

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MOTOR CUMMINS  
ISX/450HP/15L EN LA EMPRESA “SERVI DIESEL COLOMBIA” DE DUITAMA  
(BOYACÁ)

FABIAN LEONARDO MONROY ALVARADO  
JUAN DAVID VELOZA GONZALEZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C.  
2020

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MOTOR CUMMINS  
ISX/450HP/15L EN LA EMPRESA “SERVI DIESEL COLOMBIA” DE DUITAMA  
(BOYACÁ)

FABIAN LEONARDO MONROY ALVARADO  
JUAN DAVID VELOZA GONZALEZ

Proyecto Integral de Grado para optar el título de:  
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA  
BOGOTÁ D.C.  
2020

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado  
Ing. Edgar Arturo Chala Bustamante

---

Firma del jurado  
Ing. Claudio Alberto Moreno Arias

Bogotá D.C., septiembre de 2020.

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

**Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA**

Consejero Institucional

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectora Académica y de Investigación

**Dra. MARÍA CLAUDIA APONTE GONZÁLEZ**

Vicerrector Administrativo y Financiero

**Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARALDA CASTRO**

Secretaria General

**Ing. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN**

Decano de la Facultad de Ingenierías

**Ing. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI**

Director Programa de Ingeniería Mecánica

**Ing. CARLOS MAURICIO VELOZA**

Las directivas de la Fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a la autora.

## DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado principalmente a Dios, por iluminarme, guiarme en las diferentes adversidades y darme fuerzas para poder cumplir todas mis metas y sueños. A mi padre Saul Monroy Pedraza por su apoyo a lo largo de este proyecto, a mi madre Rita Alvarado García por brindarme todo su apoyo, confianza y amor. A mis hermanos por el apoyo y consejos brindados a lo largo de esta etapa.

Fabian Leonardo Monroy Alvarado

## DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar este proyecto a Dios, por darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida; en segunda lugar, dedico este proyecto a mis papás Helver y Astrid, que desde el comienzo me han brindaron su apoyo incondicional, permitiéndome haber alcanzado este importante logro personal y culminado mi proceso como estudiante universitario. A mi hermano que han sido una persona incondicional, que con su apoyo a lo largo de la carrera me ha permitido terminar la carrera como Ingeniero Mecánico.

Juan David Veloza Gonzalez

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>18</b>
<b>1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b>	<b>20</b>
<b>1.1 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>20</b>
<b>1.2 PERSONAL</b>	<b>20</b>
<b>1.3 MISIÓN</b>	<b>21</b>
<b>1.4 VISIÓN</b>	<b>21</b>
<b>1.5 PROCESO PRODUCTIVO</b>	<b>21</b>
<b>1.6 MOTOR CUMMINS ISX</b>	<b>21</b>
1.6.1 Componentes del motor.	22
<b>1.7 SUBSISTEMAS</b>	<b>23</b>
1.7.1 Admisión de aire.	23
1.7.2 Combustible.	25
1.7.3 Lubricación.	27
1.7.4 Escape.	29
1.7.5 Enfriamiento.	31
1.7.6 Sistema Eléctrico.	35
1.7.7 Sistema Motriz.	39
<b>1.8 SELECCIÓN DEL MOTOR</b>	<b>42</b>
1.8.1 Selección del vehículo.	42
1.8.2 Tipo de criterio.	45
<b>2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SUBSISTEMAS DEL MOTOR CUMMINS/ISX/450HP</b>	<b>46</b>
<b>2.1 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS COMPONENTES DEL MOTOR CUMMINS ISX/450/15L</b>	<b>46</b>
2.1.1 Análisis de criticidad de los subsistemas del motor Cummins ISX/450/15L.	49
<b>2.2 DIAGNOSTICO GLOBAL DE FALLAS DEL MOTOR CUMMINS ISX</b>	<b>53</b>
2.2.1 Historial de fallas.	53
2.2.2 Procedimientos y técnicas de diagnóstico de fallas.	53
<b>2.3 FALLAS GLOBALES DEL MOTOR CUMMINS ISX</b>	<b>54</b>
2.3.1 Diagnóstico fallas globales del motor Cummins ISX.	55
<b>2.4 DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE LOS SUBSISTEMAS CRÍTICOS DEL MOTOR CUMMINS ISX</b>	<b>57</b>
<b>2.5 SELECCIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>63</b>



2.5.1 Tipos de mantenimientos preventivos.	63
2.5.2 Criterios de selección plan de mantenimientos.	67
2.5.3 Criterios.	68
<b>3. ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO ADECUADO PARA EL MOTOR CUMMINS ISX/450HP/15L</b>	<b>72</b>
<b>3.1 Indicadores de mantenimiento</b>	<b>72</b>
3.1.1 Selección de indicadores.	72
3.1.2 Evaluación de indicadores.	73
<b>3.2 CODIFICACIÓN DEL EQUIPO SELECCIONADO</b>	<b>74</b>
3.2.1 Codificación subsistemas y componentes del motor Cummins ISX.	75
<b>3.3 FUNCIONES DEL MOTOR CUMMINS ISX</b>	<b>78</b>
3.3.1 Funciones subsistemas.	78
<b>3.4 FALLOS DE LOS SUBSISTEMAS</b>	<b>80</b>
3.4.1 Clasificación fallos de los subsistemas.	80
<b>3.5 CAUSAS DE FALLA</b>	<b>81</b>
3.5.1 Causa modos de falla-diagrama de Pareto.	81
<b>3.6 TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS PARA MOTOR CUMMINS ISX</b>	<b>94</b>
3.6.1 Tareas de mantenimiento y su clasificación.	95
3.6.2 Procedimiento tareas de mantenimiento.	99
<b>3.7 CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS</b>	<b>101</b>
<b>4. ELABORAR FORMATOS DE MANTENIMIENTO, FICHA TÉCNICA, SOLICITUD DE TRABAJO, ORDEN DE TRABAJO, HOJA DE VIDA Y UN CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL MOTOR CUMMINS ISX/450HP/15L</b>	<b>106</b>
<b>4.1 ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>106</b>
<b>4.2 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO</b>	<b>106</b>
4.2.1 Diseño del programa de mantenimiento.	106
4.2.2 Planeación del mantenimiento.	107
4.2.3 Programación del mantenimiento.	107
<b>4.3 FORMATOS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>112</b>
4.3.1 Sistema de información.	112
<b>4.4 BENEFICIOS DE ESTANDARIZAR</b>	<b>117</b>
<b>5. ELABORAR ANÁLISIS AMBIENTAL Y DE COSTOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>118</b>

<b>5.1 ANÁLISIS AMBIENTAL</b>	<b>118</b>
<b>5.2 RIESGOS AMBIENTALES</b>	<b>118</b>
5.2.1 Matriz de evaluación.	118
<b>5.3 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>124</b>
5.3.1 Proyección de costos.	126
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>131</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>132</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>133</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>135</b>

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro. 1. Ranking de ventas por marcas tracto camión.	42
Cuadro. 2 Flujo de entrada vehicular.	45
Cuadro. 3 Clasificación de componentes.	46
Cuadro. 4 Factores de evaluación análisis de criticidad.	49
Cuadro. 5 Análisis de criticidad subsistema admisión de aire.	50
Cuadro. 6 Análisis de criticidad subsistema de lubricación.	51
Cuadro. 7 Análisis de criticidad subsistema escape.	51
Cuadro. 8 Análisis de criticidad subsistema eléctrico.	51
Cuadro. 9 Análisis de criticidad subsistema combustible.	52
Cuadro. 10 Análisis de criticidad subsistema enfriamiento.	52
Cuadro. 11 Análisis de criticidad subsistema motriz.	52
Cuadro. 12 Diagnóstico de fallas y causas presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente.	55
Cuadro. 13 Diagnóstico de fallas y causas del compresor de aire se cicla (denominación de que un compresor enciende y apaga de continuo) frecuentemente.	56
Cuadro. 14 Diagnóstico de fallas y causas del ruido del compresor de aire es excesivo.	56
Cuadro. 15 Diagnóstico de fallas y causas del compresor de aire bombea aceite lubricante excesivo dentro del subsistema de aire.	57
Cuadro. 16 Diagnóstico fallas del subsistema de lubricación.	58
Cuadro. 17 Diagnóstico fallas del subsistema de combustible.	60
Cuadro. 18 Matriz de alternativas RCM.	69
Cuadro. 19 Matriz de alternativas PMO.	69
Cuadro. 20 Matriz de alternativas TPM.	70
Cuadro. 21 Matriz de alternativas AMEF.	70
Cuadro. 22 Partes del sistema de codificación.	75
Cuadro. 23 Codificación de los subsistemas.	75
Cuadro. 24 Codificación de los componentes subsistemas de admisión.	76
Cuadro. 25 Codificación de los componentes subsistemas de combustión.	76
Cuadro. 26 Codificación de los componentes subsistemas eléctrico.	76
Cuadro. 27 Codificación de los componentes subsistemas de lubricación.	77
Cuadro. 28 Codificación de los componentes subsistemas de enfriamiento.	77
Cuadro. 29 Codificación de los componentes subsistemas de escape.	77
Cuadro. 30 Funciones del sistema de Lubricación.	78
Cuadro. 31 Funciones del sistema Eléctrico.	79
Cuadro. 32 Funciones del sistema de Enfriamiento.	80
Cuadro. 33 Clasificación de fallas de los subsistemas.	81
Cuadro. 34 Clasificación de fallas de los subsistemas.	81
Cuadro. 35 Fallos funcionales de los subsistemas.	83
Cuadro. 36 Datos diagrama de Pareto de los fallos funcionales.	89
Cuadro. 37 Fallas técnicas de los subsistemas.	90

Cuadro. 38 Tareas de mantenimiento.	96
Cuadro. 39 Pasos a seguir tareas diarias de mantenimiento.	99
Cuadro. 40 Pasos a seguir en las tareas de reparación o reemplazo.	101
Cuadro. 41 Clasificación de repuestos.	103
Cuadro. 42. Sistema de Prioridades.	107
Cuadro. 43. Administración del plan de mantenimiento.	108
Cuadro. 44 Ficha Técnica.	113
Cuadro. 45 Solicitud de trabajo.	114
Cuadro. 46 Orden de trabajo.	115
Cuadro. 47 Cronograma de mantenimiento.	116
Cuadro. 48 Hoja de vida.	117
Cuadro. 49 Criterios de evaluación para la matriz ambiental.	119
Cuadro. 50 Importancia ambiental.	120
Cuadro. 51 Matriz de riesgos ambientales.	121
Cuadro. 52 Tipos de manejo de basura.	123
Cuadro. 53 Análisis de costos.	125
Cuadro. 54 Costo diagnóstico inicial.	126
Cuadro. 55 Nomina 2019 de la empresa Servi Diesel Colombia.	126
Cuadro. 56 Nomina 2020 de la empresa Servi Diesel Colombia.	126
Cuadro. 57 Comparativo de costos.	127
Cuadro. 58. Facturación general.	127
Cuadro. 59. Flujo vehicular.	128
Cuadro. 60. Flujo vehicular empresarial.	128
Cuadro. 61. Proyección costos mantenimiento.	129
Cuadro. 62. Flujo de caja trimestral.	129

## LISTA DE FIGURA

	pág.
Figura 1. Vista real del motor Cummins ISX.	23
Figura 2. Diagrama de flujo del sistema de admisión.	24
Figura 3. Diagrama de flujo dentro de la cámara de combustión.	24
Figura 4. Diagrama de flujo del sistema de admisión.	25
Figura 5. Diagrama de flujo del sistema de combustible.	27
Figura 6. Diagrama de flujo del sistema de lubricación.	29
Figura 7. Diagrama de flujo del sistema de escape.	31
Figura 8. Diagrama del sistema de enfriamiento llenado refrigerante.	32
Figura 9. Diagrama del sistema de enfriamiento.	33
Figura 10. Diagrama básico del sistema de enfriamiento.	34
Figura 11. Diagrama de Flujo del Sistema de Enfriamiento.	35
Figura 12. Diagrama básico del sistema eléctrico.	37
Figura 13. Ciclo reactivo del mantenimiento.	65
Figura 14. Procedimiento general de mantenimiento.	111

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Participación por unidades vendidas 2016.	pág. 43
Gráfica 2. Participación por unidades vendidas 2017.	43
Gráfica 3. Participación unidades vendidas 2018.	44
Gráfica 4. Participación unidades vendidas 2019.	44
Gráfica 5. Diagrama de Pareto de los fallos funcionales.	89
Gráfica 6. Diagrama de Pareto para fallos técnicos.	93

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Encuesta y recopilación de información.	pág. 135
Anexo B. Diagnóstico global de fallas del motor Cummins ISX.	151
Anexo C. Diagnóstico de fallas subsistemas críticos del motor Cummins ISX.	175
Anexo D. Codificación de los componentes del subsistema motriz.	187
Anexo E. Codificación de elementos de componentes de los subsistemas del motor.	191
Anexo F. Funciones de cada subsistema.	221
Anexo G. Fallas de los subsistemas y su clasificación.	224
Anexo H. Procesos tareas de mantenimiento.	227

## GLOSARIO

**ACTIVIDADES:** Es el conjunto de acciones que se llevan a cabo para cumplir las metas de un programa de operación, que consiste en la ejecución de ciertos procesos o tareas (mediante la utilización de recursos humanos, materiales, técnicos y financieros asignados a la actividad), y que queda a cargo de una entidad administrativa.<sup>1</sup>

**CONFIABILIDAD:** Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un periodo determinado.<sup>2</sup>

**DIAGNÓSTICO:** Es el resultado del análisis de una situación dada, que permite tener un conocimiento y una descripción precisa de dicha situación, con el fin de solucionar los problemas identificados.<sup>3</sup>

**DIAGRAMA DE FLUJO:** Representación gráfica de los pasos de un proceso, que se realiza para entender mejor al mismo.<sup>4</sup>

**DIAGRAMA DE PARETO:** Herramienta grafica en la cual se presenta la frecuencia para un conjunto de causas ordenadas desde la más significativa hasta la menos significativa.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> ARRÓSPIDE M., César. Glosario de términos en la gestión de mantenimiento, Santiago de Chile, 2008. p. 2.

<sup>2</sup> Ibid., p. 3.

<sup>3</sup> Ibid., p. 5.

<sup>4</sup> Ibid., p. 5.

<sup>5</sup> Ibid., p. 5



## RESUMEN

Para el desarrollo de este proyecto, inicialmente se recopiló la información referente a la empresa Servi Diesel Colombia, así como la de los vehículos que se presentan, obteniendo así el motor con mayor flujo de entrada, de igual forma se caracterizó la información referente al motor Cummins ISX/450HP/15L. Con esta información se da analizar los componentes y el nivel de importancia de cada uno y sus debidas consecuencias si se genera un fallo en uno de ellos. Todo esto se hace mediante un análisis de criticidad, dando como resultado los subsistemas más importantes del motor.

Luego de haber agrupado toda esta información se procede al estudio del motor seleccionado, dando inicio al procedimiento de análisis de criticidad enfocado en los componentes y subsistemas del motor, con el fin de realizar su debido diagnostico priorizando así un orden a la realización del plan de mantenimiento. Seguido a esto se estudian los diferentes tipos de mantenimiento y la relación que tiene cada uno con el proceso productivo que se lleva en la empresa, para así, seleccionar el más adecuado.

Centrándose en los diagnósticos de los componentes y subsistemas críticos y la selección del plan de mantenimiento seleccionado, se pasó al desarrolló del plan de mantenimiento, donde se realizó: la selección y evaluación de indicadores, codificación de componentes, identificación de funciones primarias y secundarias, identificación de fallos funcionales y técnicos, modos de falla y designación de tareas de mantenimiento.

Finalmente se realizó el análisis ambiental de la empresa, de acuerdo al proceso productivo que se tiene, mediante una matriz de riesgos e impactos ambientales, de la misma manera, se realizó un análisis de costos, especificando los costos que tiene la implementación del proyecto.

Palabras claves:

Motor Cummins ISX, Mantenimiento, Análisis Criticidad, Diagnóstico, Codificación, Indicadores.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los motores de combustión interna se inició en el siglo XIX y en 1899 fue inventado un motor con encendido por compresión (Diesel), luego del perfeccionamiento de los motores de combustión interna, el hombre se ha visto en la necesidad en su actividad diaria de transportarse de un lugar a otro y en la industria de carga pesada, para ello ha utilizado vehículos con dichos motores, esto lleva a que en el mundo existan millones de automóviles circulando, aquí es donde comienza la necesidad de mantener esos automotores en excelentes condiciones para su funcionamiento.

Es aquí donde comienza nuestro proyecto de mantenimiento, que tiene como finalidad evitar las paradas no programadas de los vehículos de carga pesada a la empresa Servi Diesel Colombia, estandarizando la realización de un plan mantenimiento al motor Cummins ISX/450HP/15L, gestionando y programando tareas de mantenimiento preventivas aplicadas al equipo que más frecuente fallas, a través de la caracterización del proceso productivo actual de la empresa y los subsistemas del motor, resaltando los componentes y funciones del mismo, seleccionando el plan de mantenimiento más adecuado, diagnosticando los tipos de fallas y la criticidad de la máquina, elaborando formatos de mantenimiento, realizando un análisis ambiental y de costos. De esta manera, se logrará disminuir la probabilidad de las fallas, aumentando la confiabilidad y la disponibilidad del equipo, además reduciendo los costos imprevistos de las reparaciones no programadas, con el fin de determinar los beneficios que tiene un plan de mantenimiento para el motor.

La compañía Servi Diesel Colombia al no suplir esta necesidad seguirá aumentando los tiempos de paradas no programadas y costos de las reparaciones del motor afectando la vida útil del equipo, perjudicando tanto al cliente como a la empresa que provee el servicio.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un plan de mantenimiento para motor Cummins ISX/450HP/15L en la empresa "Servi Diesel Colombia" de Duitama (Boyacá)

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Caracterizar la información referente a la empresa y al motor Cummins ISX/450HP/15L.
2. Diagnosticar los tipos de fallas y la criticidad del motor Cummins ISX/450HP/15L.
3. Elaborar un plan de mantenimiento adecuado para el motor Cummins ISX/450HP/15L.
4. Elaborar formatos de mantenimiento, ficha técnica, solicitud de trabajo, orden de trabajo, hoja de vida y un cronograma de mantenimiento para el motor Cummins ISX/450HP/15L.
5. Elaborar análisis ambiental y de costos del plan de mantenimiento.

## **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

La empresa Servi Diésel Colombia es una empresa de reparación de vehículos de carga pesada, inicia operaciones en el año 2005, lo que hace que sea una de las empresas más confiables en la ciudad de Duitama, ya que tiene un gran nivel de confiabilidad con sus clientes, debido a esto ha logrado generar prestigio con empresas de transporte donde ellas traen sus vehículos a este lugar para la realización de su mantenimiento.

Servi Diésel Colombia es una empresa que presta el servicio de reparación de motores diésel a tres diferentes tipos los cuales son: Detroit, Cummins y Caterpillar. Basada en las técnicas de mantenimiento correctivo en el área de vehículos pesados clase C3.

### **1.1 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO**

La situación actual del mantenimiento en la empresa Servi Diesel Colombia solo maneja mantenimientos correctivos, los trabajos que se realizan en estos vehículos se trabaja mediante la información obtenida por el operario donde explica el comportamiento que ha tenido el vehículo hasta llegado el paro total de este, quien da conocimiento al asistente de mantenimiento.

Seguido a esto no se tienen establecidos tiempos de ejecución de cada trabajo diferente que debe realizar el mantenimiento, lo que causa un valor incierto de costo en la producción en las empresas de transporte de carga pesada.

El mantenimiento actual de los motores se realiza bajo el criterio de cada conductor tenga según las fallas y no bajo un control, lo que causa más mantenimientos correctivos que preventivos. El cambio de aceite y grasas es el mantenimiento más organizado ya que es controlado por kilometraje.

### **1.2 PERSONAL**

La empresa cuenta con dos tipos de personal que son:

Personal propio: este personal es contratado directamente por la empresa y realizan sus labores bajo la supervisión del ingeniero. En este tipo de personal solo se encuentran mecánicos. El horario de este personal es de 8:00am a 6:00pm, pero debido a la falta de un programa de mantenimiento incurren gastos de horas extras nocturnas y dominicales.

Personal contratado: este personal se encarga de realizar el mantenimiento cuando el personal propio no está capacitado para realizarlos en las instalaciones propias, solo se contrata la mano de obra. Los repuestos son suministrados por los dueños del vehículo.

### **1.3 MISIÓN**

Servi Diésel Colombia es una empresa que presta el servicio de reparación de motores diésel basada en las técnicas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo en el área de vehículos pesados clase D, líder en diagnóstico computarizado cumpliendo con todos los estándares de calidad.

### **1.4 VISIÓN**

Servi Diésel Colombia se proyecta para el año 2026 como el mejor proveedor de servicio para vehículos pesados clase D en el área de mecánica especializada logrando los certificados como Dealer autorizado de las marcas Cummins y Kenworth de la Montaña consolidándose como la mejor empresa para Boyacá y Casanare.

### **1.5 PROCESO PRODUCTIVO**

Se trabaja en un sector industrial donde viene siendo ocupado por empresas que desarrollan labores similares, donde se permite realizar diferentes tareas de reparación.

Las fallas son frecuentes, pero requiere un tratamiento separado y total disponibilidad del mecánico encargado. Todo esto se trabaja mediante la información obtenida por el operario donde explica el comportamiento que ha tenido la maquina hasta llegado el paro total de ella, seguido a esto se realiza un diagnóstico del motor donde el jefe a cargo es el responsable de realizarlo, ya obtenido el resultado se sigue al desarme del motor donde se retiraron la piezas dañadas y se reemplazarán por una nuevas, si la falla es de gran dificultad se realizará un mantenimiento general del motor para obtener un gran desempeño y mejorar la calidad de la funcionalidad.

### **1.6 MOTOR CUMMINS ISX**

Este es un motor usado en la gran mayoría de los vehículos de transporte de carga pesada en Colombia, lo cual es catalogado como un motor bastante confiable dentro del gremio transportador nacional por sus características mecánicas y su fácil mantenimiento. El motor tiene un diseño de seis cilindros en línea, turbo cargado y enfriado por carga de aire tiene un diámetro 137mm y una carrera de 169mm el desplazamiento es de 15 litros.

Este motor cuenta con una potencia de 450 caballos de potencia (HP) y un torque entre 1450-1650 (lb-ft), cuenta con seis (6) cilindros y alcanza a tener una velocidad de 2100 revoluciones por minuto (RPM) en el cigüeñal, el sistema de combustible es controlado por el módulo de control electrónico (ECM, engine control module, por

sus siglas en inglés), el cual busca la máxima efectividad en el consumo de combustible; actualmente esta clase de motor es comercializado en vehículos de las marcas International®, Kenworth®, Freightliner®, etc.<sup>6</sup>

### 1.6.1 Componentes del motor.

- **Bloque:** El motor diésel moderno comienza con un bloque que contiene todas las partes para el proceso básico de combustión interna. Hay un espacio abierto en el bloque para cada cilindro, donde tiene lugar el proceso de combustión.
- **Cigüeñal:** La primera pieza que necesitamos es el cigüeñal. Esta es la pieza que convierte el movimiento lineal creado por la combustión en movimiento rotacional.
- **Bielas:** Luego necesitamos algo para conectar el cigüeñal al cilindro y llevar la fuerza de la combustión hacia él. Estas son las bielas.
- **Pistones:** Cada biela se une a un pistón en la parte superior. Los pistones crean el fondo de la cámara de combustión y se mueven hacia arriba y hacia abajo en el cilindro durante la operación.
- **Cabeza de cilindro:** En la parte superior del bloque está la culata. Esto cierra la parte superior del cilindro de combustión para contener la fuerza del evento de combustión. La cabeza puede ser una unidad que cubra todos los cilindros o múltiples con cada uno cubriendo una parte de los cilindros, dependiendo del diseño.
- **Válvulas:** Ahora que el cilindro está cerrado, el motor necesita válvulas para permitir que los gases de combustión fluyen y que entre aire fresco durante el proceso. Por lo general, hay dos válvulas para el escape y dos para la entrada de aire en cada cilindro.
- **Inyectores de combustible:** El componente para obtener combustible dentro del cilindro es probablemente la parte más compleja del sistema de combustión. Los inyectores de combustible rocían combustible en la parte superior del cilindro en patrones muy precisos con tiempos altamente controlados.
- **Árbol de levas:** La mayoría de los motores aún dependen de un sistema mecánico para abrir y cerrar las válvulas, y algunos todavía usan accionamiento mecánico (en lugar de eléctrico) para la inyección de combustible. Las revoluciones del árbol de levas controlan el momento de cada evento a través de la geometría y la colocación de los lóbulos en el eje.
- **Cilindros:** Ahora que hemos construido el bloque del motor, echemos un vistazo más de cerca a cómo funcionan juntas estas piezas para producir un evento de combustión.
- **Cigüeñal:** El cigüeñal asegura que los cuatro cilindros de este motor tengan diferentes carreras para un funcionamiento suave. Los motores con más de cuatro cilindros están optimizados para obtener la mayor potencia y el mejor funcionamiento posible. Este equilibrio del motor es la razón por la cual la mayoría de los motores modernos tienen un número par de cilindros.

