre proveniente del desgaste de los cojinetes de bancada, biela y a cientos del cigüeñal , producidos por el ingreso de tierra (silicio) en la parte interna del motor. . Estos resultados son parecidos a los resultados encontrados por (Arevalo,2015, p.79), donde pudo identificar, la cantidad ppm en el aceite y determinar el contaminante e implementar tareas preventivas, con lo cual se corrobora que los informes presentados son válidos.

- En base a la hipótesis general de esta investigación: Con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite mejorará la disponibilidad de los motores Mercedes Benz de las unidades de la empresa Nuevo California S.A, se realizó el análisis de los históricos de falla de los motores determinando los tiempos de reparación y frecuencia de fallas, realizando el cálculo de la disponibilidad determinando los porcentajes correspondientes al 2020, para luego mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite se pudo demostrar que la disponibilidad aumentó en un 4.47%, tanto de cada motor así como del sistema, aumentó con respecto al promedio de la evaluación inicial. Este aumento también se refleja en el trabajo de (Alvarez,2018, p.56). Donde implemento un plan de mantenimiento preventivo en las unidades que estudió.
- Se evaluó los costos de mantenimientos actuales y los costos con el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite. En base al número de veces que se realizaran los trabajos requeridos, proyectando los costos generales (repuestos, equipos requeridos y consumibles) y proyectando los costos de mano de obra. Inversión que se recuperaría en termino de un año de haber implementado el plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite. Esta reducción de costos por mantenimiento se vio reflejados en el trabajo de (Huancaya,2016, p.82). Una vez implementado el plan de mantenimiento, principalmente en la compra de repuestos.

VI. CONCLUSIONES

- Se lograron reducir, los tiempos de reparación en un 76% y la frecuencia de fallas disminuyó en un 66% al año.
- Se logró identificar, a la unidad más con más índice de criticidad, siendo la unidad Mercedes Benz modelo LO-812 y la unidad Mercedes Benz modelo LO-916 la menor índice de criticidad.
- Se logró identificar, los resultados de los muestreos de aceite realizados a los buses, logrando de esta manera identificar las causas de las fallas presentadas entre las más perjudiciales se encontró, disolución de diésel con el aceite y presencia de partículas de silicio (tierra, polvo), por ausencia de un mantenimiento preventivo en el sistema de admisión, (filtro de aire).
- Se logró aumentar la disponibilidad en un 4.47%, con la implementación de las tareas de mantenimiento adecuadas descritas en las hojas de decisión, en un tiempo de 6 meses de haber sido implementado el plan de mantenimiento basado en análisis de aceite.
- Se lograron reducir los costos de mantenimiento y se demostró la factible recuperación de la inversión, de 16000 soles en un año, inversión propia de la empresa nuevo California, para la implementación del plan de mantenimiento preventivo basado un análisis de aceite.

VII. RECOMENDACIONES

- En trabajos futuros se recomienda realizar el mantenimiento preventivo usando la herramienta de análisis de aceite, teniendo en cuenta que los técnicos y demás personas involucradas deberán ejecutar las labores de manera ordenada y correcta, teniendo conocimiento en la interpretación de los resultados, de esta forma propondrán actividades preventivas, logrando la mayor disponibilidad de los equipos.
- A fin de mejorar el proceso para la obtención de la disponibilidad, se recomienda el compromiso del conductor de los buses para realizar la toma de los siguientes datos: horas de operación, tiempo de reparación del equipo, número de fallas en un periodo de tiempo, ocurrencias del día a día y soluciones que se dieron en el caso de una falla.
- Con el fin de obtener el mejor resultado del análisis de modos y efectos de falla, se recomienda ser específico al determinar el modo de falla de una falla funcional de manera que sea posible tener un manejo de fallas para la toma de acciones y reducir los tiempos del análisis de cada modo de falla.
- Se debe identificar de manera correcta que tipo de falla se está evaluando, ya sea una falla evidente o una falla oculta, para así poder evaluar el tipo de tarea que se debe implementar, sobre todo en las tareas que presentan fallas que el operador no las puede percibir
- Se sugiere realizar análisis de aceite respetando las horas estipuladas en los catálogos de mantenimiento de cada unidad para determinar el grado de contaminación en ppm (partes por millón) de hierro contenido, (alto nivel de silicio, alto nivel de agua, sodio, potasio, etc., con la finalidad de proponer intervalos de lubricación óptimos.
- Se recomienda investigar el comportamiento de la unidad vehicular Mercedes-Benz en base al historial de la velocidad de rotación del motor la cual se registra en la unidad de control electrónico del vehículo, (ECU).
- Se recomienda aplicar la metodología del trabajo realizado en otras realidades para aumentar la disponibilidad en flotas similares.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguayo, C. 2018 Propuesta De Programación Y Control Para La Mejora De Operaciones De Una Empresa De Transporte De Personal Arequipa.