---

<sup>6</sup> SALINAS, Oscar. "Motor Cummins ISX Un Aliado En El Transporte".

**Figura 1.** Vista real del motor Cummins ISX.



**Fuente:** Motor Cummins ISX, Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf).

## **1.7 SUBSISTEMAS**

**1.7.1 Admisión de aire.** El sistema de aire de combustión está constituido por la tubería del aire de admisión, turbocargador, tubería del enfriador de carga de aire, carga de aire y tubería de escape.

El aire de admisión es aspirado a través del filtro de aire hacia el interior del turbocargador por la rueda del compresor, al comprimir el aire de admisión provoca que esté se caliente, después de dejar el turbocargador el aire de admisión caliente fluye a través de un tubo hacia el enfriador de carga colocado en la parte de enfrente del vehículo. El efecto de presión dinámica del vehículo y el ventilador de enfriamiento ocasionan que el aire ambiente fluya alrededor de los tubos que llevan el aire de admisión a través del enfriador. El calor del aire de admisión es transferido al aire ambiente que fluye alrededor de las aletas del enfriador, disminuyendo así la temperatura del aire de admisión.

El uso de un enfriador de carga de aire proporciona temperaturas más bajas del aire de admisión, incrementa la potencia del motor y reduce las emisiones del motor. Después de pasar a través del enfriador de carga de aire, el aire de admisión entra

otro tubo que permite que el aire fluya libremente dentro del múltiple de admisión, permitiendo el flujo de aire continuo a cada uno de los cilindros.<sup>7</sup>

**Figura 2.** Diagrama de flujo del sistema de admisión.



**Fuente:** Flujo del Sistema de Aire ISX.WMV, 14 septiembre 2010, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=fFOsF4Ko4tc>.

Cuando la válvula de admisión del cilindro abre, el aire fluye dentro de la cámara de combustión, después de que la válvula cierra, el movimiento hacia arriba del pistón comprime el aire en el cilindro, cerca de la parte superior del recorrido del pistón, se inyecta el combustible en el aire comprimido del cilindro y se genera la combustión. Cuando se completa la combustión, el pistón comienza su carrera hacia arriba, esto fuerza los gases de escape fuera del cilindro pasando por las válvulas de escape abiertas.<sup>8</sup>

**Figura 3.** Diagrama de flujo dentro de la cámara de combustión.



**Fuente:** Flujo del Sistema de Aire ISX.WMV, 14 septiembre 2010, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=fFOsF4Ko4tc>.

---

<sup>7</sup> Flujo del Sistema de Aire ISX.WMV, 14 septiembre 2010, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=fFOsF4Ko4tc>.

<sup>8</sup> *Ibíd.*, Flujo del Sistema de Aire ISX.WMV.



### Especificaciones:

Elevación Máxima de Temperatura entre Aire Ambiente y Entrada de Aire del Motor (ambiente arriba de 0°C [32°F]):

Automotriz e Industrial .....-1°C [30°F]

Restricción Máxima de Entrada (filtro limpio) Elemento de Servicio Normal:

Automotriz e Industrial ..... 250 mm H2O [10 pulg. H2O]

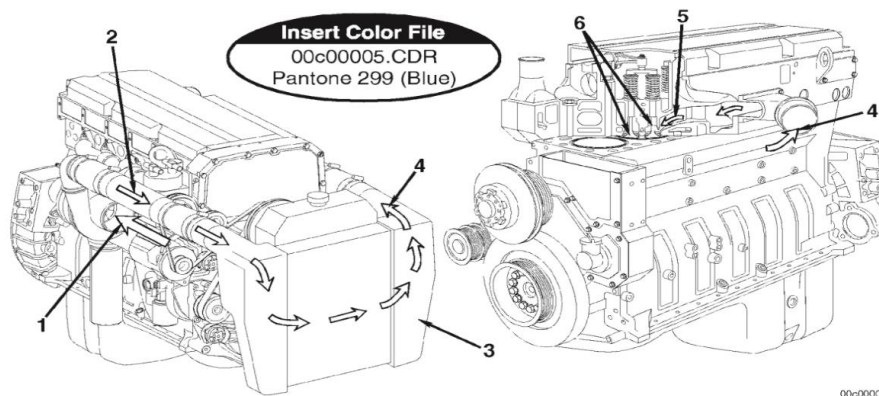
Generación de Potencia ..... 381 mm H2O [15 pulg. H2O]

Restricción Máxima de Entrada (filtro sucio) ..... 635 mm H2O [25 pulg. H2O]<sup>9</sup>

**Figura 4.** Diagrama de flujo del sistema de admisión.

#### Diagrama de Flujo del Sistema de Admisión de Aire

##### Información General



1. Entrada de Aire de Admisión al Turbocargador
2. Aire del Turbocargador al Enfriador de Carga de Aire
3. Enfriador de Carga de Aire

4. Del Enfriador de Carga de Aire al Múltiple de Admisión
5. Puerto de la Válvula de Admisión
6. Válvulas de Admisión.

**Fuente:** Cummins Engine Company, Inc., Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, 2000, sección D p. 14. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

**1.7.2 Combustible.** En cuanto al sistema de combustible se tiene inicialmente que el combustible es succionado por una bomba de engranajes, cuya presión es regulada entre 245 a 320 psi, a 2100 rpm. Posteriormente, el combustible vuelve a pasar por un filtro lateral para ser distribuido luego a los bancos frontal y trasero, después de haber pasado por una válvula de cierre, y los bancos se encuentra conectado a los actuadores de combustible. Una vez en los bancos de combustible, el módulo de control electrónico ordena a los actuadores de combustible y sincronización que se abran, en donde cada apertura de un actuador envía un

<sup>9</sup> Propiedad intelectual® 2000 Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparación Motores Signature, ISX y QSX15, p. E-2.

impulso de presión a cada inyector dentro del banco. La sincronización de los eventos del sistema de combustible está asociados a la posición del motor.

Bomba de combustible: su función es proteger el sistema de inyección de estos vehículos, estos eliminan las impurezas que se presentan en el combustible. Se pueden presentar por diferentes factores:

- Entrada de partículas por el sistema de ventilación del depósito de combustible.
- Contaminación por almacenamiento, reparaciones o producción.
- Contaminación por oxidación presente en los canales de combustible.
- Concentración de agua en el tanque de combustible por las variaciones de la temperatura.

Bomba de engranes: posee dos piñones, uno es movido por el cigüeñal y va acoplado al otro piñón al cual se le transmite el movimiento, se encarga de succionar directamente del cárter.

Especificaciones:

La restricción máxima permisible a la bomba con o sin enfriador de combustible es:

- Con filtro limpio: 203 *mm Hg* [8 *pulg. Hg*].
- Con filtro sucio: 305 *mm Hg* [12 *pulg. Hg*].

La restricción máxima permisible de la línea de retorno de combustible es de 229 *mm Hg* [9 *pulg. Hg*].

La capacidad mínima permisible de ventilación del tanque de combustible es de 2.0 m<sup>3</sup>/hr [70 pies<sup>3</sup>/hr].

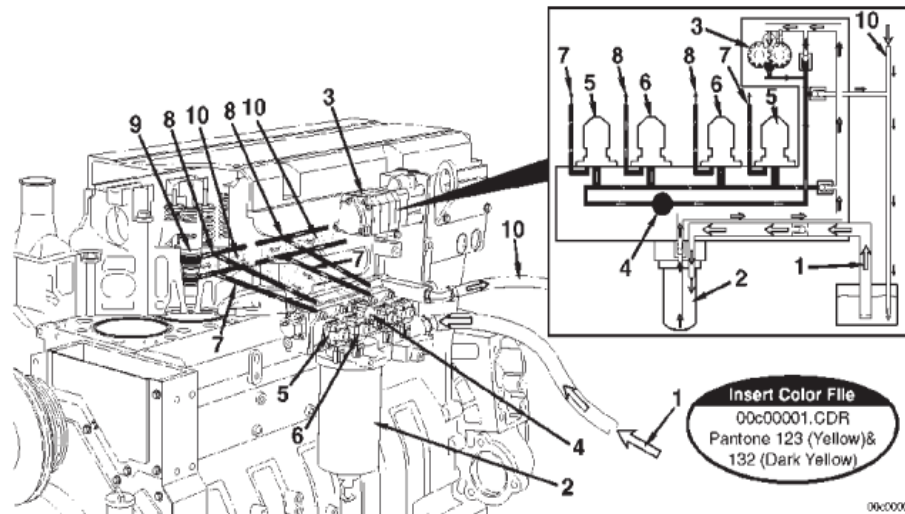
La máxima temperatura permisible de entrada de combustible es de 71°C [160°F].

La resistencia del solenoide de cierre de combustible es de 7 a 8 ohms<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Propiedad intelectual® 2000 Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparación Motores Signature, ISX y QSX15, sección E, p.E-4.

**Figura 5.** Diagrama de flujo del sistema de combustible.



**Fuente:** Cummins Engine Company, Inc., Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, 2000, sección D p. 2. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

**1.7.3 Lubricación.** La presión y temperatura del aceite pueden monitorearse usando la herramienta de servicio INSIDE estas lecturas están basadas en las señales suministradas por el sensor de presión y temperatura de aceite instalada en la galería principal de aceite en el lado de la bomba de combustible.

El aceite es succionado del Carter por la bomba de aceite de engranes, el Carter tiene una capacidad de aceite de 12 galones, el tubo de succión suministra aceite a la bomba de engranes, los engranes en la bomba de aceite proporcionan la presión de aceite al sistema de lubricación a temperatura normal de operación. La presión mínima de aceite en ralentí bajo es de 20PSI a velocidad gobernada sin carga la presión de aceite alcanza 35 a 45PSI.

La válvula de alivio de alta presión de la bomba de aceite limita la salida máxima de la bomba de aceite, esta válvula se mantiene cerrada por la fuerza del resorte, si la presión de la bomba de aceite alcanza aproximada 130PSI. La válvula de alivio abre y permite que algo de flujo de aceite regrese al Carter a través de una vertura en la bomba, la posición del regulador de presión de aceite es controlada por la presión de aceite del motor, este regulador controla la presión del aceite purgando el sistema el flujo de aceite excesivo para reducir la presión al nivel deseado, el aceite que fluye a través del regulador abierto es regresado al lado de la entrada de la bomba de aceite, la bomba luego suministra aceite lubricante a través de un pasaje vertical interno en el bloque del motor a la cubierta del enfriador de aceite.

El aceite fluye por el frente de la cubierta del enfriador al termostato, si el aceite está frío pasará por el centro del termostato evadiendo el enfriador de aceite, si la temperatura del aceite incrementa el termostato cierra el pasaje de derivación del enfriador de aceite y dirige el flujo de aceite a la cámara fundida en la cubierta del enfriador de aceite, la cámara en la cubierta está diseñada para balancear el flujo de aceite dentro de los 2 elementos del enfriador de aceite.

El aceite es enfriado a medida que fluye a través de los elementos de baja restricción del enfriador de aceite y el refrigerante pasa por el exterior de las placas. El aceite del enfriador o del pasaje de derivación del enfriador fluye al filtro de aceite de combinación, la válvula de derivación del filtro de aceite está diseñada para proteger el motor en caso de bajo flujo de aceite a través del filtro, esta válvula se abre cuando el diferencial de presión a través del filtro de aceite es mayor a 125PSI, esto mantiene el flujo de aceite, si un filtro se obstruye y evita el colapso del filtro debido a un diferencial muy alto de presión durante el arranque en frío del motor.

El aceite enfriado y filtrado restante entra al circuito de aceite en el bloque a través de un pasaje interno, el aceite que entra a la galería principal del aceite por el lado de escape del motor, se divide y viaja enfrente y a la parte trasera del motor. 7 barrenos de transferencia inclinados conectan la galería principal del aceite con los 7 asientos de los cojinetes de la bancada, el aceite fluye hacia debajo de estos barrenos a los cojinetes superiores de bancada, la ranura en el cojinete de bancada superior dirige el flujo de aceite hacia la superficie del cojinete de bancada, el aceite entra a los barrenos transversales del cigüeñal, el aceite en el cigüeñal fluye a través de barrenos transversales a los cojinetes del muñón de biela, en el lado del escape del motor el aceite viaja al tren de válvulas e inyectores a través de pasajes verticales en el frente y parte trasera del bloque y cabeza de cilindros, estos pasajes suministran aceite al centro de los ejes de balancines.

#### Especificaciones:

La presión de aceite en ralentí (mínima permisible en temperatura de aceite de 93°C [200°F]) 69kPa [10psi].

La presión de Aceite en Velocidad Gobernada Sin Carga (solamente automotriz e industrial). 241 a 276 kPa [35 a 40 psi].

#### Capacidad de Aceite de Motor Estándar:

- La capacidad del Filtro de Combinación de Flujo Pleno/Derivación es 3.78 litros [1 gal.]

#### Capacidad del Cáster de Aceite:

- Automotriz e Industrial

Alto..... 41.6 litros [11 gal.]

Bajo..... 37.9 litros [10 gal.]

Capacidad de Cambio de Aceite (cárter de aceite y filtro llenados a capacidad):

- Automotriz e Industrial..... 45.4 litros [12 gal.]
- Generación de Potencia (para opción OP1493 de cárter de aceite) ..... litros [26 gal.]

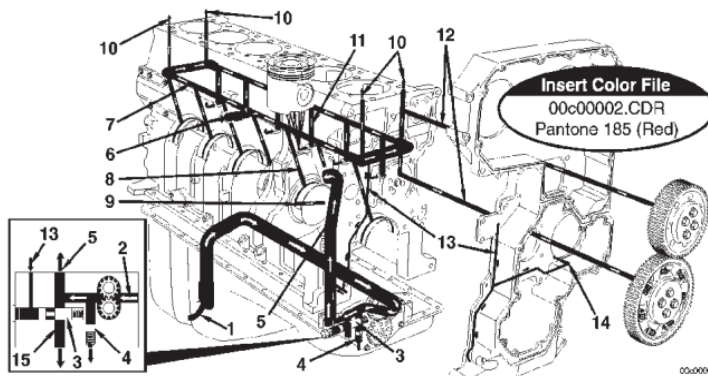
Capacidad Total del Sistema de Aceite Lubricante Incluyendo el Filtro:

- Automotriz e Industrial..... 45.4 litros [12 gal.]
- Generación de Potencia (para opción OP1493 de cárter de aceite) 98.4 litros [26 gal.]

Rango de Presión de Aceite:

- Motor Frío..... Hasta 900 kPa [130 psi]
- Motor Caliente..... 241 a 276 kPa [35 a 40 psi]<sup>11</sup>

**Figura 6.** Diagrama de flujo del sistema de lubricación.



**Fuente:** Cummins Engine Company, Inc., Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, 2000, sección D p. 4. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

**1.7.4 Escape.** El sistema de escape es por donde se conducen los gases quemados de un motor de combustión interna, tiene la misión de canalizar los gases que se producen dentro de la recámara de combustión del motor, que van desde la culata hasta el exterior.

El proceso de escape de los gases de comienza, después de que se completa la combustión, el pistón comienza su carrera hacia arriba, esto fuerza los gases de escape fuera del cilindro pasando por las válvulas de escape abiertas, los gases

<sup>11</sup> Propiedad intelectual® 2000 Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparación Motores Signature, ISX y QSX15, sección E, p. E-3.

fluyen por el múltiple de escape y luego dentro de la carcasa de turbina con entrada dividida del turbocargador, en la carcasa de la turbina el gas de escape impulsa la turbina, como la turbina y el compresor están en un eje común, el movimiento de la rueda de la turbina ocasiona que la rueda del compresor gire, lo cual hace que absorba aire de admisión hacia el compresor del turbocargador.<sup>12</sup>

Por otro lado, una función que tiene alta importancia para el uso del sistema de escape es la misión de reducir el sonido que se genera por los gases producidos, ya que, a medida que estos van saliendo del vehículo se crean ondas de presión que dependiendo de la configuración del sistema de escape los sonidos generados se ven mitigados en mayor o menor medida.

Especificaciones:

Contrapresión Máxima Permisible del Escape Creada por la Tubería y el Silenciador:

Automotriz e Industrial:

Hg (mercurio)..... 76 mm Hg [3 pulg. Hg]

H2O (agua)..... 1016 mm H2O [40 pulg. H2O]

Generación de Potencia:

Hg (mercurio)..... 51 mm Hg [2 pulg. Hg]

H2O (agua)..... 682 mm H2O [27 pulg. H2O]

Tamaño del Tubo de Escape (diámetro interior normalmente aceptable):

Automotriz e Industrial..... 127 mm [5 pulg.]

Generación de Potencia..... 152 mm [6 pulg.]<sup>13</sup>

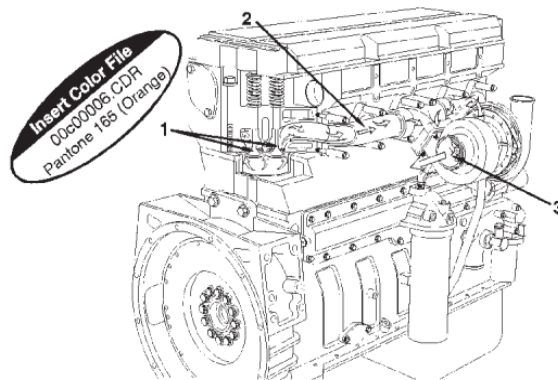
---

<sup>12</sup> Funcionamiento de la válvula de EGR, 14 diciembre 2017, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=KLEOgHhp5cA>.

<sup>13</sup> Propiedad intelectual® 2000 Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparación Motores Signature, ISX y QSX15, sección E, p. E-4.

**Figura 7.** Diagrama de flujo del sistema de escape.

Diagrama de Flujo del Sistema de Escape  
Información General



1. Puertos de la Válvula de Escape  
2. Múltiple de Escape

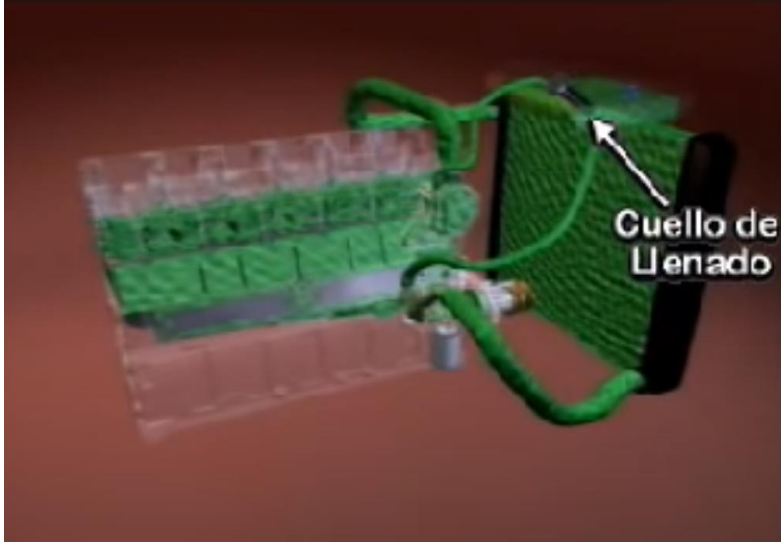
3. Turbina del Turbocargador.

**Fuente:** Cummins Engine Company, Inc., Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, 2000, sección D p. 16 Consultado 10/03/2020.  
Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

**1.7.5 Enfriamiento.** El sistema de enfriamiento tiene como función absorber calor de los diferentes componentes del motor, otra función es hacer circular el refrigerante dentro del motor, disipar el calor a través del radiador y por último controlar la temperatura del refrigerante por el termostato.

El refrigerante fluye fuera del tanque de reserva a través de la línea de llenado al motor y al radiador, la línea de llenado al motor se instala en la parte trasera de la entrada de la bomba del agua, el flujo de la línea de llenado permite que el motor y el radiador se llenen con refrigerante desde la parte inferior del sistema, con forme se llena, el refrigerante empuja el aire fuera del sistema a través de la línea de venteo del motor y del tubo de venteo del núcleo del radiador; después de llenar el motor y el radiador, el refrigerante llena el tanque de reserva hasta que el nivel del refrigerante alcance la parte inferior del cuello de llenado. Figura 8.

**Figura 8.** Diagrama del sistema de enfriamiento llenado refrigerante.



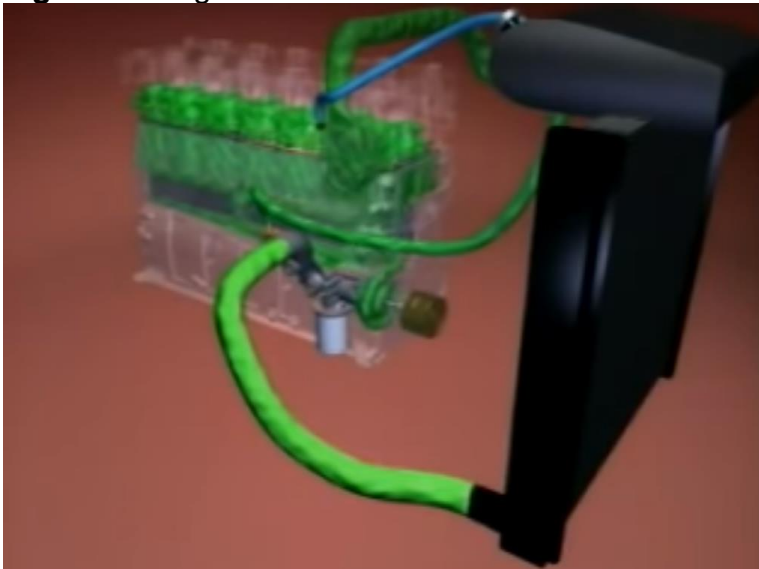
**Fuente:** Cummins Sistema de Enfriamiento ISX, 12 oct 2012, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=dRahwP0u3UM>.

El flujo del refrigerante, comienza cuando él refrigerante es succionado por la bomba del agua impulsada por banda montada al frente del block, el impulsor succiona refrigerante al motor, la bomba produce flujo de 62 galones por minuto con una presión de velocidad nominal de 24 psi. La salida de la bomba de agua se dirige de la cavidad de refrigerante que rodea los núcleos del enfriador de aceite, conforme el refrigerante pasa alrededor de los núcleos del enfriador de aceite el calor se transfiere del aceite al refrigerante; el refrigerante sale por la parte superior de esta cavidad a través de las pequeñas aberturas de la fundición del block del motor, de estas aberturas el refrigerante entra al área de camisa de agua de block, en la camisa de agua el refrigerante viaja alrededor de las camisas llevando el calor de combustión a la parte superior del block, unos pasajes en la parte superior del block, permiten que algo de refrigerante entren a la cabeza de cilindros desde el lado de escape del motor, el refrigerante que fluye hacia arriba a través de los pasajes en el lado de la bomba de combustible de la junta de la cabeza de cilindros, fluye a la cavidad interior del agua a través de pasajes en la cabeza de cilindros; este flujo enfría los asientos de válvulas, área del inyector y los puertos de escape; el refrigerante luego fluye al lado de escape de la cabeza de cilindros hacia el frente del motor a través del múltiple de retorno en la cabeza de cilindros al interior de la carcasa del termostato, donde circula alrededor de los bulbos del termostato; cuando el refrigerante está por debajo de los 180 grados Fahrenheit (82 grados centígrados), los termostatos están cerrados permitiendo que el refrigerante fluya a través del centro del termostatos hacia el lado exterior de la cubierta de la carcasa del termostato, cuando los termostatos están cerrados el refrigerante evita el radiador para fluir de vuelta a la entrada de bomba de agua.



El refrigerante aumenta su temperatura a más de los 180 grados Fahrenheit, los termostatos empiezan abrirse y el flujo del refrigerante a la derivación empieza a restringirse, lo que hace que cierta cantidad de refrigerante sea dirigido al radiador y otra a la derivación; cuando el refrigerante alcanza una temperatura de 200 grados Fahrenheit, los termostatos se abren por completo, por lo que el pasaje de derivación está bloqueado y todo el refrigerante es dirigido al radiador; el refrigerante regresa del radiador a la bomba del agua a través de la entrada de la bomba del agua donde comienza de nuevo el ciclo del refrigerante. **Figura 9.**<sup>14</sup>

**Figura 9.** Diagrama del sistema de enfriamiento.



Fuente: Cummins Sistema de Enfriamiento ISX, 12 oct 2012, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=dRahwP0u3UM>.

El sistema de enfriamiento consiste por el flujo de refrigerante a través del motor, termostato, bomba de agua, filtro del agua, filtro del refrigerante, el radiador y los diferentes sensores de temperatura.

Termostato: Este dispositivo es una válvula metálica con un resorte que se encarga de regular el flujo de refrigerante o agua al radiador para mantener la temperatura óptima del auto; es decir, evita que estos líquidos fluyan dentro del motor hasta que estos no hayan alcanzado su temperatura de funcionamiento de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Carcasa del termostato: Regulan el flujo del refrigerante y cuentan con boquilla de ventilación aerodinámica para un flujo máximo de refrigerante. Estos canales de puente de latón de acero inoxidable garantizan resistencia y rigidez.

---

<sup>14</sup> Cummins Sistema de Enfriamiento ISX, 12 oct 2012, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=dRahwP0u3UM>.

**Bomba de agua:** La bomba de agua o bomba hidráulica, junto con el termostato y el radiador, forma parte del sistema de refrigeración del vehículo y se encarga de hacer circular el fluido refrigerante a través de los conductos habilitados para este fin y alrededor del bloque motor, el radiador o la culata. Su misión es transportar el calor sobrante hacia el exterior.

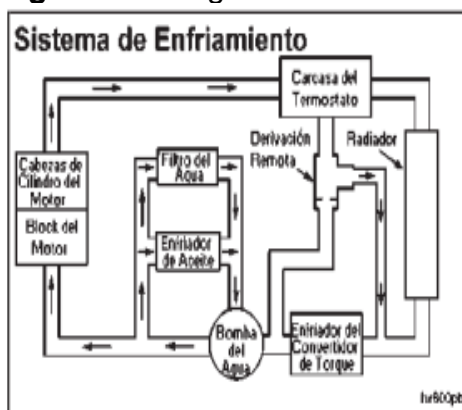
**Filtro del agua:** El filtro del agua es un dispositivo que como su nombre lo indica filtra en un proceso donde se halla agua, en el cual las partículas sólidas que se encuentran en el fluido líquido o gaseoso se separan mediante un medio filtrante, o filtro, que permite el paso del fluido, pero retiene las partículas sólidas.

**Filtro de refrigerante:** el filtro refrigerante atrapa partículas nocivas (partículas de óxido y otras partículas que podrían dañar el motor) y permite al mismo tiempo el flujo de aditivos de refrigerante en el sistema de refrigeración del motor.

**Radiador:** El motor genera mucho calor, para controlar que ese calor no dañe al motor es necesario mantenerlo refrigerado y el radiador cumple esa función. El radiador se encuentra en la parte delantera del motor y carga de líquido refrigerante que circulara por dentro del motor.

**El sensor de temperatura del refrigerante:** es una pieza importante en el motor, también se denomina ECT. Se encarga de medir la temperatura del refrigerante del motor a través de una resistencia, que provoca la caída de voltaje cuando aumenta la temperatura del líquido refrigerante, en función de la temperatura que registre este sensor a la computadora ajustara la mezcla aire/combustible que entra al motor.<sup>15</sup>

**Figura 10.** Diagrama básico del sistema de enfriamiento.

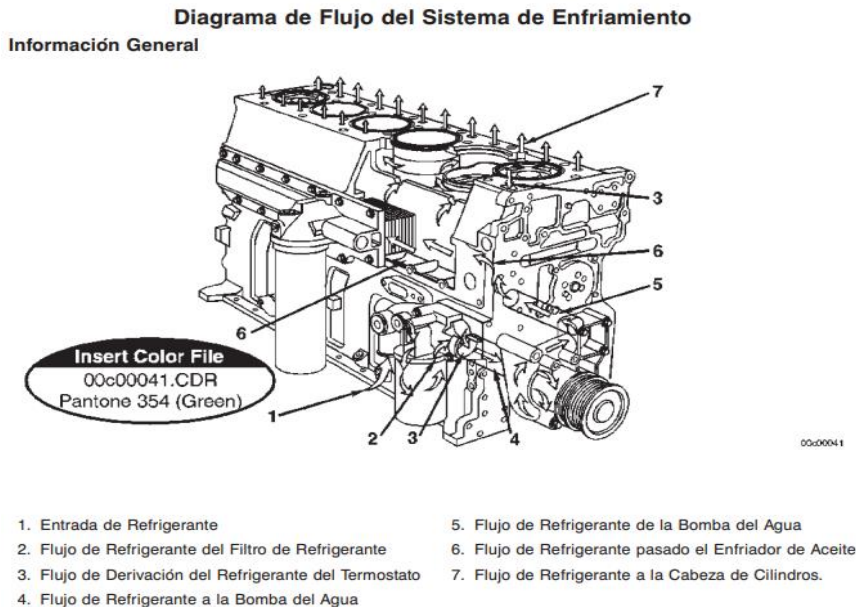


**Fuente:** Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparación Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, sección 8 p. 1. Consultado 10/03/2020. Disponible en:

<sup>15</sup> Propiedad intelectual® 2000 Cummins Engine Company, Inc., Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX.

[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-diagnostico-reparacion-motores-signature-isx-qsx15-cummins-sistemas-componentes-funciones-diagnostico-fallas%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-diagnostico-reparacion-motores-signature-isx-qsx15-cummins-sistemas-componentes-funciones-diagnostico-fallas%20(1).pdf)

**Figura 11.** Diagrama de Flujo del Sistema de Enfriamiento.



**Fuente:** Cummins Engine Company, Inc., Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, 2000, sección D p. 10. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Especificaciones:

Capacidad de Refrigerante (solamente el motor) ..... 24 litros [25 cuartos]  
Rango del Termostato de Modulación Estándar ..... 82 a 93°C [180 a 200°F]  
Presión Máxima de Refrigerante (exclusivo del tapón de presión - termostato cerrado en la máxima velocidad gobernada sin carga) ..... 227 kPa [33 psi]  
Temperatura Mínima Recomendada del Tanque Superior ..... 70°C [158°F]<sup>16</sup>

**1.7.6 Sistema Eléctrico.** El sistema eléctrico es el encargado de repartir la alimentación hacia todo el coche, sin él no se podría arrancar el motor o encender las luces.

El sistema eléctrico básico de los vehículos de servicio de carga pesada es: batería y el cableado del motor, un motor de arranque, un alternador, un interruptor magnético, un interruptor de llave, un interruptor de botón pulsador del motor de arranque y cableado del circuito de arranque.

<sup>16</sup> Propiedad intelectual® 2000 Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparación Motores Signature, ISX y QSX15, p. E-3

Baterías y cables: La primera función de la batería es proveer de energía eléctrica para poner en marcha el motor de arranque del automóvil. La segunda función de la batería es la de actuar como un estabilizador de voltaje del sistema eléctrico del automóvil, por medio del cableado del motor. (1)

Motor de arranque: El motor de arranque es un elemento que transforma la energía eléctrica en mecánica y, por ende, en movimiento.

El motor de arranque es el encargado de vencer la resistencia inicial de los componentes del motor al arrancar. Realiza los primeros giros de cigüeñal, donde los pistones comienzan a moverse para iniciar el proceso de admisión, compresión, explosión y escape. Por tanto, el motor de arranque se encarga de transformar la energía eléctrica que llega desde la batería del coche en energía mecánica. (2)

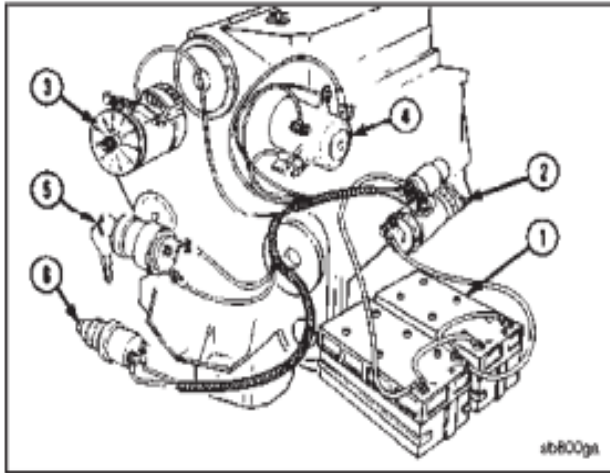
Alternador: El alternador de un vehículo es un dispositivo diseñado para proporcionar corriente eléctrica, la cual se destina a recargar y mantener la carga de la batería, así como a suministrar corriente a todos los sistemas eléctricos que lo requieran, como la iluminación, la climatización, etc. (3)

Interruptor magnético: el motor de arranque requiere grandes cantidades de corriente (hasta 300 amperios) para generar el par necesario para hacer girar el motor. Los conductores utilizados para transportar esa cantidad de corriente (cables de batería) deben ser lo suficientemente grandes como para manejar la corriente con muy poca caída de voltaje. Para proporcionar control de la elevada corriente, todos los sistemas de arranque contienen algún tipo de interruptor magnético. Hay dos tipos de básicos de interruptores magnéticos utilizados el solenoide y el relé. (4)

Interruptor de llave: En un circuito eléctrico, interruptor de encendido y apagado que sólo puede ser accionado con una llave. (5)

Interruptor de botón pulsador del motor de arranque: El botón de arranque de motor es muy práctico para esas ocasiones en que trabajamos solos y necesitamos estar dando marcha al motor para sacar mediciones o hacer pruebas. (6)

**Figura 12.** Diagrama básico del sistema eléctrico.



**Fuente:** Cummins Engine Company, Inc., Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, 2000, sección 13 p. 1. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Cableado del circuito de arranque: El sistema de arranque del vehículo consta de dos circuitos, el circuito de control de arranque y el circuito de alimentación del motor. Estos circuitos están separados pero relacionados. El circuito de control consiste en el sector de arranque del interruptor de encendido, el interruptor de seguridad de arranque (si corresponde) y el conductor del cable para conectar estos componentes al relé o solenoide.

El sistema electrónico de combustible Signature/ISX o ECM proporciona características electrónicas adicionales que refuerzan el desempeño y control del motor y del vehículo: las características incluyen, control de cruce, caída superior del gobernador de control de cruce, niveles 1 a 6 del freno del motor, frenos del motor automáticos en control de cruce, ajuste de ralentí bajo, paro de ralentí, paro de ralentí en PTO, anulación del paro de ralentí, paro de protección del motor, secuencia de lámparas de falla y protección de calentamiento del motor.<sup>17</sup>

El sistema eléctrico de combustible Signature/ISX tiene como entrada los siguientes componentes:

- Sensor de posición del motor (colocado en el árbol de levas y cigüeñal proporciona información de velocidad y posición del motor, el sensor de posición del árbol de levas está colocado entre el ECM y la bomba de combustible)

---

<sup>17</sup> Ibíd., p. 1-42

- Sensor de velocidad del vehículo (colocado en el eje de salida de la transmisión, es un dispositivo magnético que contiene dos bobinas de alambre que produce una señal de corriente alterna, la unidad detecta la velocidad del eje de salida de la transmisión.
- Sensor de posición del acelerador (colocado en el ensamble del pedal del acelerador. Cuando el pedal está en ralentí, pueden activarse los frenos del motor. Cuando el pedal del acelerador está oprimido, el sensor desactiva los frenos del motor y la PTO. El pedal del acelerador puede anular el control de crucero y la PTO “si está activada anulación con acelerador en PTO”).
- Interruptor de validación de Ralentí (está agregado al ensamble del pedal y proporciona verificación independiente del movimiento del potenciómetro del acelerador del pedal, verificando que el pedal del acelerador esté en la posición de ralentí)
- Interruptor del pedal del embrague (está colocado junto al pedal o varillaje del embrague, el interruptor del embrague abre cuando el embrague está desacoplado (pedal oprimido). Esto desactivará el freno del motor, control de crucero, o PTO.
- Interruptor del pedal del freno de servicio (está colocado en la línea de aire de los frenos de servicio del vehículo. El interruptor del freno cierra cuando el pedal del freno está desacoplado. El interruptor abre cuando los frenos se acoplan. El interruptor abierto desactivará el control de crucero y la PTO.)
- Sensor de temperatura del refrigerante (está ubicado en la carcasa del termostato en el lado de escape del motor, monitorea temperatura del refrigerante del motor usada en la función de control del combustible y en el sistema de protección del motor)
- Sensor de presión/temperatura del aire de admisión (está colocado en la conexión de entrada de aire de admisión, la entrada de este sensor es requerida por el sistema de protección del motor, así también como para dosificación y sincronización de inyección, la entrada de presión de este sensor se requiere para el control de electrónico del sistema de combustible)
- Sensor de nivel de refrigerante (está colocado en el tanque superior del radiador, este sensor es utilizado para indicar el nivel del refrigerante del tanque superior es bajo)
- Sensor de presión de aire ambiente (está colocado en el lado de la bomba de combustible del motor junto a la cubierta de engranes, este sensor proporciona información de la entrada de altitud para propósitos de disminución potencia del motor por altitud)
- Sensor de presión/temperatura de aceite (proporcionan entradas para el sistema de protección del motor)

- Sensor de presión del tanque húmedo
- Sensor de presión de combustible (colocado en el módulo del sistema de combustible integrado, monitorea la presión del riel de suministro del actuador)
- Sensor de agua en el combustible o WIF (está ubicado en la parte inferior del filtro de combustible, cuando el espacio de almacenaje en la parte inferior del filtro se llena con una cierta cantidad de agua el sensor envía una señal al ECM, indicando que se deberá drenar el agua del ensamble del filtro de combustible)
- ECM (módulo de control electrónico, es el centro de control del sistema, este procesa todas las entradas y envía ordenes al sistema de combustible, vehículo y dispositivo de control del motor; el ECM contiene el código de software para operar el motor y puede ser necesitado por un sistema de 12 o 24 voltios, este dispositivo está montado en una placa de enfriamiento ubicado al lado de la bomba de combustible del motor, se instala dentro del múltiple de admisión, el flujo de aire de admisión disipan el calor de los componentes electrónicos del ECM, este dispositivo se comunica con herramientas de servicio y tiene la capacidad de comunicarse con otros sistemas del vehículo como lo son el de transmisión, frenos, control de tracción a través de un enlace de datos)<sup>18</sup>

El ECM procesa la información que recibe de los sensores y controla a los actuadores de presión de combustible y de sincronización de combustible. Esta acción controla la cantidad de combustible dosificado a cada grupo de inyectores y la sincronización precisa de cada grupo de inyectores. Esto producirá la potencia y torque correctos para el motor.<sup>19</sup>

El ECM monitorea constantemente los principales factores que afectan la eficiencia de combustión, tales como temperatura del refrigerante, temperatura del múltiple de admisión, presión del múltiple de admisión y presión de aire ambiente. Este dispositivo determina la sincronización de inyección deseada y la cantidad de combustible para las condiciones de operación actuales del motor.

**1.7.7 Sistema Motriz.** El sistema motriz son todos los elementos que se mueven después del proceso de combustión; también son las piezas que soportan los elementos del motor como por ejemplo el block o bloque del motor, que es el cuerpo principal del motor, donde están las cámaras de los cilindros y los soportes de apoyo del cigüeñal.

El motor Cummins ISX tiene un tipo de bloque de motor en “línea” ya que sus cilindros están ubicados de manera lineal uno tras del otro, esto hace que el motor

---

<sup>18</sup> Propiedad intelectual® 2000 Cummins Engine Company, Inc., Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, pag 1-45.

<sup>19</sup> *Ibíd.*, p. 1-44

sea muy largo en la parte frontal del automotor. Este motor tiene seis cilindros en línea con un cigüeñal y un volante de inercia que contrarresta las fuerzas provocadas por su cantidad de cilindros, este volante evita el desbalance desproporcionado que provoca un motor con más de 4 cilindros.

Cabe decir, que todos los puertos roscados están diseñados para conexiones métricas de rosca recta con arosellos.

A continuación, mostraremos el listado de las partes que componen el sistema motriz:

- Block del motor o bloque del motor
- Camisas de cilindros con arosellos
- 7 cojinetes de bancada con cojinetes de empuje ubicado en el cilindro número cuatro
- Cigüeñal
- Engranaje del cigüeñal, aro de tonos y el adaptador del cigüeñal
- Tapas de bancada (se colocan por anillos posicionadores)
- Pistones articulados (tiene pistón y biela con un perno de flotación total con anillos de retención)
- Placa de refuerzo (montaje con tornillos especiales)
- Junta de la cabeza de acero moldeado: con sus sellos de aceite y refrigerante
- Cabeza de cilindros
- Asientos de válvula y guías de válvula con sus vástagos (las válvulas de escape tienen vástagos más largos que las válvulas de admisión)
- Válvulas de cilindros admisión y escape (4 por cilindro)
- Árboles de levas de inyectores y válvulas (El árbol de levas que acciona los inyectores es más grande y se monta en el lado de bomba de combustible del motor, el árbol de levas que acciona las válvulas y el freno del motor se monta en el lado de escape)
- Freno de motor, 3 solenoides de freno de motor
- Balancines
- Junta de la cubierta de balancines
- Cubierta de balancines
- Soporte frontal del motor
- Carcaza de engranes de aluminio con su junta
- Engrane loco inferior (este engranaje es impulsado con el engranaje del cigüeñal)
- Engrane loco de ajuste (este engranaje es impulsado por el engrane loco inferior)



- Engrane del árbol de levas de inyectores (este engranaje es impulsado por el engrane loco de ajuste)
- Engrane del árbol de levas de válvulas (este engranaje es impulsado por el engrane del árbol de levas de inyectores)
- Cubiertas de engrane de acero superior e inferior (existe una marca en la cubierta inferior que se utiliza en los procedimientos de sincronización y ajuste del tren de válvulas e inyectores)
- Reten frontal del cigüeñal
- Tubo de llenado de aceite y respiradero del Cárter (Este se fija a la cubierta de engranes inferior)
- El módulo del sistema de combustible integrado IFSM
- Tubo de entrada del aire de admisión
- Placa de enfriamiento del ECM e IFSM
- Cubiertas del ECM e IFSM (tres cubiertas)
- Bayoneta del motor
- Soporte trasero de elevación (su montaje va en la parte trasera del motor en el lado de la bomba de combustible)
- Cubierta de volante trasera del cigüeñal (se monta en la parte trasera del block del motor)
- Volante y tope de cojinete al cigüeñal (se monta con doce tornillos para fijar el volante y tope del cojinete al cigüeñal)
- Soporte frontal de elevación (su montaje va en la parte trasera del motor junto con la carcasa de engranes)
- Carcasa del termostatos, termostatos y cubierta de la carcasa de termostatos (se monta al frente en la cabeza de cilindros en el lado de escape del motor)
- Conector de entrada del agua de fundición de aluminio (esta unido al block)
- Amortiguador de vibración y la polea del cigüeñal (Estos se montan al frente del cigüeñal)
- Ventilador (es impulsado por una banda y tensor instalado en el frente del motor)
- Banda del alternador, compresor de freón, del tensor y polea loca (se montan al frente del motor)
- Banda de la bomba del agua (es impulsado por una banda y tensor instalado en el frente del motor)<sup>20</sup>

Estos componentes son los que conforman los mecanismos dinámicos que conforman el motor, que llevan los movimientos después de la combustión; estos

---

<sup>20</sup> Introducción motora signature Cummins, [video] 13 julio 2017, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=hAICOKaXkZc>.

elementos son diseñados para altas prestaciones del motor tanto en momentos de alto desempeño o esfuerzo, como para los momentos normales de funcionamiento.

## 1.8 SELECCIÓN DEL MOTOR

**1.8.1 Selección del vehículo.** Según el ministerio de transporte establece que el 80% del transporte de carga pesada en el país se realiza por carretera, por lo tanto, se hará un estudio mostrando las ventas de los 4 años pasados donde se mostrara el ranking en ventas de las diferentes marcas distribuidoras de vehículos de carga pesada.

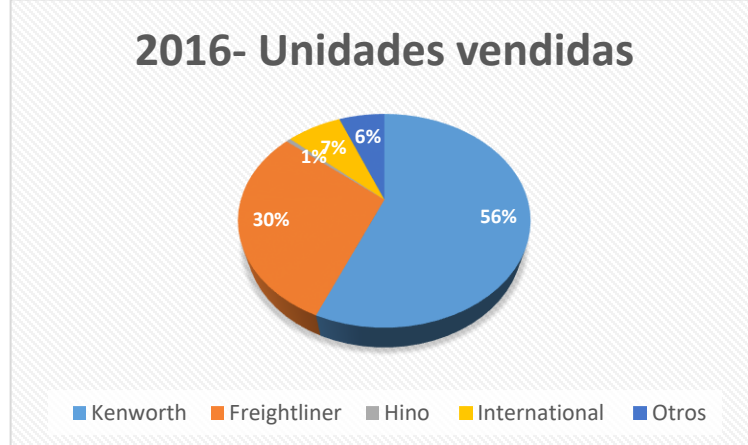
**Cuadro. 1.** Ranking de ventas por marcas tracto camión.

Tracto camión (marca)	2016	2017	2018	2019
Kenworth	93	37	225	927
Freightliner	49	21	19	160
Hino	1	11	34	122
International	12	10	33	109
Otros	10	3	60	86
<b>TOTAL</b>	<b>165</b>	<b>82</b>	<b>371</b>	<b>1404</b>

Fuente: ANDEMOS Asociación Nacional de Movilidad Sostenible, Informe Vehículos Diciembre Colombia, 2019, sección Comercial Carga>10,5t p. 20. Consultado 08/08/2020. Disponible en: <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2020/01/Informe-Vehiculos-2019-12.pdf> y <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2018/01/Informe-Vehiculos-2017-12.pdf>

En la tabla anterior se muestra un consolidado de las unidades vendidas del sector de carga pesada de los últimos 4 años, se puede observar que el sector de tracto camión tuvo un gran incremento en las ventas debido al incremento de las industrias en el país.

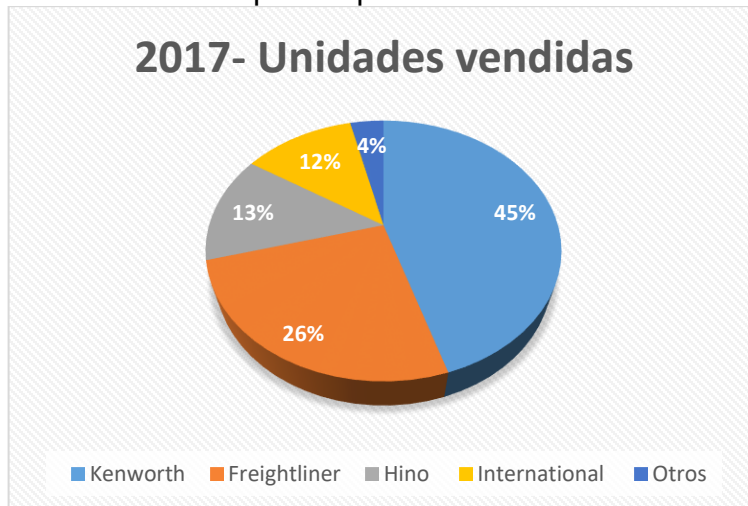
**Gráfica 1.** Participación por unidades vendidas 2016.



Fuente: Elaboración propia con base ANDEMOS Informe Vehículos diciembre 2017.

Para el año 2016 se tiene un total de 165 unidades vendidas en el que la marca Kenworth tiene una participación del (56%) seguido por la marca Freightliner con una participación del (30%).

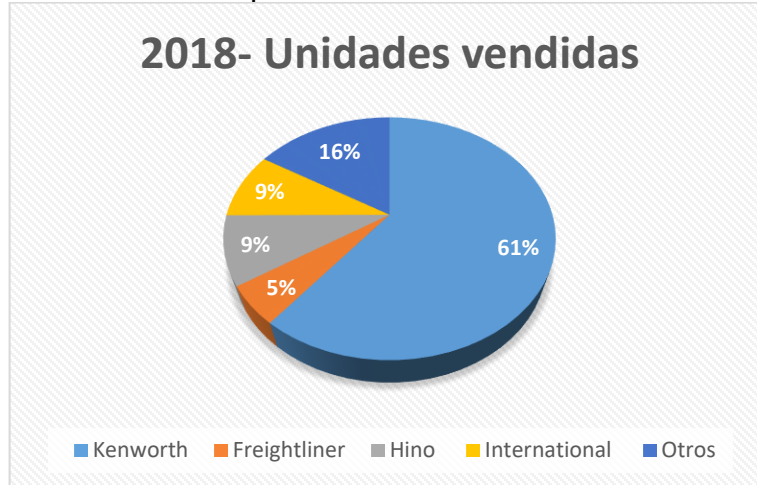
**Gráfica 2.** Participación por unidades vendidas 2017.



Fuente: Elaboración propia con base ANDEMOS Informe Vehículos diciembre 2017.

Para el año 2017 se tiene un total de 82 unidades vendidas en el que la marca Kenworth tiene una participación del (45%) seguido por la marca Freightliner con una participación del (26%), se tuvo un decrecimiento notorio en cuanto a las ventas de la categoría de estos vehículos.

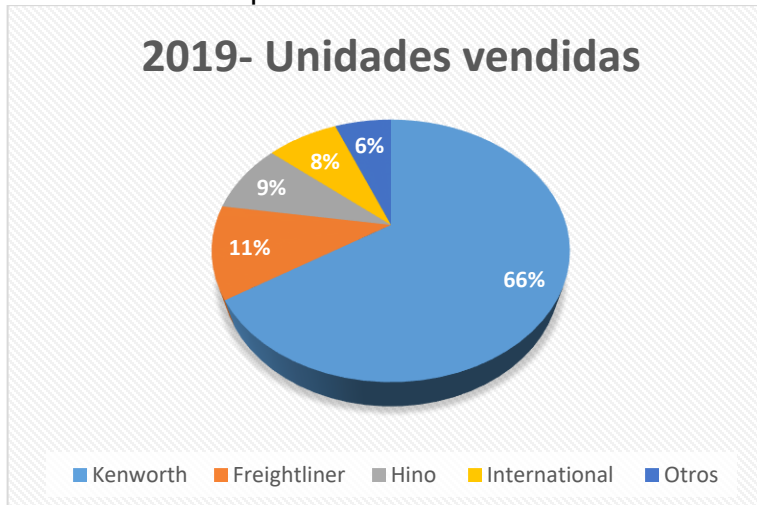
**Gráfica 3. Participación unidades vendidas 2018.**



Fuente: Elaboración propia con base ANDEMOS Informe Vehículos diciembre 2019.