A.M. del Castillo-Serpa 2009, M.L. Brito-Ballina, E. Fraga-Guerra.

Coronado, J. 2016 Diseño Del Plan De Mantenimiento Para Flota Vehicular En Empresa Dedicada Al Rubro Medio Ambiental.

Christian Guillermo Huancaya Mena 2016 Mejora de la disponibilidad mecánica y confiabilidad operacional de una flota de cosechadoras de caña de azúcar de 40 t/h de capacidad.

David Aníbal Erazo Cerón 2012. Programa de Mantenimiento para la Flota de Unidades de Transporte Cóndores del Valle y Diseño de la Planta de su Taller Automotriz. Quito, Ecuador.

David Alejandro Arévalo Avalos 2015, propuesta de mejora para el mantenimiento del equipo pesado de la constructora Coandes S.A. basado en un análisis de aceite usado en los motores de combustión interna diésel.

David Gonzales calleja 2015, Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de motores térmicos.

Esteban José Domínguez 2014, Julián Ferrer Ruiz, Mecánica del vehículo, Transporte y mantenimiento del vehículo.

Galeano, F. (2018) Indicadores de Gestión de Mantenimiento.

Hermógenes Gil 2007 sistemas de inyección diésel.

Juan David Montes Villada 2013. Diseño de un Plan de Mantenimiento para la Flota Articulada de Integra S.A. Usando Algunas Herramientas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Pereira-Colombia.

Maldonado Diaz Cristian Eduardo, 2010 Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de motores diésel basados en análisis de aceite.

Marco Sebastián Manzano Vera 2019 Plan de mejora en procesos de mantenimiento para la flota de vehículos pesados.

Normas ISO. 2018. ISO 14001 gestión medioambiental. Normas ISO.

PAYRI F, DESANTE J 2011. Motores de combustión Interna Alternativos. Reverte S.A, Barcelona.

Paula Andrea Calderón Camacho Mayra Daniela López Álvarez 2016 Plan de monitoreo y control a través de los análisis de aceite para motor y transmisión de vehículos articulados mercedes para la empresa sistemas operativos móviles - SOMOS K. S. A.

Raúl Humberto Alvares Caycho 2018 plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad en los motores Caterpillar 3516 de los grupos electrógenos de una refinería de petróleo IQUITOS – PERÚ.

Rolf Iserman 2018 Combustion Engine Diagnosis: Model-based Condition Monitoring of Gasoline and Diesel Engines and their Components (ATZ/MTZ-Fachbuch).

Ronal de Jesús Guevara Mendoza Peter Alberto Osorio Izaquita 2014 Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para una empresa prestadora de servicio de transporte interdepartamentales.

Tecsup 2002. Planificación y Programación del Mantenimiento.

IX. ANEXOS

Anexo 1: Ingreso de unidad a taller de la empresa Divemotor por falla crítica



Anexo 2: Mantenimiento inapropiado



Anexo 3: Aceite de motor degradado



Anexo 4: Inspección visual de las unidades



Anexo 5: Fugas de aceite del motor



Anexo 6: Indicador de nivel de aceite del motor



Anexo 7: Seguimiento de las unidades



Anexo 8: Reporte de análisis de aceite contaminante (cobre)

Límites tentativos de desgaste. ppm
(Motor)

Metales	Caterpillar	Cummins	Mack	General
Silicio	16 - 20	16 - 20	16 - 20	16 - 20
Hierro	71 - 100	71 - 100	161 - 190	161 - 190
Cobre	16 - 30	31 - 50	36 - 55	31 - 50
Plomo	24 - 40	31 - 50	51 - 70	31 - 50
Aluminio	16 - 20	16 - 20	16 - 20	16 - 20
Cromo	11 - 15	11 - 15	16 - 20	11 - 20
Estaño	6 - 15	6 - 15	6 - 15	6 - 15