Para el año 2018 se tiene un total de 371 unidades vendidas en el que la marca Kenworth tiene una participación del (61%) seguido por la marca Freightliner con una participación del (5%), en este año se tuvo un crecimiento notorio en cuanto a los 2 años pasados.

**Gráfica 4. Participación unidades vendidas 2019.**



Fuente: Elaboración propia con base ANDEMOS Informe Vehículos diciembre 2019.

Para el año 2019 se tiene un total de 1404 unidades vendidas en el que la marca Kenworth tiene una participación del (66%) seguido por la marca Freightliner con una participación del (11%), en este año se tuvo un crecimiento bastante notorio en cuanto a los 3 años pasados, se puede evidenciar que la marca Kenworth mantuvo el ranking en ventas de los últimos 4 años por lo que hace que sea una de las

marcas más comercializadas en el sector de carga pesada, por ende, se eligió esta marca para objeto de estudio en cuanto a la elaboración del plan de mantenimiento.

**1.8.2 Tipo de criterio.** Para la selección del motor más crítico de la empresa se hace un análisis detallado de la entrada de los diferentes vehículos en los últimos seis meses de la información prestada por la empresa Servi Diesel Colombia del año 2019, en base a estos datos se seleccionará el motor con mayor flujo de entrada.

En la siguiente tabla mostraremos los datos resumidos suministrados por la empresa Servi Diesel Colombia de la entrada de vehículos de los últimos 6 meses del año 2019.

**Cuadro. 2** Flujo de entrada vehicular.

	CUMMINS ISX-450HP	CUMMINS ISM-404HP	DETROIT DD13-425HP	CATERPILLAR C15-475HP
JUNIO	14	4	6	4
JULIO	12	2	8	6
AGOSTO	6	1	10	4
SEPTIEMBRE	4	3	6	9
OCTUBRE	3	0	4	3
NOVIEMBRE	6	0	4	3
DICIEMBRE	5	1	5	1
TOTAL	50	11	43	30

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por la empresa Servi Diésel Colombia.

Con los datos presentados del análisis de entrada de los vehículos en el año 2019, con un total de 50; se seleccionó el motor Cummins ISX, siendo el más trascendental en la empresa, al ser el equipo con mayor flujo de entrada en la compañía y siendo un equipo importante para el proceso productivo de la misma.

## 2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SUBSISTEMAS DEL MOTOR CUMMINS/ISX/450HP

### 2.1 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS COMPONENTES DEL MOTOR CUMMINS ISX/450/15L

Este es un procedimiento que permite, identificar prioridades a los componentes del motor, este análisis permite agilizar la toma de decisiones correctas para la debida reparación del vehículo.

El análisis de criticidad se divide en dos componentes:

1) Equipos críticos:

- El mantenimiento del componente es costoso.
- Puede provocar una parada de emergencia del equipo.
- Provoca una pérdida de vidas.

2) Equipos importantes:

- Su costo de mantenimiento es manejable.
- Tiene impacto en la Operación.

El motor se analizará por componentes donde se realizará su debido análisis de criticidad.

**Cuadro. 3** Clasificación de componentes.

COMPONENTES	CRITICO	IMPORTANTE
Turbocargador	x	
Enfriador de carga aire	x	
Compresor del turbocargador	x	
Múltiple de admisión		x
Válvulas de admisión	X	
Solenoides	x	
Bomba de aceite	x	
Carter		x
Enfriador del aceite lubricante	x	
Indicador de presión de aceite		X
Termostato del aceite lubricante		X
Válvula de alivio de alta presión del aceite lubricante	x	
Válvula de derivación del filtro de aceite lubricante	x	

Cuadro 3. (continuación)

COMPONENTES	CRITICO	IMPORTANTE
Filtro de aceite	X	
Aceite	X	
Múltiple de escape		x
Tubería general		X
Batería	x	
Motor de arranque	X	
Sensores	X	
Alternador		x
Arnés eléctrico	x	
Planta eléctrica		x
Módulo ECM	X	
Filtro de combustible	X	
Bomba de engranes	x	
Bomba de levante		X
Inyector	X	
Válvula de cierre	X	
Actuador dosificación		X
Actuador de posición		X
Radiador	x	
Fan clutch		X
Ventilador		X
Refrigerante		x
Termostato		x
Bomba de agua	x	
Filtro de agua		x
Tanque de almacenaje de agua		x
Block del motor o bloque del motor	X	
Camisas de cilindros con arosellos	X	
Cojinetes de bancada con cojinetes de empuje	X	
Cigüeñal	X	
Engranaje del cigüeñal	x	
Tapas de bancada	X	
Pistones articulados	X	
Placa de refuerzo	X	

Cuadro 3. (continuación)

COMPONENTES	CRITICO	IMPORTANTE
Junta de la cabeza de acero moldeado		X
Cabeza de cilindros	X	
Asientos de válvula y guías de válvula	X	
Válvulas de cilindros admisión y escape	X	
Árboles de levas de inyectores	X	
Freno de motor	x	
Balancines		X
Junta de la cubierta de balancines		X
Cubierta de balancines		X
Soporte frontal del motor	X	
Carcaza de engranes de aluminio con su junta		x
Engrane loco inferior	X	
Engrane loco de ajuste	X	
Engrane del árbol de levas de inyectores	x	
Engrane del árbol de levas de válvulas		X
Cubiertas de engrane de acero superior e inferior		X
Reten frontal del cigüeñal	X	
Tubo de llenado de aceite y respiradero del Cárter		x
El módulo del sistema de combustible integrado IFSM	X	
Tubo de entrada del aire de admisión	X	
Placa de enfriamiento del ECM e IFSM	X	
Cubiertas del ECM e IFSM	x	
Bayoneta del motor		X
Soporte trasero de elevación		X
Cubierta de volante trasera del cigüeñal	X	
Volante y tope de cojinete al cigüeñal		x



Cuadro 3. (continuación)

COMPONENTES	CRITICO	IMPORTANTE
Soporte frontal de elevación		x
Carcasa del termostatos, termostatos y cubierta de la carcasa de termostatos	x	
Conector de entrada del agua		X
Amortiguador de vibración y la polea del cigüeñal		X
Banda del alternador, compresor de freón, del tensor y polea loca		X
Banda de la bomba del agua	X	

Fuente: Elaboración propia con base **Anexo A**, Encuesta y recopilación de información.

Para el **cuadro 3**. Donde se clasificaron los componentes de los subsistemas más importantes, teniendo en cuenta los factores presentados anteriormente se evidencia que al realizar este análisis de criticidad se obtiene que el motor Cummins/ISX/450HP tiene 47 componentes críticos y 32 importantes.

### 2.1.1 Análisis de criticidad de los subsistemas del motor Cummins ISX/450/15L. Para este análisis se van a evaluar los siguientes factores:

**Cuadro. 4** Factores de evaluación análisis de criticidad.

Frecuencia de fallas		Costo de mantenimiento	
Factor	Valor	Factor	Valor
pobre mayor a 80 fallas/semestre	10	mayor o igual a \$8.000.000	10
promedio 40-80 fallas/semestre	6	inferior a \$8.000.000	3
Frecuencia de fallas		Costo de mantenimiento	
Factor	Valor	Factor	Valor
buena 20-40 fallas/semestre	3		
excelente menos de 20 fallas semestrales	1		
Impacto operacional		Impacto seguridad, ambiente e higiene	
Factor	Valor	Factor	Valor

Cuadro 4. (continuación)

Impacto operacional		Impacto seguridad, ambiente e higiene	
Factor	Valor	Factor	Valor
parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	10	afecta ambiente/instalaciones	10
impacta en niveles de intervalo o calidad	3	afecta instalaciones causando daños severos	6
<b>Flexibilidad operacional</b>		provoca daños menores (ambiente-seguridad)	3
hay opción de repuesto compartido/almacén	10	no provoca ningún daño a personas, instalaciones o al ambiente	1
función de repuesto disponible	1		

Fuente: PARRA, Carlos. Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en un sistema de producción. España, Sevilla: Universidad de Sevilla. 2005. p 13.

A continuación, se va a presentar el análisis de criticidad en donde se evalúan los subsistemas más importantes.

### Subsistema admisión de aire

**Cuadro. 5** Análisis de criticidad subsistema admisión de aire.

	Admisión de aire
frecuencia de fallas	6
impacto operacional	3
flexibilidad operacional	10
Costo de mantenimiento	1
impacto seguridad, ambiente e higiene	1
TOTAL	21

Fuente: Elaboración propia en base **Anexo A**, Encuesta y recopilación de información.

## Subsistema lubricación

**Cuadro. 6** Análisis de criticidad subsistema de lubricación.

	Lubricación
frecuencia de fallas	10
impacto operacional	10
flexibilidad operacional	1
Costo de mantenimiento	3
impacto seguridad, ambiente e higiene	3
TOTAL	27

Fuente: Elaboración propia en base **Anexo A**, Encuesta y recopilación de información.

## Subsistema escape

**Cuadro. 7** Análisis de criticidad subsistema escape.

	Escape
frecuencia de fallas	3
impacto operacional	3
flexibilidad operacional	10
Costo de mantenimiento	1
impacto seguridad, ambiente e higiene	1
TOTAL	18

Fuente: Elaboración propia en base **Anexo A**, Encuesta y recopilación de información.

## Subsistema eléctrico

**Cuadro. 8** Análisis de criticidad subsistema eléctrico.

	Eléctrico
frecuencia de fallas	6
impacto operacional	10
flexibilidad operacional	10
Costo de mantenimiento	3
impacto seguridad, ambiente e higiene	3
TOTAL	32

Fuente: Elaboración propia en base **Anexo A**, Encuesta y recopilación de información.

## Subsistema combustible

**Cuadro. 9** Análisis de criticidad subsistema combustible.

	Combustible
frecuencia de fallas	10
impacto operacional	10
flexibilidad operacional	10
Costo de mantenimiento	3
impacto seguridad, ambiente e higiene	3
TOTAL	36

Fuente: Elaboración propia en base **Anexo A**, Encuesta y recopilación de información.

## Subsistema enfriamiento

**Cuadro. 10** Análisis de criticidad subsistema enfriamiento.

	Enfriamiento
frecuencia de fallas	6
impacto operacional	3
flexibilidad operacional	10
Costo de mantenimiento	1
impacto seguridad, ambiente e higiene	1
TOTAL	21

Fuente: Elaboración propia en base **Anexo A**, Encuesta y recopilación de información.

## Subsistema Motriz

**Cuadro. 11** Análisis de criticidad subsistema motriz.

	Motriz
frecuencia de fallas	1
impacto operacional	10
flexibilidad operacional	1
Costo de mantenimiento	10
impacto seguridad, ambiente e higiene	1
TOTAL	23

Fuente: Elaboración propia en base **Anexo A**, Encuesta y recopilación de información.

De acuerdo a este análisis de criticidad se obtiene el orden de importancia de los subsistemas del motor Cummins/ISX/450Hp que corresponde a: Combustible, eléctrico, lubricación, motriz, enfriamiento, admisión y escape. Esto permite analizar

más a detalle las fallas presentes en el motor dando la prioridad necesaria a los subsistemas críticos, para así lograr agilizar la toma de decisiones, para ello se darán parámetros donde se caracterizan estas fallas más adelante.

## **2.2 DIAGNOSTICO GLOBAL DE FALLAS DEL MOTOR CUMMINS ISX**

**2.2.1 Historial de fallas.** La empresa Servi Diesel Colombia no cuenta con registros de fallas del motor Cummins ISX, por lo tanto, se realizó una encuesta a los empleados de la empresa; esta encuesta se puede ver en el **anexo A**; donde se obtuvo las reparaciones que más frecuentan o fallos más típicos del motor; los cuales se registran la pérdida de potencia, esto genera pérdidas de desempeño del motor, este problema puede generarse por fallos eléctricos, aire en el sistema de combustible, fugas de aire de admisión o fugas en el sistema de escape; otra falla común son los altos consumos de combustible, esto puede ser debido a fugas de combustible o la incorrecta técnica del operador al conducir, esto permite los altos consumos de combustible, otro problema común son las vibraciones excesivas del motor, esto debido a fallos de encendido del equipo o desajuste en las velocidades de ralentí; otra falla común es el ruidos excesivos, problema debido a presiones de aceite lubricante por debajo del especifico, otras fallas reportadas son las altas temperaturas del motor y códigos de falla en el sistema de gestión electrónico.

En las actividades de mantenimiento que se le realizan usualmente son cambio de refrigerante o aceites lubricantes, los cuales se reemplazan de acuerdo al kilometraje del vehículo, como también cambio de filtros de combustible, él de aire y refrigerantes importantes para el desempeño óptimo del motor Cummins ISX.

**2.2.2 Procedimientos y técnicas de diagnóstico de fallas.** La información general y completa de la reclamación del cliente es la clave para un diagnóstico de fallas exitoso. Entre más información se conozca acerca de una reclamación, más rápido y fácil puede solucionarse el problema.<sup>21</sup> Las listas del diagnóstico de fallas globales están organizadas de modo que un problema pueda localizarse y corregirse haciendo primero los trabajos que son más fáciles y más lógicas. No es posible incluir todas las soluciones a los problemas que puedan ocurrir; sin embargo, este listado está hecho para conocer las fallas más comunes del motor Cummins ISX, donde se conducirá a las posibles causas del problema. Siguiendo estos pasos básicos de diagnóstico de fallas:

- Obtenga todos los hechos concernientes a la reclamación
- Analice a fondo el problema
- Relacione los síntomas con los sistemas y componentes básicos del motor

---

<sup>21</sup> Propiedad intelectual R 2000 Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparación Motores Signature, ISX y QSX15, sección TS p.1.

- Considere cualquier acción reciente de mantenimiento o reparación que pueda relacionarse con la reclamación
- Revise dos veces antes de iniciar cualquier desensamble
- Solucione el problema usando las tablas de síntomas y haciendo primero las cosas que sean más fáciles
- Determine la causa del problema y haga una reparación completa
- Después de hacer las reparaciones, opere el motor para estar seguro de que la causa de la reclamación ha sido corregida<sup>22</sup>

### **2.3 FALLAS GLOBALES DEL MOTOR CUMMINS ISX**

1. Presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente
2. El compresor de aire se cicla (denominación de que un compresor enciende y apaga de continuo) frecuentemente
3. El ruido del compresor de aire es excesivo
4. El compresor de aire bombea aceite lubricante excesivo dentro del subsistema de aire
5. El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada (no bombea continuamente)
6. El compresor de aire no bombea aire
7. El alternador no carga o carga en forma insuficiente
8. Pérdida de refrigerante-externa
9. Pérdida de refrigerante-interna
10. Temperatura de refrigerante arriba de lo normal
11. La temperatura de refrigerante está debajo de lo normal
12. Refrigerante en el aceite lubricante
13. Paso de gases al cárter excesivo (blowby)
14. La presión de combustible al dar marcha es baja
15. Aceleración o respuesta deficientes del motor
16. El freno del motor no opera
17. Freno del motor – baja potencia de frenado o lento para activarse
18. El motor tiene dificultad para arrancar o no arranca (humo del escape)
19. El motor tiene dificultad para arrancar o no arranca (sin humo del escape)
20. Ruido excesivo del motor
21. Baja salida de potencia del motor
22. El motor funciona irregularmente en ralentí
23. El motor funciona irregularmente o con fallas de encendido
24. El motor se apaga inesperadamente o se para durante la desaceleración

---

<sup>22</sup> Propiedad intelectual © 2000 Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparación Motores Signature, ISX y QSX15, sección TS p.1.

25. Velocidad irregular del motor bajo carga o en el rango de operación
26. El motor arranca, pero no se mantiene funcionando
27. Vibración excesiva del motor
28. El motor no da marcha o da marcha lentamente
29. Consumo excesivo de combustible
30. Combustible en el refrigerante
31. Combustible en el aceite lubricante
32. Consumo excesivo de aceite lubricante
33. Aceite lubricante contaminado
34. Alta presión del aceite lubricante
35. Baja presión del aceite lubricante
36. Temperatura del aceite lubricante arriba de especificación
37. La presión de operación del combustible es baja
38. Humo negro excesivo

Las fallas anteriores son, las más importantes que se presentan después de un determinado tiempo de uso del vehículo, cada falla tiene su motivo, donde a continuación se dará las posibles causas de la falla al momento de presentarse.

**2.3.1 Diagnóstico fallas globales del motor Cummins ISX.** En este apartado se darán las distintas y posibles fallas anteriormente mencionadas, en tablas con sus causas de falla. Este diagnóstico se realiza para reconocer las posibles fallas que pueden suceder al momento de operación del vehículo y los fallos que pueden ocurrirle al motor.

**Cuadro. 12** Diagnóstico de fallas y causas presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente.

Falla	Causa
Presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	Fugas del sistema de aire
	La acumulación de carbón es excesiva en la línea de descarga de aire, válvulas de aire corriente abajo, o cabeza de cilindros
	Componente del sistema de aire está funcionando mal
	La restricción del sistema de aire de admisión al compresor de aire es excesiva
	El sistema de admisión o de escape del compresor de aire fuga aire

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 3. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

**Cuadro. 13** Diagnóstico de fallas y causas del compresor de aire se cicla (denominación de que un compresor enciende y apaga de continuo) frecuentemente.

Falla	Causa
El compresor de aire se cicla (denominación de que un compresor enciende y apaga de continuo) frecuentemente	Fugas del sistema de aire
	Componente del sistema de aire está funcionando mal
	La acumulación de carbón es excesiva en la línea de descarga de aire, válvula check, o cabeza de cilindro
	La válvula check de la salida del secador de aire se está pegando

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 4. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

**Cuadro. 14** Diagnóstico de fallas y causas del ruido del compresor de aire es excesivo.

Falla	Causa
El ruido del compresor de aire es excesivo	Acumulación de hielo en los componentes del sistema de aire
	La acumulación de carbón es excesiva en la línea de descarga de aire, válvulas de aire corriente abajo, o cabeza de cilindros
	El compresor de aire está enviando pulsos de aire hacia los tanques de aire
	El compresor de aire está gastado excesivamente o dañado internamente
	El engrane impulsor del compresor de aire o el tren de engranes del motor está gastado o dañado

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 5. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)



**Cuadro. 15** Diagnóstico de fallas y causas del compresor de aire bombea aceite lubricante excesivo dentro del subsistema de aire.

Falla	Causa
El compresor de aire bombea aceite lubricante excesivo dentro del subsistema de aire	Intervalo excesivo de drenado de aceite lubricante
	La restricción del sistema de aire de admisión al compresor de aire es excesiva
	La acumulación de carbón es excesiva en la línea de descarga de aire, válvula check, o cabeza de cilindro
	La presión del cárter es excesiva
	El compresor de aire funciona caliente
	El compresor de aire está gastado excesivamente o dañado internamente

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 6 y 7. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Realizado el diagnostico global de fallas del motor, se obtienen las fallas que afecten la eficiencia del equipo; al producirse estas fallas el vehículo puede seguir en operación con un cierto tiempo de uso, para luego realizar su revisión y mantenimiento posteriormente. La empresa Servi Diesel Colombia quiere dar a conocer a los clientes esta información para que, en cualquier caso de falla que se llegue a presentar, se tenga claro que debe hacer en caso de falla.

Los diagnósticos restantes los encontraran en el **anexo B**.

## 2.4 DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE LOS SUBSISTEMAS CRÍTICOS DEL MOTOR CUMMINS ISX

En este apartado se darán las fallas de los subsistemas críticos del motor Cummins ISX; los subsistemas críticos se diagnosticaron en el anterior apartado, los sistemas de lubricación, eléctrico y combustión los más críticos e importantes para el funcionamiento del motor, los subsistemas críticos restantes son los sistemas de admisión, escape, enfriamiento y motriz.

En este apartado se diagnosticó fallos de los subsistemas críticos del equipo, también se diagnosticó las causas de los fallos para cada sistema del motor Cummins ISX, las causas nos permitirán identificar mejor el problema, como reconocer que fallo y porque fallo. Las fallas que se diagnosticaron son las fallas de los componentes de cada subsistema, ya que estos serán los componentes que fallaron dentro de cada sistema del motor y los que producirán la parada no programada.

**Cuadro. 16** Diagnóstico fallas del subsistema de lubricación.

Sistema de Lubricación	
Falla	Causa
Fallos Bomba de aceite	Desgaste de la junta de estanqueidad o reten
	Mala filtración del aceite
	Fugas de aceite en la bomba de aceite
	Mala instalación de la bomba de aceite
Desgaste excesivo de piezas	Baja presión del lubricante
	Contaminación del aceite por sustancias abrasivas
Fallos en Enfriador de aceite, cubierta del enfriador de aceite y cabezal de aceite	Falsos contactos en cableado eléctrico
	Grietas en la cubierta de aceite

Cuadro 16. (continuación)

Sistema de Lubricación	
Falla	Causa
	Desgaste de los sellos
	Fugas de aceite en los tubos del enfriador
	Falta de aceite lubricante
Fallas o fugas filtro de aceite	Suciedad o partículas en el filtro
	Fugas en la justa del filtro de aceite
	Desajuste del filtro
	Deformación del filtro por las altas presiones
	Taponamiento del filtro
Fallas en los termostatos	Mal montaje de la carcasa
	Grietas de la carcasa
	Mal montaje de los termostatos
	Fugas de aceite en la cubierta de los termostatos
	Oxidación y corrosión de los termostatos
	Acumulación de sedimentos por las vías del termostato

Cuadro 16. (continuación)

Sistema de Lubricación	
Falla	Causa
Fugas Cárter de aceite	Fisuras en el cárter
	Fugas por mal montaje del cárter
Fallas en Indicador de presión de aceite	Obstrucción de la señal
	Problemas en la bomba de aceite
	Conexiones de cableado
Fallas en la Válvula de alivio de alta presión	Desgaste del resorte
	Obstrucción del embolo de la válvula
	Presiones altas por la bomba de aceite
Fallas en la Válvula de derivación del filtro de aceite	Desgaste del resorte
	Obstrucción de resorte
	Deformación del filtro de aceite

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 17** Diagnóstico fallas del subsistema de combustible.

Sistema de Combustible	
Falla	Causa
Fallos Filtro de Combustible	Acumulación de suciedad o partículas en el filtro
	Fugas por la junta del filtro
	Mal montaje del filtro

Cuadro 17. (continuación)

Sistema de Combustible	
Falla	Causa
Baja presión en la Bomba de levante	Montaje incorrecto de la bomba
	Daños en el regulador de presión
	Resorte de la bomba dañado
	Desajuste de los conectores eléctricos
Mal funcionamiento en la Bomba de engranes	Ruptura de los dientes de los engranes
	Mal montaje de la bomba de engranes
	Fugas en la bomba de engranes
Daño en los Inyectores de combustible	Afectada por restricciones
	Problemas eléctricos
	Desincronización con la unidad de control eléctrico
	Deformación en el inyector
Fallos en el Módulo del sistema de combustible	Desincronización de los códigos
	Falsos contacto cableado eléctrico
	Desgaste de los sellos o juntas

Cuadro 17. (continuación)

Sistema de Combustible	
Falla	Causa
Daños en la Válvula de cierre	Desgaste del resorte
	Obstrucción al resorte
	Ruptura del resorte
Fallos en el Actuador dosificación	Pegue completo del actuador a la carcasa
	Obstrucción al actuador
	Ruptura del resorte
	Falsos contacto cableado eléctrico
Fallos en el Actuador de posición	Pegue completo del actuador a la carcasa
	Ruptura del resorte
	Falsos contacto cableado eléctrico
Deficiente funcionamiento del ECM o módulo de control electrónico	Desincronización de los códigos
	Falsos contacto cableado eléctrico
	Desgaste de los sellos o juntas

Fuente: Elaboración propia.

Estas son las principales fallas de los subsistemas críticos del motor Cummins ISX como también sus causas, esto permite identificar que pudo haber fallado, y reconocer que se debe revisar, para así realizar su debido mantenimiento.

Estas fallas afectan la vida útil del motor, las fallas se deben tener en cuenta, debido a que las fallas de los sistemas críticos si afectan gravemente al motor y los subsistemas donde se presenta la falla; por lo que después de diagnosticar la falla se debe hacer su respectiva revisión y mantenimiento.

Las fallas de los subsistemas críticos y sus causas restantes se encuentran en el **anexo C**.

## **2.5 SELECCIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO**

**2.5.1 Tipos de mantenimientos preventivos.** Se recopiló información sobre los diferentes tipos de planes de mantenimiento, que abarquen planes de mantenimientos preventivo.

### **Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM)**

RCM o mantenimiento basado en Fiabilidad/Confiabilidad es una metodología de mantenimiento basada en el análisis de fallos potenciales y en la determinación de las medidas para evitarlos.

El mantenimiento basado en confiabilidad se basa en analizar fallos potenciales que pueden tener el equipo; se determinan todos los fallos potenciales, se categorizan para estudiar las medidas preventivas que se pueden adoptar, estas medidas preventivas tienen diferentes naturalezas, como lo son tareas de mantenimiento con que hay que realizarlas con una cierta periodicidad, las tareas más comunes pueden ser cambiar piezas sistemáticas, modificaciones, rediseños y realizar una elaboración de protocolos distintos de operación de los equipos o elaboración de protocolos de mantenimiento diferentes a los ya los existentes para disminuir los costos de mantenimiento

El mantenimiento centrado en fiabilidad se basa en el análisis de fallos, tanto aquellos que ya han ocurrido, como los que se están tratando de evitar con determinadas acciones preventivas como por último aquellos que tienen cierta probabilidad de ocurrir y pueden tener consecuencias graves. El mantenimiento centrado en confiabilidad es una técnica que trata de evitar los fallos que se pueden producir en un sistema o equipo, o minimizar los efectos de este al momento de producirse.

Las preguntas a contestar a los fallos son:

¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?

¿Cómo falla cada equipo?

¿Cuál es la causa de cada fallo?

¿Qué consecuencias tiene cada fallo?

¿Cómo puede evitarse cada fallo?

¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo?

### **Mantenimiento productivo total (TPM)**

El Mantenimiento Productivo Total, también conocido como TPM, por sus siglas en inglés (Total Productive Maintenance), nació en Japón, y tiene sus principales antecedentes en los conceptos de mantenimiento preventivo desarrollados en los años cincuenta en la industria automotriz. El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones de los equipos y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos como debe operar al 100% de su capacidad el 100% del tiempo de su operación con la participación total del personal de la empresa.

El objetivo del mantenimiento productivo total es ayudar a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad, no conformidades y capacidad de respuesta, reducción de costes operativos y conservación del “conocimiento” industrial.

Actividades en las que se involucra al personal de producción, con el propósito de aumentar las probabilidades de mantenimiento del entorno limpio y ordenado, como requisitos previos de la eficiencia del sistema. Además, el TPM presenta beneficios al momento de implementarlo como lo son:

- Mejora de calidad del ambiente de trabajo
- Mejor control de las operaciones
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas
- Aprendizaje permanente
- Mejora las condiciones ambientales
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos
- Reducción de los costes de mantenimiento
- Mejora de la calidad del producto final
- Menor coste financiero por recambios
- Crea capacidades competitivas desde la fábrica

Las habilidades que se obtienen al desarrollar este plan de mantenimiento son el identificar problemas, comprender el funcionamiento de los equipos, entender la caracterización de la calidad del producto, poder analizar y resolver problemas de las operaciones del proceso y la habilidad de trabajar y cooperar con áreas relacionadas con el proceso de la empresa.

El mantenimiento productivo total tiene una filosofía esencial basada en cinco palabras japonesas que comienzan con una “s”, esta filosofía se orienta en trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados de trabajo. El significado de las cinco “s” es:

- Seiri (ordenamiento o acomodo)



- Seiton (Todo en Su Lugar)
- Seiso (¡que brille!)
- Seiketsu (Estandarizar)
- Shitsuke (Sostener)

Una vez bien implementado, el proceso de las 5S's eleva la moral, crea impresiones positivas en los clientes y aumenta la eficiencia la organización. No solo se sienten los trabajadores mejor acerca del lugar donde trabajan, sino que el efecto de superación continua genera menores desperdicios, mejor calidad de productos y una iniciativa al participar más rápida, las cuales, hace a compañía más competitiva en el mercado

### Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO)

El sistema PMO (Optimización del Mantenimiento Planeado), es un método diseñado para revisar los requerimientos actuales de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos o equipos en operación. La teoría básica del PMO parte del análisis del Ciclo Reactivo del Mantenimiento que se muestra en la Figura 2, adaptado de Steve Turner.<sup>23</sup>

**Figura 13.** Ciclo reactivo del mantenimiento.



Fuente: TURNER, Steven; PM Optimization Programs Maintenance Analysis for Results; OMCS International, 2002.

El PMO comienza analizando el programa existente de mantenimiento en la empresa, es decir, el PMO es un plan de mantenimiento aplicado a las empresas que ya tienen un sistema implementado para realizar las tareas preventivas de mantenimiento a equipos funcionales de toda la planta, identificando aquellos elementos del programa actual que son útiles y los que son inadecuados. El

<sup>23</sup> García Palencia, Oliverio; El sistema PMO: Optimización Real del Mantenimiento Planeado; Conferencia Latinoamericana de Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad Operacional; Chile, Santiago de Chile; 2007.

personal establece las fallas críticas y sus causas dentro del historial de fallas, y determina cuales se pueden prevenir con actividades de Mantenimiento Proactivo.

Las ventajas más representativas al desarrollar un plan de optimización de mantenimiento planeado son:

- Se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta
- Se logra un efectivo uso de los recursos
- Se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta
- Se logra un efectivo uso de los recursos
- Se mejora la productividad de los operarios y del personal de mantenimiento
- El sistema se adapta a las situaciones y los objetivos específicos de cada cliente
- La optimización del PM motiva al personal<sup>24</sup>

Para la implementación de la optimización del mantenimiento planeado Steve Turner recomienda nueve pasos los cuales son:

- Establecimiento de las funciones y tareas
- Análisis de los Modos de Falla
- Racionalización y revisión de los procedimientos
- Análisis Funcional basado en Confiabilidad
- Evaluación de las consecuencias
- Determinación de las políticas de mantenimiento
- Agrupación y revisión de los procesos funcionales
- Aprobación e Implementación de los programas
- Programa de Vida y de Mejoramiento Continuo<sup>25</sup>

### **Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)**

El Análisis del Modo y Efecto de Fallas, también conocido como AMEF o FMEA por sus siglas en inglés (Failure Mode Effect Analysis), nació en Estados Unidos a finales de la década del 40. Utilizados por la industria aeroespacial y militar en el desarrollo de cohetes, se creó con el propósito de evaluar la confiabilidad de los equipos, un método y una forma de identificar problemas potenciales, en la medida en que determina los efectos de las fallas de los mismos.<sup>26</sup>

El Análisis del Modo y Efecto de Fallas, es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera

---

<sup>24</sup> TURNER, Steven; PM Optimization Programs Maintenance Analysis for Results; OMCS International, 2002.

<sup>25</sup> Ibid.

<sup>26</sup> AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla; disponible en : <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

Los pasos para implementar un análisis del modo y efecto de falla son los siguientes:

- Determine el producto o proceso a analizar
- Liste los pasos del proceso o las partes del sistema a analizar
- Describa la función del paso o el componente
- Determinar los posibles modos de falla de cada paso o componente
- Listar los efectos de cada potencial modo de falla
- Asignar el grado de severidad de cada efecto Severidad es la consecuencia de que la falla ocurra (Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla. Se utiliza una escala del 1 al 10: el '1' indica una consecuencia sin efecto. El 10 indica una consecuencia grave)
- Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla Ocurrencia a la probabilidad de que la falla ocurra
- Describa si hay controles actuales de prevención
- Describa si hay controles actuales de detección
- Asignar el grado de detección de cada modo de falla (Detección es la probabilidad de que la falla sea detectada antes de que llegue al cliente)

Este procedimiento de análisis tiene unas ventajas significativas, por ejemplo:

- Identificar las posibles fallas en un producto, proceso o sistema
- Conocer a fondo el producto, el proceso o el sistema
- Identificar los efectos que puede generar cada falla posible
- Evaluar el nivel de criticidad (gravedad) de los efectos
- Identificar las causas posibles de las fallas
- Establecer niveles de confiabilidad para la detección de fallas
- Evaluar mediante indicadores específicos la relación entre: gravedad, ocurrencia y defectibilidad
- Documentar los planes de acción para minimizar los riesgos
- Identificar oportunidades de mejora

**2.5.2 Criterios de selección plan de mantenimientos.** Para la selección del plan de mantenimiento más adecuado, se realizó cuatro matrices de alternativas para cada plan de mantenimiento, como lo son: RCM, PMO, TPM y AMEF. Esta matriz tendrá cuatro columnas, las cuales tendrán diferentes ítems para la selección del plan de mantenimiento. Los ítems propuestos son: criterios de selección, peso, calificación y ponderación. Por último, se tendrá el total de la calificación. A continuación, se explicará cada ítem de la matriz.

- **Criterios de selección:** Este ítem hace referencia a los criterios de evaluación que se seleccionaron para la evaluación de la matriz.
- **Peso:** Este es un valor porcentual que no cambiara para las cuatro matrices, son valores fijos para la evaluación de cualquier plan de mantenimiento. Donde los valores pueden ir de 1 a 100 por ciento (%).
- **Calificación:** Es un valor de importancia; propuesto tanto para la empresa como para el cliente, puede tener un valor de 1 a 3 dependiendo del plan de mantenimiento que se esté evaluando. Siendo 1 de menor importancia y 3 de mayor importancia tanto para la empresa como para el cliente.
- **Ponderación:** Este ítem hace referencia al valor que se obtuvo de la multiplicación del peso y calificación.
- **Total de la calificación:** Este es el resultado de la suma de los ponderados para cada matriz de evaluación. Este número nos indicara el valor de cada matriz para después hacer el análisis de selección.

### **2.5.3 Criterios.** Criterios seleccionados para la evaluación de la matriz.

1. **Altos costos de mantenimiento:** Este criterio es de mucha importancia ya que el plan de mantenimiento a seleccionar, se fundamente en disminuir los costos del mismo, cabe aclarar que el AMEF se orienta más a, hallar los fallos y a minimizar los riegos de estás.
2. **Disponibilidad del vehículo:** Está característica es importante para saber quién es propietario del vehículo, y determinar qué tan influencia es el no tener un plan de mantenimiento y tener sus beneficios.
3. **No se cuenta con un plan de mantenimiento:** Este ítem se refiere al momento de desarrollar un plan de mantenimiento no debe tener un plan de mantenimiento ya existente, para así optimizarlo como, por ejemplo, lo hace el PMO.
4. **Información disponible:** Este ítem nos informa que algunos planes de mantenimiento necesitan información que algunas veces no tienen tanto la empresa como el cliente, por lo que es imposible realizar el plan de mantenimiento.
5. **Capacitación del personal:** Esta característica no es viable, si se requiere preparación continua del personal y no se tiene la capacidad de hacerlo. Este ítem es de suma importancia para el AMEF y el TPM.
6. **Equipos para la realización del plan:** Esta característica es de importancia, ya que en algunos planes de mantenimiento se necesitan instrumentos de inspección que la empresa no dispone y no tiene la capacidad de adquirirlos por sus altos costos de los mismos.
7. **Indicadores de desempeño:** esta característica es importante ya que es necesaria para la implementación de cualquier tipo de mantenimiento, no hay seguimiento de los vehículos en su debido mantenimiento, por medio de indicadores, en especial para el AMEF, ya que su finalidad va enfocada a estos.

8. Mantenimiento realizado por terceros: no es una característica de gran nivel de importancia al momento de efectuar algunos de los planes, pero es un factor de importancia para su elección.
9. Mantenimiento correctivo: esta característica es importante para la aplicación del RCM, por lo que su implementación solo realiza cuando son tareas de mantenimiento correctivo, para el PMO no cuenta ya que solo se necesita cuando existe un plan de mantenimiento.
10. Beneficio a futuro: esta característica es necesaria ya que se tiene que tener una visualización a futuro del beneficio económico que trae la implementación del plan de mantenimiento, ya que este es el fin de casi todos.

**Cuadro. 18** Matriz de alternativas RCM.

Matriz de alternativas para RCM			
Criterios de selección	Peso %	Calificación	Ponderado
Altos costos de mantenimiento	20%	3	0.6
Disponibilidad del vehículo	10%	3	0.3
No se cuenta con un plan de mantenimiento	5%	3	0.15
Información disponible	10%	3	0.3
Capacitación del personal	15%	2	0.3
Equipos para la realización del plan	5%	1	0.05
Indicadores de desempeño	10%	2	0.2
Mantenimiento realizado por terceros	5%	1	0.05
Mantenimiento correctivo	5%	3	0.15
Beneficios a futuro	15%	3	0.45
Total de la calificación	100%	25	2.55

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 19** Matriz de alternativas PMO.

Matriz de alternativas para PMO			
Criterios de selección	Peso %	Calificación	Ponderado
Altos costos de mantenimiento	20%	3	0.6
Disponibilidad del vehículo	10%	1	0.1
No se cuenta con un plan de mantenimiento	5%	1	0.05
Información disponible	10%	2	0.2
Capacitación del personal	15%	2	0.3

Cuadro 19. (continuación)

Matriz de alternativas para PMO			
Criterios de selección	Peso %	Calificación	Ponderado
Equipos para la realización del plan	5%	1	0.05
Indicadores de desempeño	10%	2	0.2
Mantenimiento realizado por terceros	5%	2	0.1
Mantenimiento correctivo	5%	1	0.05
Beneficios a futuro	15%	2	0.3
Total de la calificación	100%	17	1.95

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 20** Matriz de alternativas TPM.

Matriz de alternativas para TPM			
Criterios de selección	Peso %	Calificación	Ponderado
Altos costos de mantenimiento	20%	3	0.6
Disponibilidad del vehículo	10%	2	0.2
No se cuenta con un plan de mantenimiento	5%	2	0.1
Información disponible	10%	2	0.2
Capacitación del personal	15%	2	0.3
Equipos para la realización del plan	5%	1	0.05
Indicadores de desempeño	10%	2	0.4
Mantenimiento realizado por terceros	5%	2	0.1
Mantenimiento correctivo	5%	2	0.1
Beneficios a futuro	15%	3	0.45
Total de la calificación	100%	20	2.5

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 21** Matriz de alternativas AMEF.

Matriz de alternativas para AMEF			
Criterios de selección	Peso %	Calificación	Ponderado
Altos costos de mantenimiento	20%	2	0.4
Disponibilidad del vehículo	10%	3	0.3
No se cuenta con un plan de mantenimiento	5%	2	0.1

Cuadro 21. (continuación)

Matriz de Alternativas para AMEF			
Criterios de selección	Peso %	Calificación	Ponderado
Información disponible	10%	3	0.3
Capacitación del personal	15%	1	0.15
Equipos para la realización del plan	5%	2	0.1
Indicadores de desempeño	10%	2	0.2
Mantenimiento realizado por terceros	5%	2	0.1
Mantenimiento correctivo	5%	2	0.1
Beneficios a futuro	15%	3	0.3
Total de la calificación	100%	21	2.05

Fuente: Elaboración propia.

El plan de mantenimiento seleccionado es el RCM, debido a su claridad en las características de la empresa y su tipo de aplicación según la industria. El RCM es el que más beneficios generaría a Servi Diesel Colombia ya que no requiere de un plan de mantenimiento previo a su ejecución, es conveniente para cuando se es propietario de los vehículos en planta, para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los mismos, para reducir costos de mantenimiento y en especial cuando se trata de las empresas donde no es posible económicamente designar departamentos o grupos de trabajo especializados y comprometidos con la ejecución y control de un plan de mantenimiento.

El plan de mantenimiento va enfatizado a empresas terceras que traen sus vehículos a la empresa Servi Diesel Colombia para su debido mantenimiento, por ende, se está sujeto a que se presente una variabilidad de seguimiento en el desarrollo del plan de mantenimiento en los vehículos. Pero además de esto, se establece un supuesto importante en este punto: las compañías a prestar servicio a sus vehículos ya sean de carga u otra actividad deben cumplir con la normatividad establecida por la ley referente al estado y funcionalidad de sus vehículos, demostrando así que se les realiza el mantenimiento preventivo obligatorio correspondiente.

### 3. ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO ADECUADO PARA EL MOTOR CUMMINS ISX/450HP/15L

#### 3.1 Indicadores de mantenimiento

**3.1.1 Selección de indicadores.** Para la elaboración del plan de mantenimiento para el motor Cummins ISX/450HP/15L, se debe definir los diferentes pasos para la correcta elección de la información que nos podrá ser útil para poder tomar decisiones en cuanto a cómo serán los procesos para desarrollar la rutas y guías de mantenimiento, por ello es indispensable hacer una buena elección de los indicadores para tener la información precisa sobre el estado del vehículo.

Para la empresa y su proceso de trabajo se seleccionaron los siguientes indicadores: disponibilidad por averías, tiempo medio entre fallos, numero de órdenes de trabajo pendientes, mantenimiento correctivo, mantenimiento por emergencia.

La selección de estos indicadores nos dará una trazabilidad del plan de mantenimiento, todo esto pensando que en un futuro la empresa desee implementarlo y evaluar su efectividad a nivel operacional. Los indicadores son una herramienta que se dejará estipulada en el plan, pero ya dependerá de la empresa su desarrollo y la decisión de aplicarlos.

#### **Disponibilidad por averías.**

Este indicador fue seleccionado por que permite tener el porcentaje que va tener cada vehículo en cuanto a la disponibilidad de trabajo, lo que facilitara los tiempos de producción en las empresas terceras.

Este indicador es muy importante para la planta de trabajo, ya que acá se realizan todas las debidas reparaciones de los diferentes vehículos, cualquier problema que se presente involucrara retraso con las empresas de carga u operarios independientes. Para su respectivo cálculo se tiene la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}}_{27}$$

#### **Tiempo medio entre fallas (MTBF).**

Este indicador fue seleccionado por lo que la empresa no tiene documentación en los tiempos de fallo de los vehículos, por ende, facilitara conocer la periodicidad de fallo en cada uno de los vehículos.

---

<sup>27</sup>GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. España: Ediciones Díaz de Santos. 2003. Cap. 9. p. 258



Este indicador nos permite conocer la periodicidad de tiempos en que se presentan las fallas en el motor, esto con el fin de determinar la frecuencia de los diferentes problemas que se presenten, de este modo hallar que parte del motor se encuentran en constante falla para su reparación o sustitución por completo. Para su respectivo cálculo se tiene la siguiente ecuación.

$$\frac{N^{\circ} \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}} \text{ } ^{28}$$

### **Tiempo medio de reparación (MTTR).**

Este indicador fue seleccionado por lo que la empresa no tiene documentación en los tiempos de fallo de los vehículos, por ende, facilitara conocer los tiempos y porcentajes de trabajo.

Este indicador nos permite conocer la complejidad de cada falla y el tiempo que se tarda en dar solución a la falla. Para su respectivo cálculo se tiene la siguiente ecuación.

$$\frac{N^{\circ} \text{ de horas totales de paro por averías}}{N^{\circ} \text{ de averías}} \text{ } ^{29}$$

### **Confiabilidad**

Este indicador fue seleccionado porque permite conocer el índice de confiabilidad que se presenta con la calidad del trabajo realizado.

Este indicador establece el intervalo de tiempo en que funciona de forma adecuada el vehículo. Para su respectivo cálculo se tiene la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{Tiempo medio entre fallas}}{\text{Tiempo medio entre fallas} + \text{Tiempo medio de reparación}} \text{ } ^{30}$$

### **3.1.2 Evaluación de indicadores.**

#### **Disponibilidad por averías**

Para este indicador se tomaron datos basados en las jornadas de trabajo de los vehículos.

Horas totales de trabajo: 1250 H

Horas de trabajo de mantenimiento: 115H

---

<sup>28</sup> Ibid. p. 258

<sup>29</sup> Ibid. p. 259

<sup>30</sup> CONTEC LTDA. Indicadores para la gestión del mantenimiento. [sitio web]. [consultado 05 abril 2020]

$$\frac{1250 - 115}{1250} \times 100\% = 90.8\%$$

### **Tiempo medio entre fallas (MTBF).**

Para este indicador se tomaron datos basados en las jornadas de trabajo de los vehículos.

Horas de trabajo de mantenimiento: 1250H

Numero de fallas: 5

$$\frac{1250 \text{ horas}}{5 \text{ averias}} = 250 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$

### **Tiempo medio de reparación (MTTR).**

Para este indicador se tomaron datos basados en las jornadas de trabajo de los vehículos.

Horas totales de paro por fallas: 115

Numero de fallas: 5

$$\frac{115 \text{ horas}}{5 \text{ falla}} = 23 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}$$

### **Confiabilidad**

Para este indicador se tomaron datos basados en las jornadas de trabajo de los vehículos.

Tiempo medio entre fallas: 250 horas/falla

Tiempo medio de reparación: 23 horas/falla

$$\frac{250 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}}{250 \frac{\text{horas}}{\text{falla}} + 23 \frac{\text{horas}}{\text{falla}}} \times 100\% = 91.57\%$$

## **3.2 CODIFICACIÓN DEL EQUIPO SELECCIONADO**

Para la codificación de los componentes para la empresa Servi Diesel Colombia, se analizó el equipo planteado para el caso de estudio, el cual es, el motor Cummins ISX/450HP/15L. En este apartado se codificarán los diferentes componentes y subsistemas de dicho motor.

**3.2.1 Codificación subsistemas y componentes del motor Cummins ISX.** En este apartado se comenzará codificando los seis subsistemas del motor, seguido se iniciará con un listado de los diferentes elementos o componentes de cada subsistema en el orden de criticidad anteriormente establecido. El sistema de codificación se compondrá de cuatro partes; primera parte; como la empresa Servi Diesel Colombia repara diferentes tipos de vehículos, por lo cual llegan diferentes tipos de motores, por lo que, se comenzará asignando un código para el motor en estudio, dicho código siempre será el mismo para identificar el motor al que se le está realizando el mantenimiento, donde el código asignado será CMISX, haciendo referencia al motor Cummins ISX/450HP/15L, este código siempre comenzara de primeras, la segunda parte se le asignara un código que identifique los subsistema del motor, tercera parte será un código que identifique los componentes de los subsistemas y la cuarta parte será la codificación de los elementos más importantes de los diferentes componentes de los subsistemas del motor.

**Cuadro. 22** Partes del sistema de codificación.

<b>Sistema de Codificación-Partes</b>			
<b>Primera parte</b>	<b>Segunda parte</b>	<b>Tercera parte</b>	<b>Cuarta Parte</b>
CMISX	SA	2	0.1

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 23** Codificación de los subsistemas.

<b>Códigos de los subsistemas</b>	
SA	Sistema de Admisión
SC	Sistema de Combustible
SE	Sistema Eléctrico
SL	Sistema de Lubricación
SEF	Sistema de Enfriamiento
SEC	Sistema de Escape
SM	Sistema Motriz

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 24** Codificación de los componentes subsistemas de admisión.

<b>Codificación de los componentes de los subsistemas</b>	
<b>SA</b>	<b>Sistema de Admisión</b>
SA 1	Actuador dosificación
SA 2	Turbocargador
SA 3	Enfriador de carga de aire
SA 4	Múltiple de admisión
SA 5	Válvulas de admisión
SA 6	Solenoides

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 25** Codificación de los componentes subsistemas de combustión.

<b>Codificación de los componentes de los subsistemas</b>	
<b>SC</b>	<b>Sistema de Combustión</b>
SC 1	Filtro de combustible
SC 2	Bomba de engranes
SC 3	Bamba de levante
SC 4	Inyectores
SC 5	Válvula de cierre
SC 6	Actuador dosificación
SC 7	Actuador de posición
SC 8	Módulo ECM

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 26** Codificación de los componentes subsistemas eléctrico.

<b>Codificación de los componentes de los subsistemas</b>	
<b>SE</b>	<b>Sistema Eléctrico</b>
SE 1	Batería
SE 2	Motor de arranque
SE 3	Sensores
SE 4	Alternador
SE 5	Arnés eléctrico
SE 6	Planta eléctrica
SE 7	Módulo ECM

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 27** Codificación de los componentes subsistemas de lubricación.

<b>Codificación de los componentes de los subsistemas</b>	
<b>SL</b>	<b>Sistema de Lubricación</b>
SL 1	Bomba de aceite
SL 2	Carter
SL 3	Enfriador del aceite lubricante
SL 4	Indicador de presión de aceite
SL 5	Termostato del aceite lubricante
SL 6	Válvula de alivio de alta presión del aceite lubricante
SL 7	Válvula de derivación del filtro de aceite lubricante
SL 8	Filtro de aceite

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 28** Codificación de los componentes subsistemas de enfriamiento.

<b>Codificación de los componentes de los subsistemas</b>	
<b>SEF</b>	<b>Sistema de Enfriamiento</b>
SEF 1	Radiador
SEF 2	Fan clutch
SEF 3	Ventilador
SEF 4	Intercooler
SEF 5	Refrigerante
SEF 6	Termostato
SEF 7	Bomba de agua
SEF 8	Filtro de agua
SEF 9	Tanque de almacenaje de agua

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 29** Codificación de los componentes subsistemas de escape.

<b>Codificación de los componentes de los subsistemas</b>	
<b>SEC</b>	<b>Sistema de Escape</b>
SEC 1	Múltiple de escape
SEC 2	Tubería general
SEC 3	Turbocargador

Fuente: Elaboración propia.

Para la codificación de los componentes del subsistema motriz, se podrá ver con más detalle en **anexo D**.

Para la codificación de elementos de componentes de los subsistemas antes mencionados del **cuadro 22**, también llamado parte cuatro del sistema de codificación podrá verla con más detalle dirigirse al **anexo E**; como también se podrá ver el listado general de los subsistemas y los componentes del motor Cummins ISX.

### 3.3 FUNCIONES DEL MOTOR CUMMINS ISX

**3.3.1 Funciones subsistemas.** En este apartado se describirán las funciones de cada subsistema, es decir, las funciones que debe realizar cada subsistema para que el motor tenga un normal funcionamiento y un máximo desempeño. Como también se catalogarán las funciones de los subsistemas como primarias y secundarias, siendo la primaria como “importante” ya que este funcionamiento impedirá que el motor funcione de manera adecuada y precisa, mientras que la secundaria será de “menos importancia” ya que la función que este fallando en el subsistema pueda continuar, pero con un desempeño menor, sin afectar la vida útil del motor, es decir, que el vehículo y su motor pueda seguir con funcionamiento y su adecuado transitar, como también su buen funcionamiento de los subsistemas del motor.<sup>31</sup>

Las funciones de cada uno de los subsistemas con su catalogación, se realizarán en función del orden de análisis de criticidad anteriormente realizado.