Mobil
Distribuidor

Anexo 9: Tabla de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Independiente Plan de mantenimiento preventivo.	Denominado también "mantenimient o planificado", tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema (Montes, 2013).	Programa realizado para la realización de los procesos de mantenimiento.	Análisis de modo y efecto de falla.	Número de posibles fallas.	Horas/ intervalos
			Selección de tareas en la hoja de decisión.	Tipo de tarea y periodo.	hoja de decisión.
Dependiente Disponibilidad de los buses.	Porcentaje del tiempo en que las unidades están listas para funcionar y producir (Núñez, 2018).	Expresa la operatividad que tendrán los buses para estar operativos.	Tiempos de reparación	MTTR (tiempo medio en reparación).	Horas
			Frecuencia de fallas	MTBF (tiempo medio entre fallas).	Horas

Anexo 10: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Observación del sistema	Ficha de registro de fallas.
Análisis documental	Registro de reparaciones de fallas.
Entrevista	Encuesta al personal de operación
	Test al personal de mantenimiento

Anexo 11: Revisión técnica de las unidad crítica con el nuevo plan de mantenimiento

CERTIFICADO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR
 Certificado N° C-2021-155-305-004411

Tipo de Inspección		Estado del Vehículo		Fecha de Inspección		Lugar de Inspección		Código	
I. CARACTERÍSTICAS DEL VEHICULO									
1. Modelo	2. Marca	3. Categoría	4. Motor	5. Año de fabricación	6. Descripción	7. Placa de Motor	8. Placa de Chasis	9. Año de Inspección	10. Fecha de Emisión
11. Cilindros	12. Cilindros	13. Placa de Motor	14. Placa de Chasis	15. Placa de Motor	16. Placa de Chasis	17. Placa de Motor	18. Placa de Chasis	19. Placa de Motor	20. Placa de Chasis
II. DATOS DE LOS EQUIPOS									
Equipos	Presión	Temperatura	Velocidad	Capacidad de Tanques	Equipamiento	Estado de Conservación	Observaciones		
III. RESULTADOS OBTENIDOS									
PRUEBA DE EMISIÓN			PRUEBA DE FRENO			PRUEBA DE SUSPENSIÓN			
Velocidad	Temperatura	Presión	Velocidad	Temperatura	Presión	Velocidad	Temperatura	Presión	Velocidad
Velocidad	Temperatura	Presión	Velocidad	Temperatura	Presión	Velocidad	Temperatura	Presión	Velocidad
IV. DEFECTOS ENCONTRADOS									
DESCRIPCIÓN DE DEFECTOS ENCONTRADOS									
CLASIFICACIÓN									
CERTIFICADORA ARJUNA S.A.C.									
DG-272-026935									
V. RESULTADO DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR									
Resultado de la Inspección	Ejemplar del certificado		Fecha de la próxima Inspección		Firma del Ingeniero Supervisor				
APROBADA	4 MESES		30/03/2021		Firma del Ingeniero Supervisor				

Anexo 12: Encuesta al personal técnico de la empresa nuevo california

Cuestionario de encuesta a los Técnicos encargados del mantenimiento de los buses de la empresa nuevo california S A. – Trujillo

Por favor sírvase contestar con la verdad a cada una de las siguientes preguntas marcando con una X o detallando lo solicitado. Su información es importante para la empresa y será registrada en forma anónima.

Cargo: Años de experiencia en el cargo:
.....

1. ¿Su situación laboral en la empresa es?
 - a) Estable
 - b) Contratado eventual
2. ¿Cuál es su Nivel de Instrucción?
 - a) Básico
 - b) Técnico
 - c) Universitario
3. ¿La empresa siempre tiene unidades disponibles para cumplir con el servicio que ofrece?
 - a) Si
 - b) No
 - c) A veces
4. ¿Cómo considera Ud. al servicio que brinda esta empresa?
 - a) Confiable
 - b) Confiabilidad media
 - c) No confiable
5. ¿Existe en la empresa un departamento encargado del mantenimiento de los vehículos?
 - a) Sí
 - b) No
6. ¿Conoce usted algunos tipos de mantenimiento?
 - a) Mantenimiento preventivo