**Cuadro. 30** Funciones del sistema de Lubricación.

Subsistema de Lubricación		
Funciones	Primaria	Secundaria
Disminuir la fricción o el desgaste en los diferentes componentes móviles del motor	X	
Disipar el calor que se genere a partir del roce entre los componentes móviles del motor	X	
Mantener en suspensión el carbón y los residuos para su debida extracción de estas impurezas.		X

<sup>31</sup> GARCIA GARRIDO, Santiago. Plan de mantenimiento basado en RCM. En: Ingeniería del mantenimiento: manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento. España: Renovotec, 2009. p. 165. 89788461656172

Cuadro 30. (continuación)

Subsistema de Lubricación		
Funciones	Primaria	Secundaria
Mantener estable la película lubricante de las piezas móviles	X	
Hacer circular el lubricante dentro del motor	X	
Mantener y controlar las presiones del lubricante		X
Distribuir el lubricante por el motor		X
Suministrar el lubricante filtrado y limpio	X	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 31** Funciones del sistema Eléctrico.

Subsistema Eléctrico		
Funciones	Primaria	Secundaria
Suministrar energía eléctrica a los componentes que lo requieran por medio del ramal de cableado	X	
Funciones del ECM: La principal función es controlar la dosificación y sincronización de combustible	X	
Controlar el voltaje		X
Ajustar los cambios que el ECM considere pertinentes		X
ECM: La función secundaria del ECM es operar dispositivos como ventilador, calentador de combustible (si lo tiene) y freno motor		X
Encargado del encendido del motor	X	
Cargar la batería del automóvil durante su funcionamiento	X	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 32** Funciones del sistema de Enfriamiento.

Subsistema de Enfriamiento		
Funciones	Primaria	Secundaria
Mantener la temperatura correcta del motor	X	
Mantener la cantidad y velocidades del refrigerante en movimiento	X	
Mantener la eficiencia del radiador por medio del paso de aire en esté		X
Mantener y controlar las presiones del refrigerante del motor	X	
Medir y controlar las temperaturas del motor	X	
Distribuir el refrigerante por el motor	X	

Fuente: Elaboración propia.

Las funciones de los subsistemas restantes y su catalogación se encuentran en el **anexo F**.

### **3.4 FALLOS DE LOS SUBSISTEMAS**

**3.4.1 Clasificación fallos de los subsistemas.** El siguiente paso a realizar para la elaboración del plan de mantenimiento al motor Cummins ISX es realizar un listado de cada una de las fallas de los subsistemas, teniendo en cuenta sus componentes y los elementos de los componentes de los sistemas, para analizar su comportamiento y así asignarles su clasificación, donde se asignaron dos tipos de clasificación, las fallas técnicas y las funcionales; siendo las fallas técnicas donde el vehículo no puede operar ya que es de alto riesgo el funcionamiento del motor; las fallas funcionales son las fallas que afectan la vida útil de la máquina, pero puede funcionar, teniendo un límite de uso del equipo.<sup>32</sup>

Las fallas seleccionadas se diagnosticaron en el objetivo 2 en el apartado diagnóstico de fallas de los subsistemas del motor, con esos diagnósticos de falla se podrá realizar la clasificación de las fallas. La clasificación se realizará en el orden de criticidad de los subsistemas.

---

<sup>32</sup> GARCIA GARRIDO, Santiago. Plan de mantenimiento basado en RCM. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [consultado 12 de abril 2020]. p. 39. ISBN 9788479785772



**Cuadro. 33** Clasificación de fallas de los subsistemas.

Subsistemas de Lubricación		
Falla	Funcional	Técnica
Fallos bomba de aceite		X
Desgaste excesivo de piezas		X
Fallos en Enfriador de aceite, cubierta del enfriador de aceite y cabezal de aceite	X	
Fallas o fugas filtro de aceite	X	
Fallas en los termostatos	X	
Fugas Cárter de aceite		X
Fallas en Indicador de presión de aceite	X	
Fallas en la Válvula de alivio de alta presión		X
Fallas en la Válvula de derivación del filtro de aceite		X

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 34** Clasificación de fallas de los subsistemas.

Subsistemas Eléctrico		
Falla	Funcional	Técnica
Mal funcionamiento del Alternador	X	
Deficiente funcionamiento del ECM o módulo de control electrónico	X	
Mal funcionamiento del Motor de arranque	X	
Mal funcionamiento de los Sensores	X	
Desajuste del Arnés eléctrico	X	
No funciona la Planta eléctrica	X	
El alternador no carga o carga en forma insuficiente	X	

Fuente: Elaboración propia.

Las fallas de los subsistemas y su clasificación restantes se encuentran en el **anexo G**.

### **3.5 CAUSAS DE FALLA**

**3.5.1 Causa modos de falla-diagrama de Pareto.** Este diagrama se hace para analizar el comportamiento de los fallos de cada subsistema, tanto las fallas funcionales como las fallas técnicas, con esto, se logrará identificar cuales

subsistemas son los que con más probabilidad fallen para el motor Cummins ISX; con los diagramas de Pareto, logramos identificar qué relación tiene las fallas de un subsistema con otro, es decir, que tanto perjudica la falla de un subsistema a otro subsistema.

Se analizarán los fallos funcionales y técnicos de cada subsistema por medio del diagrama de Pareto, este análisis establece que el 80% de las consecuencias es causado por el 20% de las fallas. Esto nos permite observar el comportamiento de los fallos presentes en cada subsistema, seguido a esto se hará un acumulado de estas fallas determinando un porcentaje a partir del total de las mismas y así obtener un valor acumulado.

Donde  $N.^{\circ}$  es el número de fallas presentes en cada subsistema se determinara el valor del porcentaje, que es la representación de cada una de las causas de las fallas en los diferentes subsistemas dentro del total, con esto se calculó el porcentaje acumulado que es la suma de los porcentajes de los subsistemas presentes, por último, se analizarán los subsistemas afectados por cada uno de los fallos, obteniendo así un porcentaje de los fallos más representativos dando la priorización de los subsistemas afectados.

### **Diagrama de Pareto**

**Cuadro. 35** Fallos funcionales de los subsistemas.

Fallos Funcionales	Subsistemas							N°	%
	admisión de aire	eléctrico	combustible	escape	lubricación	motriz	enfriamiento		
Fallos Filtro de Combustible			x					1	2%
Daño en los Inyectores de combustible		x	x					2	4%
Fallos en el Actuador dosificación		x	x					2	4%
Fallos en el Actuador de posición		x	x					2	4%
Deficiente funcionamiento del ECM o módulo de control electrónico	x	x	x	x	x			5	10%
Perdida de potencia del Turbocargador	x	x		x				3	6%
Desajuste de Válvulas de admisión	x		x					2	4%

Cuadro 35. (continuación)

Fallas Funcional	Subsistemas							Nº	%
	admisión de aire	eléctrico	combustible	escape	lubricación	motriz	enfriamiento		
Mal funcionamiento de los Solenoides		x	x					2	4%
Baja eficiencia en el enfriador de carga de aire		x					x	2	4%
Daños en el Múltiple de escape				x				1	2%
Daños de Tubería de escape	x			x				2	4%
Desajuste de Válvulas de escape				x		x		2	3%
Baja eficiencia del Radiador	x					x	x	3	6%
Mal funcionamiento del Fan Clutch		x					x	2	4%

Cuadro 35. (continuación)

Fallas Funcional	Subsistemas							Nº	%
	admisión de aire	eléctrico	combustible	escape	lubricación	motriz	enfriamiento		
Mal funcionamiento del Ventilador							x	1	2%
Baja eficiencia del Intercooler						x	x	2	4%
Mal funcionamiento de los termostatos							x	1	2%
Daños en el Filtro del agua					x	x	x	3	6%
Daños en el Tanque de almacenamiento de agua						x		1	2%

Cuadro 35. (continuación)

Fallas Funcional	Subsistemas							N°	%
	admisión de aire	eléctrico	combustible	escape	lubricación	motriz	enfriamiento		
Juego en el Engranaje del cigüeñal, aro de tonos y el adaptador del cigüeñal						x		1	2%
Mal funcionamiento del Freno de motor		x				x		2	4%
Funcionamiento erróneo de los Balancines			x			x		2	4%

Cuadro 35. (continuación)

Fallas Funcional	Subsistemas							Nº	%
	admisión de aire	eléctrico	combustible	escape	lubricación	motriz	enfriamiento		
Desajuste del Amortiguador de vibración y la polea del cigüeñal						x		1	2%
Daño de Banda del alternador, compresor, del tensor y polea loca		x				x		2	4%
Daño de Banda de la bomba del agua y el ventilador						x	x	2	4%

Cuadro 35. (continuación)

Fallas Funcional	Subsistemas							Nº	%
	admisión de aire	eléctrico	combustible	escape	lubricación	motriz	enfriamiento		
Juegos en el Engranaje del cigüeñal, aro de tonos y el adaptador del cigüeñal						x		1	2%
							TOTAL	50	

Fuente: elaboración propia.



En el siguiente cuadro se muestran los datos obtenidos en el cuadro 35.

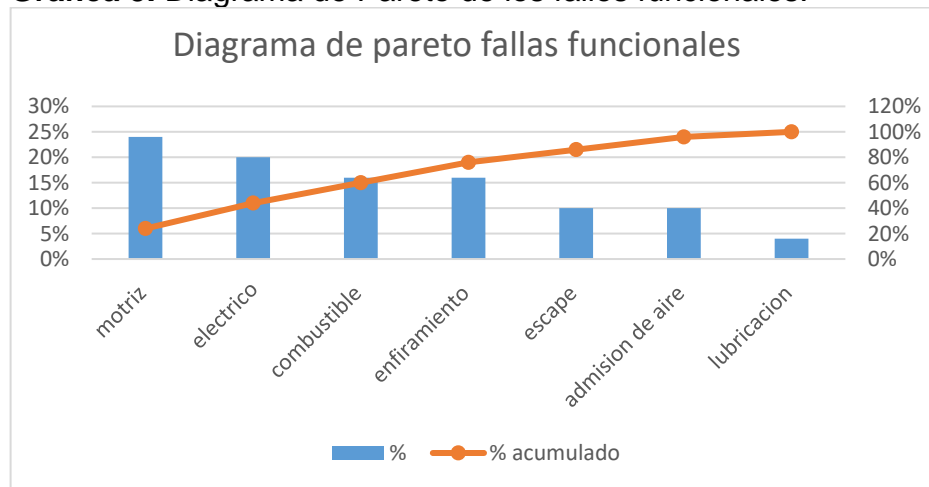
**Cuadro. 36** Datos diagrama de Pareto de los fallos funcionales.

subsistema	N°	%	% acumulado
motriz	12	24%	24%
eléctrico	10	20%	44%
combustible	8	16%	60%
enfriamiento	8	16%	76%
escape	5	10%	86%
admisión de aire	5	10%	96%
lubricación	2	4%	100%
Total	50	100%	

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los datos presentados en el cuadro anterior, el diagrama de Pareto arrojo los siguientes resultados.

**Gráfica 5.** Diagrama de Pareto de los fallos funcionales.



Fuente: elaboración propia.

Mostrado los resultados en la **Gráfica 5**. Se evidencia que el diagrama de Pareto concuerda con el análisis de criticidad realizado en el capítulo anterior donde uno de los subsistemas más críticos es el motriz, en los resultados mostrados anteriormente se observa que el subsistema motriz es el mayor causante de las consecuencias de las fallas generando el 76% de las consecuencias presentes en los demás subsistemas.

### Diagrama de Pareto para fallos Técnicos.

**Cuadro. 37** Fallas técnicas de los subsistemas.

Fallas técnicas	Subsistemas							N°	%
	admisión de aire	eléctrico	combustible	escape	lubricación	motriz	enfriamiento		
Baja presión en la Bomba de levante			x		x			2	2%
Mal funcionamiento en la Bomba de engranes			x		x			2	4%
Fallos en el Módulo del sistema de combustible		x	x					2	4%
Perdida de potencia del Turbocargador	x			x				2	4%
Daños en el Múltiple de admisión	x							1	10%
Mal funcionamiento de la Bomba de engranajes del agua					x			1	6%

Cuadro 37. (continuación)

Fallas técnicas	Subsistemas							Nº	%
	admisión de aire	eléctrico	combustible	escape	lubricación	motriz	enfriamiento		
Daños en el Block del motor o bloque del motor						x		1	4%
Daños en los Cojinetes de bancada y cojinetes de empuje					x	x		2	4%
Daños en los Pistones						x		1	4%
Desajuste de los Árboles de levas						x		1	2%
Mal funcionamiento de los Asientos de válvula						x		1	4%
Mal funcionamiento de los Balancines						x		1	3%

Cuadro 37. (continuación)

Fallas técnicas	Subsistemas							Nº	%
	admisión de aire	eléctrico	combustible	escape	lubricación	motriz	enfriamiento		
camisas en mal estado						x		1	6%
							TOTAL	18	

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente cuadro se muestran los datos obtenidos en el cuadro 69.

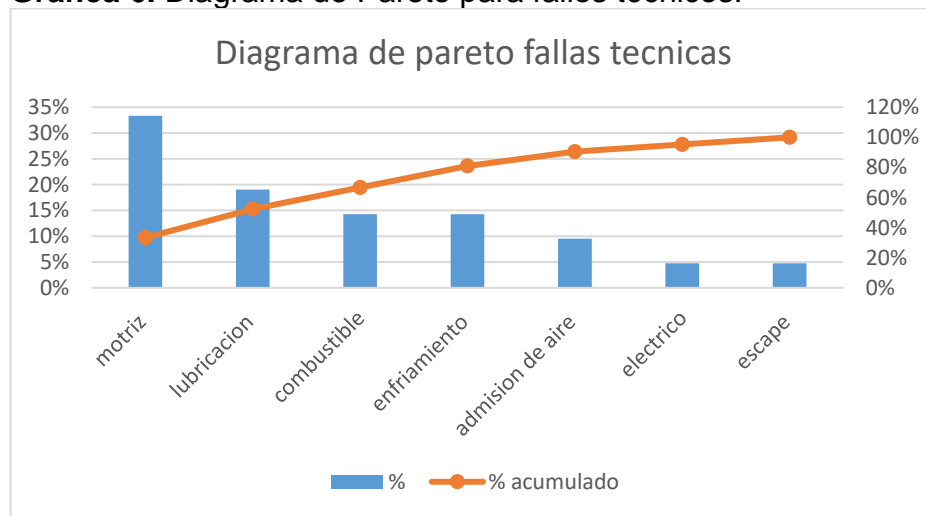
Cuadro 70. Datos diagrama de Pareto de los fallos técnicos

subsistema	N°	%	% acumulado
motriz	7	33%	33%
lubricación	4	19%	52%
combustible	3	14%	67%
enfriamiento	3	14%	81%
admisión de aire	2	10%	90%
eléctrico	1	5%	95%
escape	1	5%	100%
Total	21	100%	

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los datos presentados en el cuadro anterior, el diagrama de Pareto arrojo los siguientes resultados

**Gráfica 6.** Diagrama de Pareto para fallos técnicos.



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la **Gráfica 6** para los fallos técnicos el orden de prioridad cambia, se puede evidenciar que en este, el subsistema de lubricación toma gran importancia, esto es debido a que en este subsistema se representan algunas de las fallas más representativas en el desempeño de los demás subsistemas. Obtenido los resultados de los diagramas de fallas funcionales y técnicos se dará mayor importancia a los subsistemas que representaron mayor incidencia en los fallos del vehículo los cuales son (motriz, combustible y lubricación), para esto se desarrollaran tareas preventivas para evitar mayores

incidencias en cuanto al funcionamiento adecuado del vehículo, logrando así poder evitar paradas no programadas y pérdidas a los clientes.

### **3.6 TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS PARA MOTOR CUMMINS ISX**

En mantenimiento preventivo, existe tareas de mantenimiento que pueden llevarse a cabo, al momento de realizar un plan de mantenimiento. Su clasificación puede ayudar a decidir qué tipos de tareas son aplicadas a los equipos; en este caso al equipo seleccionado se realizarán tareas de mantenimiento para cumplir objetivos importantes como evitar el fallo o/u minimizar los efectos de falla. Los tipos de tareas de mantenimiento son las siguientes:

1. Tipo 1: Inspecciones visuales
2. Tipo 2: Lubricación
3. Tipo 3: Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos propios del equipo (verificaciones on-line). Este tipo de tareas consiste en la toma de datos de una serie de parámetros de funcionamiento utilizando los propios medios de los que dispone el equipo. Son, por ejemplo, la verificación de alarmas, la toma de datos de presión, temperatura, vibraciones, etc.
4. Tipo 4: Verificaciones del correcto funcionamiento realizado con instrumentos externos del equipo: Se pretende, con este tipo de tareas, determinar si el equipo cumple con unas especificaciones prefijadas, pero para cuya determinación es necesario desplazar determinados instrumentos o herramientas especiales, que pueden ser usadas por varios equipos simultáneamente y, por tanto, no están permanentemente conectadas a un equipo, como en el caso anterior.
5. Tipo 5: Tareas condicionales. Se realizan dependiendo del estado en que se encuentre el equipo. No es necesario realizarlas si el equipo no da síntomas de encontrarse en mal estado. Estas tareas pueden ser:
  - Limpiezas condicionales, si el equipo da muestras de encontrarse sucio
  - Ajustes condicionales, si el comportamiento del equipo refleja un desajuste en alguno de sus parámetros
  - Cambio de piezas, si tras una inspección o verificación se observa que es necesario realizar la sustitución de algún elemento
6. Tipo 6: Tareas sistemáticas. Realizadas cada ciertas horas de funcionamiento, o cada cierto tiempo, sin importar como se encuentre el equipo. Estas tareas pueden ser:
  - Limpiezas
  - Ajustes
  - Sustitución de piezas

7. Tipo 7: Grandes revisiones, también llamados Mantenimiento Cero Horas, Overhaul o Hard Time, que tienen como objetivo dejar el equipo como si tuviera cero horas de funcionamiento.<sup>33</sup>

Este tipo de actividades se elegirán dependiendo de las tareas de mantenimiento, las fallas y los efectos de las mismas. Las tareas se modificarán de acuerdo al mantenimiento del equipo seleccionado.

**3.6.1 Tareas de mantenimiento y su clasificación.** El motor Cummins ISX tiene ciertas normas de mantenimiento que se recomienda para mantener el motor en su estado más óptimo para su correcto funcionamiento. Por lo tanto, las tareas de mantenimiento preventivas se plantearon a partir de las fallas globales del motor, sus causas y su clasificación; como también se realizaron las tareas de acuerdo a la criticidad de los subsistemas ayudado con los diagramas de Pareto, con el propósito de evitar o minimizar los efectos de una falla a corto y largo plazo al motor Cummins ISX. Para el desarrollo de las tareas, se tuvieron en cuenta factores como lo son: altas o bajas temperaturas de ambiente, altas o bajas altitudes, ambientes con alto polvo o si se hacen paros frecuentemente al taller por reparaciones, ayudado con información de manuales del equipo.

Las tareas de mantenimiento se clasificaron primeramente en diarias, ya que se necesita revisar el motor todos los días ciertos componentes para su operación, luego se clasificaron por kilometraje o millas ya que el vehículo al conducirlo nos muestra información del recorrido en kilómetros o millas, con este dato podemos reconocer las tareas que se le deben realizar al motor dependiendo del kilometraje o millas que este tenga recorridas. Como mencionamos en el apartado anterior los tipos de tareas están dentro las: inspecciones, lubricaciones, verificaciones de condición, tareas sistemáticas y Overhaul o Hard Time que es básicamente la rectificación del motor, está es una revisión profunda del motor con cambios de dimensiones de los cilindros. Cabe resaltar, que estas tareas de mantenimiento se encuentran en los manuales, es necesario que la persona o técnico que vaya a realizar las actividades tenga el conocimiento y las habilidades necesarias para llevarla a cabo, de lo contrario lo correcto será solicitar asesoría especializada.

---

<sup>33</sup> García Garrido, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Doña Juana I de Castilla, 22. España Madrid.

**Cuadro. 38** Tareas de mantenimiento.

Tareas de Mantenimiento					
N.º	Diaria	Cada 32,000km (20,000mi) o 6 meses	Cada 80,000km (50,000mi) o 1 año	Cada 200,000km (125,000mi) o 2 años	Cada 800,000km (500,000mi) o 5 años
1	Inspeccionar el ventilador de enfriamiento	Cambiar aceite lubricante Mobil 15W40	Cambiar filtro de Combustible	Inspeccionar mangueras y abrazaderas	Revisar el cubo del ventilador
2	Inspeccionar bandas impulsoras	Reemplazar Filtro de aceite	Revisar los tensores de banda	Revisar ventilador	Retirar acumulación de carbón en el compresor de aire
3	Inspeccionar tubería de admisión de aire	Operar el motor y revisar fugas del refrigerante	Operar el motor y revisar fugas en los sistemas de aire y escape	Limpiar el motor con vapor	Ajuste del tren de válvulas e inyectores
4	Inspeccionar tubería de Escape	Inspeccionar mangueras y abrazaderas	Revisar restricción del filtro de aire	Revisar tornillos de montaje del motor	Ajuste del freno motor
5	Revisar tubo del respirador del cárter	Cambiar Filtro de agua	Revisar elementos del filtro de aire del compresor de aire	Limpiar el tubo del respirador del cárter	
6	Revisión y corregir nivel de agua de los parabrisas		Revisar arnés del motor	Revisar el amortiguador de vibración	



Cuadro 38. (continuación)

Tareas de Mantenimiento					
N.º	Diaria	Cada 32,000km (20,000mi) o 6meses	Cada 80,000km (50,000mi) o 1 año	Cada 200,000km (125,000mi) o 2 años	Cada 800,000km (500,000mi) o 5 años
7	Revisión y corregir nivel de aceite del motor		Revisar mangueras y abrazaderas del sistema de admisión	Inspeccionar compresor de aire	
8	Revisar la barra de dirección		Revisar mangueras y abrazaderas, sistemas de refrigeración del motor	Inspeccionar Intercooler	
9	Inspeccionar la bomba de dirección		Revisar mangueras y abrazaderas del sistema de escape	Cambiar Termostatos de agua del sistema de enfriamiento	
10	Inspeccionar bomba de combustible		Revisar mangueras y abrazaderas sistema de refrigeración	Inspeccionar Fan clutch	
11	Drenar el agua del filtro de combustible		Inspeccionar turbocargador		
12	Inspeccionar el filtro del agua				

Cuadro 38. (continuación)

Tareas de Mantenimiento					
N.º	Diaria	Cada 32,000km (20,000mi) o 6meses	Cada 80,000km (50,000mi) o 1 año	Cada 200,000km (125,000mi) o 2 años	Cada 800,000km (500,000mi) o 5 años
13	Inspeccionar el filtro de aire				
14	Drenar el depósito de aire del compresor				
15	Revisar conexiones del alternador				
16	Revisar y corregir nivel de refrigerante				

Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, 2000, sección 2 p. 3.

Las tareas diarias de mantenimiento es un valor agregado en el plan de mantenimiento, ya que las tareas diarias no se tendrán en cuenta al plan de mantenimiento en cuanto a revisiones por parte de la empresa, estas tareas son más un aporte de la empresa al cliente para ayudarlo a realizar actividades en pro del equipo; estas tareas ayudarán a reducir las fallas que conlleven a las paradas no programadas del vehículo, lo que ayudará a reducirle costo al cliente; y por parte de la empresa ayudarán a reducir trabajos no fechados que lleven a la congestión del taller y no generar atrasos en las actividades de mantenimiento de los vehículos para su entrega.

Cabe resaltar que en las tareas diarias cuando se dice inspeccionar, es revisar el equipo para buscar fugas de agua, aceite o lubricante que estén saliendo del mismo. Estas tareas de mantenimiento son importantes para minimizar pérdidas de presión, pérdidas de fuerza y potencia del motor, tiempo muertos y pérdidas de combustible lo que lleva a generar gastos excesivos de mantenimiento; por lo que las tareas de mantenimiento diarias son muy importantes para permitirnos identificar componentes que estén fallando para registrarlos y corregirlos antes de una falla

más importante que cause problemas en la operación del vehículo y que lleve a aumentar gastos de mantenimiento al motor.

**3.6.2 Procedimiento tareas de mantenimiento.** Ya teniendo las tareas de mantenimiento preventivo se sigue con los procedimientos para realizar dichas tareas, estas tareas es un paso a paso de las actividades que se deben hacer, para realizar las tareas de mantenimiento y así lograr los mejores resultados de estas. Para el procedimiento de las tareas de mantenimiento preventivas se formularán las acciones a seguir para las tareas anteriormente y se realizarán de acuerdo a su clasificación. Las tareas de mantenimiento preventivo comienzan con el conocimiento cotidiano de la condición del motor y sus sistemas. Antes de arrancar el motor, revise los niveles de aceite y refrigerante. Busque:

- Fugas
- Partes flojas o dañadas
- Bandas gastadas o dañadas
- Cualquier cambio en la apariencia del motor<sup>34</sup>

**Cuadro. 39** Pasos a seguir tareas diarias de mantenimiento.

Tareas Diarias de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
Inspeccionar el ventilador de enfriamiento	Revise por grietas, remaches flojos, aspas dobladas o flojas, y por contacto entre las puntas de las aspas del ventilador y la tolva del mismo. Revise el ventilador para asegurarse de que esté montado firmemente. Apriete los tornillos, si es necesario. Reemplace cualquier ventilador que esté dañado.
Inspeccionar bandas impulsoras	Revisar visualmente las bandas por grietas longitudinales o desgastes de las mismas, como también revisar remaches flojos, aspas dobladas y la tolva del mismo.
Inspeccionar tubería de admisión de aire	Revisar por corrosión de la tubería de admisión, abrazaderas flojas y mangueras agrietadas o perforaciones que puedan dañar el motor.
Inspeccionar tubería de Escape	Revisar por corrosión de la tubería de escape, abrazaderas flojas y mangueras agrietadas o perforaciones que puedan dañar el motor.

<sup>34</sup> Cummins Engine Company, Inc, Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, Propiedad intelectual R 2000.

Cuadro 39. (continuación)

Tareas Diarias de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
Revisar tubo del respirador del cárter	Inspeccione el tubo del respirador por sedimento o desechos sobre o dentro del tubo "Inspeccione el tubo más frecuentemente en condiciones heladas".
Revisión y corregir nivel de agua de los parabrisas	Si al revisar el nivel de agua de los parabrisas está bajo o no tiene, llenar completamente el tubo de agua de los parabrisas.
Revisión y corregir nivel de aceite del motor	Nunca opere el motor con el nivel de aceite por debajo de la marca L (bajo), ni por arriba de la marca H (alto). Espere al menos 15 minutos después de apagar el motor para revisar el aceite. Esto da tiempo para que el aceite escurra al cárter de aceite.
Revisar la barra de dirección	Inspeccione la barra moviéndola, esta no debe tener vibraciones bruscas o muy grandes al moverla.
Inspeccionar la bomba de dirección	Al revisar la bomba de dirección no debe tener fugas de aceite, como tampoco debe estar suelta o floja al momento de mover la misma. Ajustar si es necesario.
Inspeccionar bomba de combustible	Al revisar la bomba de combustible no debe tener fugas de combustible, como tampoco debe estar suelta o floja al momento de mover la misma. Ajustar si es necesario.
Drenar el agua del filtro de combustible	El agua y el sedimento pueden contener productos derivados del petróleo. Apague el motor. Afloje completamente la tuerca de la válvula de drenado de modo que la válvula salga 1 pulgada del filtro. Drene el agua del colector del filtro hasta que se vea combustible limpio.
Inspeccionar el filtro del agua	Al revisar el filtro del agua no debe tener fugas de agua, como tampoco debe estar suelta o floja al momento de mover la misma. Ajustar si el filtro está mal conectado.
Inspeccionar el filtro de aire	Al revisar el filtro de aire no debe tener fugas de aceite, como tampoco debe estar suelta o floja al momento de mover la misma. Ajustar si es necesario.
Drenar el depósito de aire del compresor	Se debe drenar el depósito de aire del compresor ya que acumula agua, esto puede oxidar o corroer el depósito.
Revisar conexiones del alternador	Revisar conexiones de pines de los cables, que no tengas daños en las conexiones del arnés.

Cuadro 39. (continuación)

Revisar y corregir nivel de refrigerante	En caso de que el nivel del refrigerante este bajo, llene con refrigerante hasta la parte inferior del cuello de llenado en el tanque de llenado o de expansión del radiador.
--	---

Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, 2000, sección 3 p. 2.

Los pasos a seguir de las tareas de mantenimiento restantes se encuentran en el **anexo H**.

En caso de que se necesite el reemplazo o reparación de ciertos componentes es necesario reconocer como realizar dichas tareas con el fin de realizarla lo mejor posible y así lograr el máximo desempeño del motor Cummins ISX.

A continuación, mostraremos tareas de reemplazo o reparación que ayuden a tener una completa información de las tareas de mantenimiento, en caso de que ocurra cualquier problema, se pueda solucionar teniendo el paso a paso para realizarlas.

**Cuadro. 40** Pasos a seguir en las tareas de reparación o reemplazo.

Tareas de reparación o reemplazo	
N.º	Tareas
1	Cables y Conexiones de la Batería
2	Cambio del turbocargador
3	Almacenamiento del Motor - Periodo Largo

Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, 2000, sección A p. 2.

Los pasos a seguir de las tareas de reparación y reemplazo restantes se encuentran en el **anexo H**.

### 3.7 CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS

Uno de los mayores gastos en el mantenimiento es el tema de los repuestos, ya que estos pueden presentar costos muy elevados. Por ende, es necesario realizar una clasificación de repuestos para optimizar el proceso de la gestión de ellos en la empresa. Todo esto dependiendo la necesidad de los vehículos que llegan a ella, analizando sus tiempos de parada por mantenimiento.

Podemos agrupar los repuestos de diversas formas, se clasificarán según la necesidad de la empresa Servi Diesel Colombia dándole la importancia dentro del equipo. Esto se realizará a partir de las 6 categorías de evaluación para la clasificación de repuestos, las cuales son:

1. **Piezas sometidas a desgaste:** A este grupo aquellos elementos que unen cojinetes, casquillos, retenes, juntas. Son piezas sometidas a desgaste y a abrasión. En este grupo también podemos incluir juntas, retenes, rodetes y tuberías sujetas a fatiga, corrosión y cavitación.
2. **Consumibles:** Son aquellos elementos de duración inferior a un año (8.000 horas de uso), con una vida fácilmente predecible, de bajo coste, que generalmente se sustituyen sin esperar a que den síntomas de mal estado. Su fallo y su desatención pueden provocar graves averías.
3. **Elementos de regulación y mando mecánico:** Son aquellos elementos cuya misión es controlar los procesos y el funcionamiento de la instalación: válvulas, muelles, cigüeñales, etc. Son elementos que a pesar de no estar sometidos a condiciones desfavorables de funcionamiento tienen una importancia capital dentro del equipo. Su fallo frecuente es por fatiga.
4. **Piezas móviles:** Son aquellas destinadas a transmitir movimiento. Son engranajes, ejes, correas, cadenas, reductores, etc. Su fallo habitual es por fatiga.
5. **Componentes electrónicos (instrumentación):** A pesar de su altísima fiabilidad, un problema en ellos suele suponer una parada del equipo. Su fallo habitual es por calentamiento, cortocircuito o sobretensión, y generalmente se producen al someter al equipo a unas condiciones de trabajo diferentes para las que fueron diseñados.
6. **Piezas estructurales:** Difícilmente fallan, al estar trabajando en condiciones muy por debajo de sus capacidades. Son bastidores, soportes, basamentos, etc.<sup>35</sup>

De igual forma se pueden clasificar de acuerdo a la necesidad de stock en planta.

**Repuesto A.** Piezas que es necesario mantener en stock en planta.

**Repuesto B.** Piezas que es necesario tener localizadas, con proveedor, teléfono y plazo de entrega.

**Repuesto C.** Piezas que no es necesario prever, pues un fallo en ellas no afecta a la operatividad de la planta (como mucho supondrán ligeros inconvenientes).<sup>36</sup>

En el cuadro. 40 se mostrarán algunos de los repuestos usados en los vehículos que se encontraron en la empresa Servi Diesel Colombia.

---

<sup>35</sup> GARCIA GARRIDO, Santiago. Análisis de equipos. En: Organización y gestión integral de mantenimiento. [en línea]. España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. [consultado 10 de mayo 2020]. p. 120-121. 9788479785772

<sup>36</sup> Ibid. p. 121.

**Cuadro. 41** Clasificación de repuestos.

SUBSISTEMA	REPUESTO	REFERENCIA	CATEGORÍA
Admisión de aire	abrazaderas	T-507	B
	abrazaderas	T-511	B
	abrazaderas	T-512	B
	abrazaderas	T-510	B
	abrazaderas	T-515	B
	abrazaderas	MT-CTC-300	B
	abrazaderas	MT-CTC-450	B
	abrazaderas	T-519	B
	abrazaderas	T-518	B
	abrazaderas doble tornillo	2"	A
	abrazaderas doble tornillo	3"	A
	abrazaderas doble tornillo	4"	A
	filtro de aire principal	AF26103	B
	filtro de aire secundario	AF26268	B
	Lubricación	filtro de aceite	LF9080
filtro aceite		P552100	B
aceite motor		Mobil Delvac 15W/40	B
aceite motor		Chevron 15W/40	B
aceites diferenciales		GEAR ESI SAE 85W/40	B
bomba de aceite			B
anillo de retención		3411881	B
termostato		3680453	B
enfriador de aceite		4059460	B
válvula tipo By-Pass		FP-3820320	B
motriz	cabeza de pistón	Cummins ISX	B
	camisa de cilindro		A
	juego de anillos	4089406	A
	sello de camisa	Cummins ISX	A
	empaque de tapa de válvula	Cummins ISX	B
	culata		B
	bujes árbol de levas	4089405	A
	casquetes biela	4331306	B
	Arnés freno motor ISX	FP-4955383	B
	Reten cigüeñal delantero	FP-4026684	B
	junta Carter	FP-127018	B
	arandelas de 1/4"	FP-3680580	B

Cuadro 41. (continuación)

SUBSISTEMA	REPUESTO	REFERENCIA	CATEGORÍA
	buje para árbol de levas	FP-3680580	B
	perno guía	3911678	B
	válvula de escape	FP-4101454	B
	válvula de admisión	FP-4965868	B
	correa	8PK1435	B
	correa	20804-0008	B
	correa	3605646C1	B
	correa	17510	B
	correa	8PK1460	B
	correa	12PK2210	B
	correa	10PK1370	B
	correa	6PK1160	B
	correa	8PK1425	B
Combustible	inyector	4010347	B
	filtro de combustible principal	ALLIANZ	B
	filtro de la trampa	FS19624	B
	Bomba de transferencia	FP-4935092	B
	junta para carcasa de bomba de combustible	FP-4965689	B
	aro sello	FP-3330537	B
	aro sello usos múltiples	FP-3679139	B
	empaquete para base de bomba de combustible	FP-3686758	B
Enfriamiento	junta para base de válvula EGR salida	FP-3104229	B
	junta para base de válvula EGR entrada	FP-3104230	B
	junta para entrada de aire	FP-3678770	B
	manguera para segmentos de EGR	FP-4952644	B
Escape	junta individual para múltiple de escape	FP-3682710	B
	junta doble para múltiple de escape	FP-3682940	B
Eléctrico	Actuador de dosificación	4089428	A
	actuador de tiempo	4089540	A



Cuadro 41. (continuación)

<b>SUBSISTEMA</b>	<b>REPUESTO</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>CATEGORÍA</b>
	modulo motor ISX	4309175	A
	solenoides ISX	4024808	B
	sensor de medio ambiente	3331044	A
	sensor de presión de aire	Q21 1041	A
	sensor de refrigerante	356366	A
	sensor de temperatura	4954905	A
	Sensor de árbol de levas	4921599	A
	sensor de combustible	4921499	A
	sensor de ignición	4921473	A
	sensor de presión de aceite	4921475	A

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al cuadro anterior se puede observar que muchos de los repuestos presentados se encuentran en la categoría B o C, esto se debe a que la empresa no tiene los suficientes recursos económicos para mantener estos repuestos en stock. En cuanto a los repuestos de categoría A son repuestos que se deben mantener en stock ya que su costo no es representativo.

## **4. ELABORAR FORMATOS DE MANTENIMIENTO, FICHA TÉCNICA, SOLICITUD DE TRABAJO, ORDEN DE TRABAJO, HOJA DE VIDA Y UN CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL MOTOR CUMMINS ISX/450HP/15L**

### **4.1 ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO**

La información es la clave de todo plan de mantenimiento preventivo; un sistema de información es fundamental para reportar todo tipo de actividades que se le hace al equipo, esto se hace para llevar un enfoque más orientado del mantenimiento realizado. Las actividades que realizan los operarios de la empresa no tienen un adecuado seguimiento, esto debido a la falta de planeación y programación de las actividades a realizar, esto lleva a la acumulación de trabajo al no seguir un orden técnico de ejecución de actividades que ayuden a solventar dicha problemática.

En un sistema de control de mantenimiento es importante manejar la información en tiempo real una vez se comience con el plan de mantenimiento. Toda la información que se pueda obtener del equipo, el historial de fallas y la ejecución de las actividades preventivas de mantenimiento deben registrarse de forma adecuada mediante la utilización de los formatos de mantenimiento los cuales son:

- Documentación técnica entregada por el fabricante: Hojas de máquina, fichas técnicas del equipo, partes y componentes
- Órdenes de trabajo, datos de fallas para la generación de control
- Solicitudes de mantenimiento
- Hoja de vida
- Gestión de repuestos e insumos
- Cronogramas de mantenimiento
- Costos de operación y recursos de mantenimiento
- Administración, registro, evaluación y gestión de mantenimiento y producción

### **4.2 ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

La administración del plan de mantenimiento es el conjunto de acciones y recursos por parte de la empresa; para una buena administración del plan solo se puede realizar con una esquematización de los procesos y sus diferentes etapas del mismo. La administración del plan de mantenimiento se facilita con la implementación de formatos que, dependiendo de la empresa, son más o menos complejos. La organización de la administración, se muestra en **Cuadro 43**.

**4.2.1 Diseño del programa de mantenimiento.** El diseño del programa de mantenimiento, es un análisis rápido del vehículo, donde se mira ficha técnica del vehículo, documentación técnica, guías de mantenimiento, etc.; el análisis se realiza para identificar la mejor manera de ejecución del mantenimiento.

**4.2.2 Planeación del mantenimiento.** La planeación del mantenimiento, es el proceso donde determinar y dispone los recursos humanos, materiales y técnicos para realizar las actividades de mantenimiento.

**4.2.3 Programación del mantenimiento.** La programación del mantenimiento, es el proceso que establece etapas para el mantenimiento planeado, y se adecuan a los recursos de la empresa, estableciendo la ejecución de las tareas de mantenimiento en tiempos determinados.

**4.2.3.1 Prioridad de las actividades de mantenimiento.** Se establece un sistema de prioridades para asegurar que las actividades se programen y ejecuten en relación a su urgencia, estas prioridades indican el orden en la programación de las actividades.

**Cuadro. 42.** Sistema de Prioridades.

Sistema de Prioridades	
Prioridad	Periodo de tiempo para la realización de la tarea
Urgente	En un plazo de 24 horas
Normal	En un plazo de una semana
Programado	Según la programación del mantenimiento

Fuente: Elaboración propia con base en: CESVIMAP, Gestión y Logística del mantenimiento de vehículos, sistemas de prioridad, 2008, consultado 07/08/2020.

**4.2.4 Actividades de mantenimiento.** Las actividades de mantenimiento ya específicas se realizan los formatos de mantenimiento, son un medio donde se controla y planifica las actividades de mantenimiento, donde se registra la identificación del vehículo, las actividades a realizar, especificaciones requeridas y la prioridad del trabajo.

**Cuadro. 43.** Administración del plan de mantenimiento.

<b>Administración del plan de mantenimiento</b>			
<b>Diseño del Programa de mantenimiento</b>	<b>Planeación del mantenimiento</b>	<b>Programación del mantenimiento</b>	<b>Actividades de mantenimiento</b>
<p><b>Inventario inicial de vehículo:</b> listado, ficha técnica o documentación técnica del vehículo, y herramienta disponible.</p>	<p><b>Carga de mantenimiento:</b> estimación de la carga de mantenimiento y sus categorías (preventivo, correctivo, mantenimiento pendiente y reparación general)</p>	<p><b>Elementos de programación:</b> ordenes de trabajo, información de disponibilidad del personal y las actividades de mantenimiento.</p>	<p><b>Diseño del trabajo:</b> es el conjunto de actividades e instrucciones de cada tarea de mantenimiento; determinando los métodos, el personal y los equipos y herramienta requeridos.</p>
<p><b>Análisis de mantenimiento recomendado por el fabricante:</b> guías de mantenimiento, manuales de taller, catálogos de piezas, etc.</p>	<p>Planeación de la capacidad de mantenimiento: en función de la carga de mantenimiento se determinan los recursos necesarios para el mantenimiento.</p>	<p><b>Procedimiento de programación:</b> clasificar las ordenes de trabajo por prioridad y especialidad, duración del trabajo, elaborar un programa diario de acciones realizar.</p>	<p><b>Estándares de tiempo:</b> ya elaboradas las tareas de mantenimiento, es necesario proporcionar un tiempo estimado para cada actividad de mantenimiento; así se controla la eficacia y la logística.</p>

Cuadro 43. (continuación)

Administración del plan de mantenimiento			
Diseño del Programa de mantenimiento	Planeación del mantenimiento	Programación del mantenimiento	Actividades de mantenimiento
<b>Métodos de mantenimiento:</b> selección de los métodos adecuados, planeación del mantenimiento y elaborar los procedimientos de ejecución.	<b>Organización:</b> Dependiendo de la demanda vehicular en la empresa, las actividades de mantenimiento pueden ejecutarse por tipos (vehículo liviano, vehículo pesado y maquinaria); que en este caso es vehículo pesado.	<b>Prioridades de las actividades de mantenimiento:</b> indicar un orden de ejecución de actividades de acuerdo a su prioridad.	<b>Sistema de solicitudes de trabajo:</b> formato que ayuda a planificar las actividades de mantenimiento a realizar, sus características e instrucciones sirven como fuente de datos para los trabajos del personal de mantenimiento.
		<b>Técnicas de programación:</b> el objetivo de la programación es construir una gráfica, que muestre el inicio y final para cada trabajo.	<b>Formato para suministro de repuestos y materiales:</b> la realización de una demanda de repuestos, sea con anticipación o en situaciones de emergencia, debe ser solicitada y registrada mediante un documento.

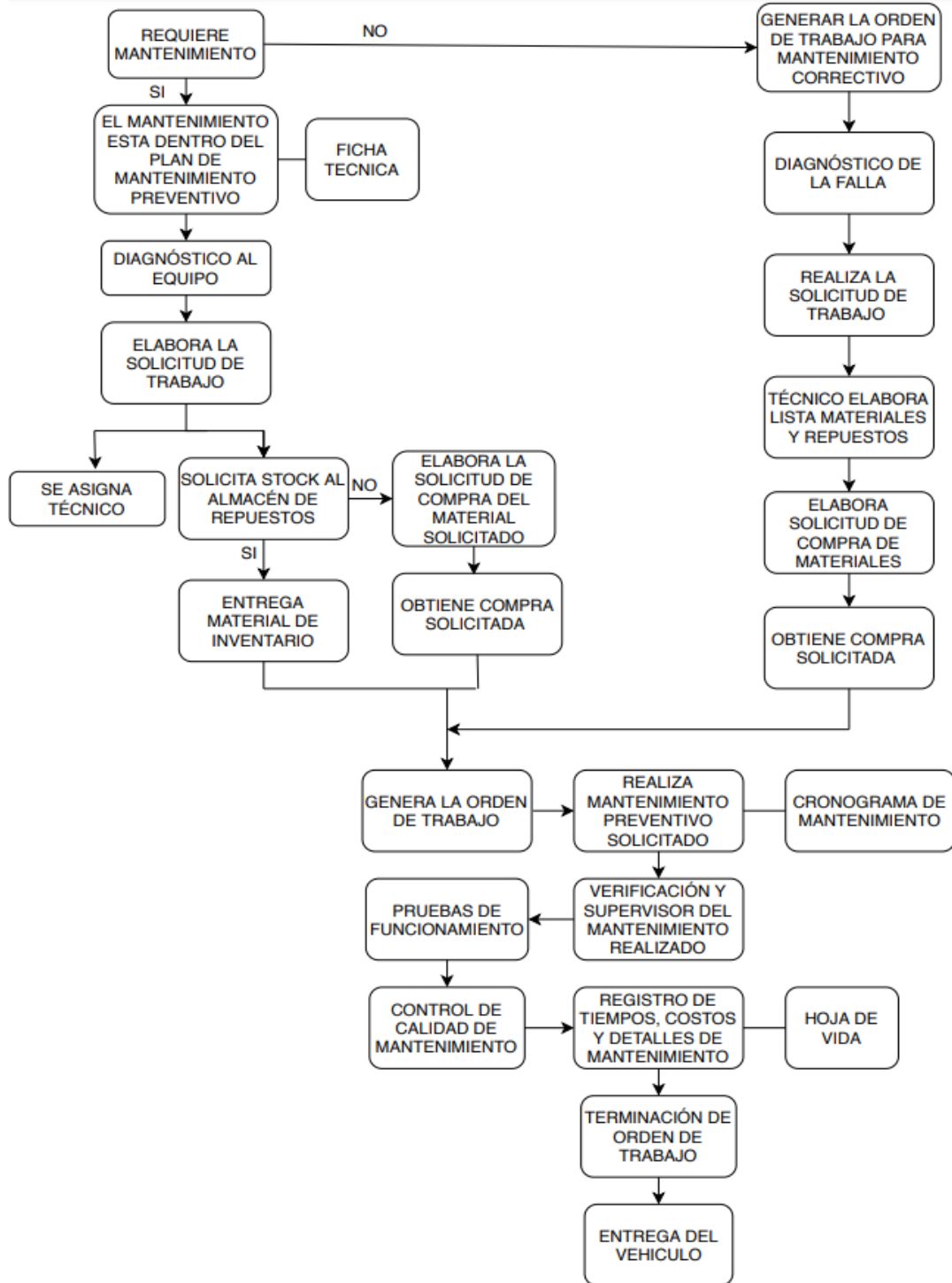
Cuadro 43. (continuación)

Administración del plan de mantenimiento			
Diseño del Programa de mantenimiento	Planeación del mantenimiento	Programación del mantenimiento	Actividades de mantenimiento
			<p><b>Hoja de vida:</b>                      formato individual a cada vehículo, aquí se registran los diferentes datos técnicos como tiempos de cada intervención, económicos, sea preventivo o correctivo.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en: CESVIMAP, Transporte y mantenimiento de vehículos automoción, Gestión y Logística del mantenimiento en automoción, 2008, consultado 07/08/2020.

**4.2.5 Procedimiento general de mantenimiento.** Se plantea el procedimiento del mantenimiento, representado por medio de un diagrama de flujo de la **figura 14**.

Figura 14. Procedimiento general de mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 FORMATOS DE MANTENIMIENTO

El control del mantenimiento es una parte primordial de la administración, sistematizando los formatos de mantenimiento con los recursos requeridos por parte de la empresa para conseguir el objetivo de obtener un sistema de información para el plan de mantenimiento.


**4.3.1 Sistema de información.** La información es el centro del mantenimiento preventivo, fundamental para reportar toda actividad realizada, de tal manera se consolide el seguimiento y la información más relevante del equipo. Manejar toda información en tiempo real es importante, desde los inicios de la elaboración del plan; ya que se debe tener un control del mantenimiento realizado. Todo sistema de información debe estar siendo registrado constantemente, con el fin de disponer de información frente a cualquier intervención.

Los formatos de mantenimiento propuestos para el sistema de información y al plan de mantenimiento son: ficha técnica, ordenes de trabajo, solicitudes de trabajo, hoja de vida y cronogramas de mantenimiento que ayudan a conseguir un seguimiento y control de las actividades de mantenimiento.

**Ficha Técnica.** La información de la ficha técnica se diligencia a la llegada del vehículo. En este formato se llenan los datos más importantes de cada vehículo registrado que llega a la empresa, desde los datos generales del cliente, información general del motor donde, se aclara la marca, referencia, potencia, etc y por ultimo las características generales del vehículo como los son dimensiones, numero de ejes, numero de llantas, etc.



**Cuadro. 44** Ficha Técnica.

		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO FICHA TECNICA		Fecha:	
DATOS GENERALES			FOTO		
Fecha de adquisición					
Proveedor					
Dirección					
Teléfono					
Email					
Placa					
Línea					
Modelo					
N° de motor					
N° de chasis					
CARACTERISITICAS DEL MOTOR			CARACTERISITICAS GENERALES		
Marca			N° de ejes		
Referencia			N° de llantas		
Potencia máxima			Dimensiones de llantas		
RPM a máxima potencia			Longitud total		
N° de cilindros			Ancho total		
Disposicion			Tracción		
Desplazamiento			Peso vacío		
Combustible					
Tipo de aspiración					
Emisiones					

Fuente: Elaboración propia.

**Solicitud de Trabajo.** Una vez realizado el diagnóstico del equipo, se procede a la solicitud de trabajo, este es un documento donde se hace un acuerdo de las dos partes para la realización de dicho trabajo, así poder designar un operario para su realización. Es un documento donde se solicita la realización de un determinado trabajo, donde tenemos información del vehículo, descripción de la falla que indica la existencia de una condición anormal del motor para su corrección y observaciones después del mantenimiento que ayude a reconocer que se le realizó al equipo. Normalmente la solicitud de trabajo, es solicitada por el operario del

vehículo o en su defecto la persona encargada al momento de inspección en el área de mantenimiento en la empresa.