- b) Mantenimiento correctivo
- c) No conozco

7. Los cambios de aceite, filtros, engrase se realizan:
- a) Cuando los conductores lo creen conveniente
 - b) Cuando las unidades empiezan a fallar
 - c) De acuerdo a una programación
8. Las reparaciones menores se hacen:
- a) Por los conductores, en cualquier lugar
 - b) Por el mecánico encargado, en el taller de la empresa
 - c) Fuera de la empresa, en talleres particulares
 - d) Otro (indique).....
9. Las reparaciones mayores se hacen:
- a) Por el mecánico encargado, en el taller de la empresa
 - b) Fuera de la empresa, en talleres particulares
10. ¿Para realizar las actividades de mantenimiento en la empresa se cuenta con los materiales, repuestos, herramientas y equipos necesarios?
- a) Siempre
 - b) A veces
 - c) Nunca
11. ¿En los mantenimientos que se realizan, se controla?
- a) La calidad
 - b) Los tiempos
 - c) Los costos
 - d) No se controla nada
12. ¿Se planifica el mantenimiento de las unidades de la empresa?
- a) Sí
 - b) No
13. ¿Se brinda capacitación técnica a los conductores y mecánicos?
- a) Solo a los conductores
 - b) Solo a los mecánicos
 - c) A los conductores y mecánicos

d) A ninguno

14. ¿Estaría dispuesto a recibir una capacitación para mejorar las actividades de mantenimiento de los vehículos de la empresa?

a) Sí

b) No

15. ¿La empresa cuenta con formatos para el registro y control de equipos, repuestos y herramientas?

Sí..... No.....

Gracias por su
colaboración.

Anexo 13: Encuesta a los conductores

**Cuestionario de encuesta a los conductores de los buses de la empresa
Nuevo California S A – Trujillo.**

Por favor sírvase contestar con la verdad a cada una de las siguientes preguntas marcando con una X o detallando lo solicitado. Su información es de mucha para la empresa y será registrada en forma anónima.

Vehículo a su cargo:

Tipo: Número de asientos:
.....

Marca: Modelo.....

1. ¿Cuál es su situación laboral?
 - a) Permanente
 - b) Eventual
2. Tipo de licencia de conducir:
 - a) Clase A Categoría III-A
 - b) Clase A Categoría III B
 - c) Clase A Categoría III C
 - d) Otra (Indicar).....
3. ¿Se realiza un mantenimiento de las unidades de la empresa?
Sí..... No.....
4. Como considera usted, para mantener el perfecto estado de funcionamiento de los buses en la empresa ¿Es la más adecuada o de buena calidad?
Sí..... No.....
5. ¿Existe un plan de mantenimiento claramente definido?

Sí..... No.....

6. ¿Los cambios de aceite, filtros, engrases, etc..., dónde se realizan?
- a) En el lugar de trabajo
 - b) En el taller de la empresa
 - c) En taller privado
7. ¿Ante pequeñas averías sabe usted darle solución inmediata?
- a) Siempre
 - b) A veces
 - c) Nunca
8. ¿El mantenimiento especializado y reparaciones mayores, se realiza?
- a) En el lugar de trabajo
 - b) En el taller de la empresa
 - c) En taller privado
9. ¿Conoce cuándo un vehículo necesita un mantenimiento especializado?
- Sí..... No.....
10. ¿La empresa lleva un control de los equipos, repuestos y herramientas que se encuentran a su cargo?
- Sí..... No.....
11. ¿Tiene información técnica de los equipos y repuestos que están a su cargo?
- Sí..... No.....
12. ¿Existe una buena relación entre el personal de mantenimiento y usted permitiéndole cumplir a cabalidad su función?
- Sí..... No.....
13. ¿Considera usted que los materiales, herramientas, equipos y repuestos que se encuentran en almacén son suficientes

para cumplir con el mantenimiento de las unidades?

Sí..... No.....

14. ¿Estaría usted dispuesto a recibir una capacitación para mejorar las actividades de mantenimiento de los vehículos de la empresa?

Sí..... No.....

15. Calidad de repuestos que instala en los buses.

- a) Muy buena calidad
- b) Regular calidad
- c) Baja calidad

Gracias por su colaboración