Con los formatos de mantenimiento se quiere mejorar los procesos relacionados con la calidad, reducción de rechazos e incidencias en la prestación del servicio, aumentar la productividad y mejorar la satisfacción del cliente.

**Cuadro. 45** Solicitud de trabajo.

		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO SOLICITUD DE TRABAJO			Fecha: _____	
		FECHA DE SOLICITUD				
DIA	MES	AÑO	HORA	CONDUCTOR		
EQUIPO						
MARCA	PLACA		MOTOR	KILOMETRAJE		
TIPO DE MANTENIMIENTO						
DESCRIPCION DE FALLA						
OBSERVACIONES						
FECHA DE ENTREGA			SOLICITADOR POR			
RECIBE						

Fuente: Elaboración propia.

**Orden de Trabajo.** Este formato se diligencia para la hacer la debida solicitud de stock o materiales, la orden de trabajo es solicitada por el técnico o mecánico encargado del mantenimiento del vehículo. El objetivo de este formato es el control de materiales y descripción de la intervenir el equipo, la verificación y control del mantenimiento verificado por ingeniero encargado de la empresa; este documento define el trabajo que debe llevarse a cabo, como también materiales utilizados, repuestos requeridos, mano de obra y costos. En este formato tenemos:

- El número de solicitud de trabajo
- El número de orden de trabajo
- El tipo de personal que lo va realizar: interno o externo
- El tipo de mantenimiento que se va realizar: correctivo, preventivo o predictivo
- Se deben diligenciar los materiales y repuestos que se requirieron para poder solucionar la falla
- Documentar los mecánicos que intervinieron para el mantenimiento del equipo, para conocer el valor hora/hombre y el tiempo de duración del mantenimiento

- Costos totales, se debe incluir los costos en los que tuvo que incurrir la empresa para la solución de la falla (repuestos, materiales, mano de obra)

**Cuadro. 46** Orden de trabajo.


			DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ORDEN DE TRABAJO			Version:	
						Numero de orden:	
						Fecha:	
SOLICITUD DE TRABAJO No.				ORDEN DE TRABAJO No.			
EQUIPO:		PLACA:		REFERENCIA MOTOR			
KM/HORAS		FECHA SOLICITUD DE TRABAJO					
FECHA EJECUCION			HORA INICIO				
FECHA FINALIZACION			HORA FINALIZACION				
TIPO DE PERSONAL		INTERNO		TIPO DE MANTENIMIENTO		CORRECTIVO	
		EXTERNO				PREDICTIVO	
SUBSISTEMA INTERVENIDO						PREVENTIVO	
MATERIALES REQUERIDOS				MATERIALES UTILIZADOS			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	No.	DESCRIPCION	CANTIDAD		
REPUESTOS REQUERIDOS				REPUESTOS UTILIZADOS			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	No.	DESCRIPCION	CANTIDAD		
MANO DE OBRA REQUERIDA				MANO DE OBRA UTILIZADO			
NOMBRES DE TRABAJADORES		TIEMPO		NOMBRES DE TRABAJADORES		TIEMPO	
COSTOS TOTALES							
COSTOS REPUESTOS		COSTOS MATERIALES		COSTOS MANO DE OBRA		TIEMPO TOTAL	
COSTOS TOTALES							
OBSERVACIONES							
REALIZADO POR		REVISADO POR			RECIBIDO POR		
CARGO		CARGO			CARGO		

Fuente: Elaboración propia.

**Cronograma de mantenimiento.** Este formato es diligenciado durante la operación de las actividades de mantenimiento que se realizan a cada equipo, el cronograma de mantenimiento nos permite tener una bitácora de las actividades realizadas al



**Cuadro. 48** Hoja de vida.

		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HOJA DE VIDA DEL MOTOR					Version: Motor: Fecha:			
Marca de vehículo		Equipo:		Modelo:						
Entrada	Salida	Orden de trabajo	Procedimiento realizado	Tarea de mantenimiento	Tiempo de parada (H)	Tiempo de trabajo (H)	Costo de repuestos(\$)	Costo de mano de obra(\$)	Costo Total	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 BENEFICIOS DE ESTANDARIZAR

El plan de mantenimiento preventivo cobijara el equipo seleccionado para la empresa, teniendo claro las acciones a realizar en la producción de un fallo; los conocimientos y técnicas de mantenimiento que se aplicaran son útiles para cualquier equipo y/o máquina que forme parte del proceso productivo de la empresa.

La educada estandarización del plan de mantenimiento preventivo se tendrá en cuenta:

1. Información: Con la claridad de la información del equipo seleccionado, las fallas y las causas que pueden ocurrir, se mejorara el desempeño del proceso productivo de la empresa Servi Diesel Colombia.
2. Actividades de mantenimiento preventivo: Reconociendo las fallas, se eligieron las actividades de mantenimiento más adecuadas para estas; los diagramas de Pareto, tareas de mantenimiento y los procedimientos para realizarlas ayudaran a la eficiencia de la empresa.
3. Administración y control: Realizando las tareas de mantenimiento, se tendrán los formatos de mantenimiento, estos son una parte importante para la logística del mantenimiento.
4. Planeación de las actividades: teniendo como base el plan de mantenimiento preventivo, se llevará un estricto calendario de actividades planeadas, las cuales permitan aumentar al máximo la capacidad productiva de la empresa.

## 5. ELABORAR ANÁLISIS AMBIENTAL Y DE COSTOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

### 5.1 ANÁLISIS AMBIENTAL

La empresa Servi Diesel está en continua mejora en cuanto al manejo adecuado de basuras, logrando así disminuir lo más posible el impacto ambiental con los desechos que se almacenan en la empresa. A continuación, se explicará el proceso que se tiene en cuanto al manejo de basuras en las diferentes áreas de trabajo.

La más importante actividad de trabajo y donde se almacenan más residuos, es en el área de reparación donde se encuentran los diferentes elementos para hacer las actividades de mantenimiento correspondientes, es decir, se encuentran los equipos, herramientas y repuestos necesarios para efectuar los diferentes trabajos de mantenimiento ya sea correctivo o preventivo.

Para el almacenaje de residuos se maneja de la siguiente manera, todo es almacenado en canecas según el tipo de residuo, estas están distribuidas en los diferentes puntos de trabajo de la empresa. En el área de reparación se almacena los sobrantes metálicos como repuestos dañados, también se cuenta con una caneca especial para los residuos sobrantes como los son: bayetillas, trapos de un solo uso, etc. Para la extracción de aceite se tiene una caneca especial donde se almacena, en el área de oficina y taller se cuenta con una caneca donde se arrojan los residuos ordinarios que no están relacionadas con el área de reparación.

El taller debe extraer y almacenar debidamente los residuos peligrosos como el aceite, que tiene un alto poder contaminante, además la empresa debe entregar los residuos a una empresa autorizada para su gestión, por ende, esta empresa se encarga de procesar y recuperar debidamente este tipo de residuos.

### 5.2 RIESGOS AMBIENTALES

**5.2.1 Matriz de evaluación.** Para la elaboración de la evaluación ambiental se enfocó en el proceso que se tiene en las diferentes áreas de trabajo donde se describe la actividad, tipo y descripción del impacto. De acuerdo a esto se planteó una matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales. La matriz que se empleara para la calificación va hacer la de método EPM o (arboleda). Donde se caracterizan los impactos ambientales por medio de un procedimiento analítico donde se desarrolla una ecuación para obtener la calificación ambiental, donde se explica las relaciones que se tiene entre los 5 criterios.

$$Ca = C(P[EM + D])$$

Donde:

Ca: calificación ambiental (varía entre 0.1 y 10)

Clase: Clase (+ o -)

P: Presencia (varía entre 0.0 – 1.0)

E: Evolución (varía entre 0.0 – 1.0)

M: Magnitud (varía entre 0.0 – 1.0)

D: Duración (varía entre 0.0 – 1.0)

Las cuales se definen como:

**Cuadro. 49** Criterios de evaluación para la matriz ambiental.

<b>Criterios de evaluación Metodología EPM o Método Arboleda</b>			
<b>criterio de valoración</b>	<b>significado</b>	<b>rango</b>	<b>valor</b>
<b>Clase (C)</b>	Define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto. Puede ser Positiva (+) o Negativa (-), dependiendo de si mejora o degrada el ambiente actual o futuro	Positivo (+) Negativo (-)	
<b>Presencia (P)</b>	Califica la probabilidad de que el impacto pueda darse. Se expresa como la probabilidad de ocurrencia.	Cierta Muy probable Probable Poco probable No probable	1,0 0,7<0,99 0,3<0,69 0,1<0,29 0,0<0,09
<b>Duración (D)</b>	Evalúa el periodo de existencia activa del impacto y sus consecuencias. Se expresa en función del tiempo que permanece el impacto (muy larga, larga, corta, etc.).	Muy larga o permanente: Si es > de 10 años Larga: Si es > de 7 años Media: Si es > de 4 años Corta: Si es > de 1 año Muy corta: Si es < de 1 año	1,0 0,7<0,99 0,4<0,69 0,1<0,39 0,0<0,09
<b>Evolución (E)</b>	Evalúa la velocidad de desarrollo del impacto, desde que aparece o se inicia hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias; se califica de acuerdo con la relación entre la magnitud máxima alcanzada por el impacto y la variable tiempo. Se expresa en unidades relacionadas con la velocidad con que se presenta el impacto (rápido, lento, muy lento, etc.).	Muy rápida: Si es < de 1 mes Rápida: Si es < de 12 meses Media: Si es < de 18 meses Lenta: Si es < de 24 meses Muy lenta: Si es > de 24 meses	0,8≤1,0 0,6<0,79 0,4<0,59 0,2<0,39 0,0<0,19

Cuadro 49. (continuación)

<b>Criterios de evaluación Metodología EPM o Método Arboleda</b>			
<b>criterio de valoración</b>	<b>significado</b>	<b>rango</b>	<b>valor</b>
<b>magnitud (M)</b>	Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido por una actividad o proceso constructivo	Muy alta: Si M > del 80% Alta: Si M varía entre 60 y 80 % Media: Si M varía entre 40 y 60 % Baja: Si M varía entre 20 y 40 % Muy baja: Si M < del 20%	0,8≤1,0 0,6<0,79 0,4<0,59 0,2<0,39 0,0<0,19

Fuente: Elaboración propia con base en la matriz de riesgos ambientales EPM

A continuación, se mostrará las categorías y sus valores pertenecientes según la calificación ambiental

**Cuadro. 50** Importancia ambiental.

<b>IMPORTANCIA AMBIENTAL</b>	
Muy alta	Si Ca varía entre 8,0≤10,0
Alta	Si Ca varía entre 6,0<7,9
Media	Si Ca varía entre 4,0<5,9
Baja	Si Ca varía entre 2,0<3,9
Muy baja	Si Ca varía entre 0,0<1,9

Fuente: Elaboración propia con base en la matriz de riesgos ambientales EPM



**Cuadro. 51** Matriz de riesgos ambientales.

ASPECTO AMBIENTAL		IMPACTO AMBIENTAL		EVALUACIÓN						
Área de trabajo	Actividad	Tipo	Descripción del impacto	C	P	D	E	M	Calificación ambiental	Importancia
trabajo de oficina	revisión de ordenes	alto consumo de energía	Agotamiento del recurso energético	N	0.2	0.1	0.5	1.0	0.706	MUY BAJA
	impresión de autorizaciones	consumo de papel	aumento de residuos sólidos (papel)	N	0.5	0.3	1.0	1.0	3.545	BAJA
mantenimiento	desmontaje de piezas	ajuste mecánico	aumento de residuos sólidos (repuestos)	N	1.0	0.3	1.0	1.0	7.09	ALTA
	limpieza de motor	emisión de vapores	Deterioro de la calidad del aire por partículas	N	0.6	1.0	0.4	0.5	1.02	MUY BAJA
	reparación de vehículos	generación de desechos sólidos, líquidos y derrames	contaminación del suelo, áreas de trabajo y aumento en la cantidad de residuos	N	0.8	0.4	1.0	1.0	5.696	MEDIA
	escáner del vehículo	consumo de energía	Agotamiento del recurso energético	N	0.5	1.0	0.4	1.0	1.55	MUY BAJA
cuarto de lavado	lavado de piezas	generación de desechos líquidos no aprovechables	contaminación del agua por sustancias químicas tóxicas	N	0.6	1.0	1.0	0.5	2.28	BAJA
	lavado de objetos de trabajo	desechos líquidos	contaminación del agua por presencia de detergentes	N	0.5	1.0	1.0	1.0	3.65	BAJA
	uso de hidrolavadora	consumo de energía	Agotamiento del recurso energético	N	0.6	1.0	1.0	1.0	4.38	MEDIA
Cuarto de herramientas	reparación de repuestos	generación de desechos sólidos no aprovechables	contaminación del suelo y la atmosfera	N	0.7	0.4	1.0	1.0	4.984	MEDIA
cuarto de basuras	almacenamiento de desechos	generación de residuos sólidos y líquidos no aprovechables	deterioro de la calidad del paisaje por mal manejo de residuos sólidos y líquidos	N	0.5	0.1	0.4	1.0	1.415	MUY BAJA

Cuadro 51. (continuación)

ASPECTO AMBIENTAL		IMPACTO AMBIENTAL		EVALUACIÓN						
Área de trabajo	Actividad	Tipo	Descripción del impacto	C	P	D	E	M	Calificación ambiental	Importancia
	almacenamiento de desechos	generación de residuos sólidos y líquidos no aprovechables	disminución de sólidos suspendidos en el agua	p	0.6	1.0	0.8	1.0	3.54	BAJA
	separación y clasificación de residuos	manejo de basuras	disminución en el deterioro de las áreas de trabajo y medio ambiente	p	0.6	1.0	0.8	1.0	3.54	BAJA

Fuente: Elaboración propia con base en la matriz de riesgos ambientales EPM

Como se puede observar en el **cuadro 51** tenemos una calificación de nivel alto que corresponde al área de mantenimiento, teniendo este resultado se procederán hacer tareas de manejo con el fin de prevenir y mitigar este impacto ambiental. También se puede observar que la gran mayoría de las tareas tienen una importancia baja y media por lo que se encuentran en condiciones controladas.

Seguido a esto se hace la identificación de los aspectos negativos que se tiene en la empresa, se hace un consolidado del tipo y descripción del impacto generando así un global de algunas tareas que son similares. Seguido a esto se describe el tipo de manejo que se debe tener en el desarrollo de estas actividades para poder así mitigar los impactos ambientales de las diferentes áreas de trabajo

**Cuadro. 52** Tipos de manejo de basura.

ÁREA DE TRABAJO	TIPO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	TIPO DE MANEJO
mantenimiento	Generación de residuos peligrosos, sólidos y líquidos, fugas y derrames al suelo	Generación de desechos de lubricantes y/o aceites, vertimientos a conductos de agua potable	Realizar un control adecuado de repuestos cuanto se presente aglomeraciones de ellos en las zonas de trabajo.
			Mantener limpio el puesto de trabajo en las operaciones de reparación y revisión de vehículos, para evitar cualquier tipo de derrame
			Formar e informar a los trabajadores sobre los riesgos, tanto ambientales como de salud que conlleva una mala utilización de los materiales y sustancias peligrosas que ellos manejan
			realizar un plan de manejo adecuado en el manejo de basuras

Cuadro 52. (continuación)

ÁREA DE TRABAJO	TIPO	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	TIPO DE MANEJO
cuarto de lavado	consumo de energía eléctrica y agua, generación de ruido, manejo de sustancias químicas	Agotamiento de los recursos energético e hídrico	realizar un tratamiento adecuado al agua antes de verterla en las canales de aguas residuales para disminuir cargas contaminantes
			realizar campaña de formación a los trabajadores para el ahorro en el consumo de los materiales consumibles
			Desconectar los equipos de la toma de corriente cuando existan períodos de tiempo largos en los que no se trabaja
			En el caso de que se produzca algún derrame nunca deben limpiarse con agua sino con material absorbente como serrín

Fuente: Elaboración propia con base en la matriz de riesgos ambientales EPM.

### 5.3 ANÁLISIS DE COTOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Para el desarrollo de los costos del plan de mantenimiento, se tuvieron en cuenta los gastos que hacen referencia al tiempo y trabajo a lo largo del proyecto, dividimos los costos en 4 tipos: talento humano, maquinaria y equipos, fungibles y otros gastos.

En talento humano tomamos el valor por hora que se tiene por analista del proyecto que está estimado en \$18,287.56 COP según el manual de referencias de tarifas de ingeniería (ACIEM). Por último, se realizará una capacitación por parte de los analistas del proyecto que tendrá un costo de \$365,751.25 COP que incluye el acompañamiento por parte del ingeniero a cargo de la empresa.

En maquinaria y equipos se incluye el costo computacional de cada uno de los equipos utilizados durante el desarrollo del proyecto, este valor fue calculado mediante el consumo energético que tiene cada uno de estos equipos por hora y el

valor por Kw/h que se tiene en Bogotá según Enel-Codensa para estrato 3 que es de \$510.98 COP, dando como resultado total un valor de \$70,259.65 COP. De igual forma se incluyeron los costos de fungibles usados.

Por último, en otros gastos se toman los gastos de transporte en el que se hicieron las debidas visitas a la empresa y la alimentación, en cuanto al transporte se tomó el número de viajes realizados a la empresa el cual fueron 4 dando como resultado un valor de \$ 582,400 COP, en cuanto a la alimentación durante las visitas se obtuvo un valor de \$ 200,000 COP. Por último, se calculó un total sumando todos los gastos presentados anteriormente obteniendo un resultado de \$13, 271,526.53 COP.

**Cuadro. 53** Análisis de costos.

COSTO PROYECTO				
TALENTO HUMANO				
Concepto	Cantidad	Costo x H(COP)	Tiempo (H)	valor en COP
Analista de proyecto	2	\$18,287.56	325	\$11,886,915.63
Capacitación	2	\$18,287.56	10	\$365,751.25
SUB TOTAL				\$12,252,666.88
MAQUINARIA Y EQUIPOS				
Concepto	Cantidad	Costo kw/h (COP)	Consumo kw/h*	valor en COP
Computador	2	\$510.98	68.75	\$70,259.65
FUNGIBLES				
Concepto	Cantidad	Costo Unidad	valor en COP	
Resma	1	\$16,200	\$16,200	
Impresión	500	\$300	\$150,000	
SUB TOTAL				\$166,200
OTROS GASTOS				
Concepto	Cantidad	Costo Unidad	valor en COP	
Transporte	4	\$ 145,600	\$ 582,400	
Alimentación	20	\$ 10,000	\$ 200,000	
SUB TOTAL				\$ 782,400
TOTAL				\$ 13,271,526.53

Fuente: Elaboración propia.

De igual forma se hará un diagnóstico de primera vez de cada vehículo que ingresa a la empresa, este estará dirigido por el ingeniero supervisor o por el mecánico obrero si el ingeniero supervisor lo designa. Este diagnóstico tendrá un costo de \$37,037.56 COP teniendo en cuenta el valor por hora del ingeniero y el mecánico obrero.

**Cuadro. 54** Costo diagnóstico inicial.

COSTO DIAGNOSTICO PRIMERA VEZ				
Concepto	Cantidad	Costo x H(COP)	Tiempo (H)	valor en COP
Ingeniero supervisor	1	\$ 18,288	1	\$ 18,287.56
Mecánico obrero	1	\$ 9,375	2	\$ 18,750.00
TOTAL				\$ 37,037.56

Fuente: Elaboración propia.

**5.3.1 Proyección de costos.** La proyección de costos de la ingeniería del proyecto, hace referencia a la implementación y los costos que implica. En el siguiente cuadro se explica el valor de cada salario del año 2019 y 2020 con sus debidas variaciones de acuerdo al cargo que desempeñan.

**Cuadro. 55** Nomina 2019 de la empresa Servi Diesel Colombia.

NOMINA 2019					
Cargo/concepto	Salario básico	Carga prestacional	Salario total	N° Trabajadores	Total x N° trabajadores
Mecánico obrero	\$1,698,113	\$864,340	\$2,562,453	3	\$92,248,290.61
Practicante sena	\$828,116	\$421,511	\$1,249,627	2	\$29,991,049.06
Ingeniero supervisor	\$3,312,464	\$1,686,044	\$4,998,508	1	\$59,982,098.11
Secretaria	\$1,100,000	\$559,900	\$1,659,900	1	\$19,918,800.00
Total Nomina					\$202,140,238

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro. 56** Nomina 2020 de la empresa Servi Diesel Colombia.

NOMINA 2020					
cargo/concepto	Salario básico	Carga prestacional	Salario total	N° Trabajadores	Total x N° trabajadores
Mecánico obrero	\$1,800,000	\$916,200	\$2,716,200	3	\$97,783,200
Practicante sena	\$877,803	\$446,802	\$1,324,605	2	\$31,790,513
Ingeniero supervisor	\$3,511,212	\$1,787,207	\$5,298,419	1	\$63,581,027
Secretaria	\$1,100,000	\$559,900	\$1,659,900	1	\$19,918,800
Total Nomina					\$213,073,540

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la comparación financiera se tomó el valor de la nómina del año 2019 y 2020 y costos de la empresa, que estas representados en el siguiente cuadro.

**Cuadro. 57** Comparativo de costos.

COMPARATIVOS AÑOS COSTOS CON PLAN Y SIN PLAN DE MANTENIMIENTO		
Concepto/años	2019	2020
Nomina	\$202,140,238	\$213,073,540
Costos de la empresa	\$6,100,000	\$7,100,000
Proyecto plan de mantenimiento	-	\$13,271,527
<b>TOTAL</b>	<b>\$208,240,238</b>	<b>\$233,445,067</b>

Fuente: Elaboración propia.

Evaluando los costos totales del año 2019 y 2020 donde se presenta la implementación del plan de mantenimiento que tiene un valor de \$13, 271,527 COP. Se dará un incremento de 12% si la empresa desea implementar el plan de mantenimiento.

Por otra parte, para estimar cuantos ingresos generaría la compañía con la implementación del plan de mantenimiento, se debe realizar una proyección donde se observe cuantos de los vehículos futuros que entren al taller deciden iniciar el plan de mantenimiento, partiendo de la avería que se les presento.

Para realizar la proyección se trabajó sobre el libro de facturas del año 2019 que entrego el Taller, al mismo tiempo se desarrolló la proyección para los mantenimientos a 6 y 12 meses, porque la estimación para un rango mayor con la información que se posee no es posible. Para esto se depuro la base de datos, dejando únicamente las facturas pertenecientes a los trabajos realizados sobre vehículos automotores y se obtuvo la siguiente información.

**Cuadro. 58.** Facturación general.

INFORMACIÓN GENERAL FACTURACIÓN 2019					
Trimestre/concepto	# Clientes	% Empresas	Total ingresos	# Facturas	# carros
2019-1	26	76,92%	\$ 47.942.459	85	71
2019-2	35	60,00%	\$ 82.249.676	114	92
2019-3	41	58,54%	\$ 102.152.426	116	90
2019-4	23	78,26%	\$ 49.256.397	38	33

Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrado por la empresa Servi Diesel Colombia.

El **cuadro 58** se observa que trimestralmente mínimo un 58% de los clientes que ingresan al Taller son clientes empresariales y además se estima que la relación clientes número de carros es de 1 a 2, lo que significa que un mismo cliente puede entrar más de un carro al taller.

No obstante, esta información no permite definir cuántos de estos carros no han regresado en todo el año al taller para realizar alguna reparación o mantenimiento

del vehículo, por tal motivo se depura esta información sobre el ítem número de carros presentados en la tabla anterior y se obtuvo:

**Cuadro. 59.** Flujo vehicular.

DESCOMPOSICIÓN DE CARROS POR REGRESO EN EL AÑO			
Trimestre/concepto	# Carros	# Carros que no volvieron	# Carros volvieron
2019-1	71	44	27
2019-2	92	44	48
2019-3	90	46	44
2019-4	33	27	6

Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrado por la empresa Servi Diesel Colombia.

Se establece entonces, partiendo de la información planteada en el **cuadro 59**, que como mínimo el 47.83% de los carros no regresa al taller en todo el año, y esto significa que al menos casi la mitad de los clientes solo llegan al taller para realizar reparación por daño parcial o completo de algún elemento y se deduce entonces que no les están haciendo algún tipo de mantenimiento preventivo a sus vehículos.

Teniendo en cuenta lo anterior, la proyección se decide realizar sobre estos vehículos no recurrentes, dado que no monitorean o siguen de cerca el estado de su equipo, y solo acuden al taller cuando existe una falla. Pero además de esto, se establece un supuesto importante en este punto: “las compañías al prestar servicios con sus vehículos ya sea de carga u otra actividad, deben cumplir con la normatividad establecida por la ley referente al estado y funcionalidad de sus vehículos, demostrando así que se les realiza el mantenimiento preventivo obligatorio correspondiente”. Debido a esto, se profundizo en la base de datos, se realizó el **cuadro 60**, donde se analiza cuantos carros pertenecen a cliente jurídicos y cuántos de estos no regresan en el año.

**Cuadro. 60.** Flujo vehicular empresarial.

DESCOMPOSICIÓN DE CARROS (PERTENECEN A EMPRESAS Y REGRESAN)					
Trimestre/concepto	Empresa/Repite	Empresa/No Repite	No Empresa/Repite	No Empresa/ No Repite	Total carros
2019-1	25	41	2	3	71
2019-2	38	37	10	7	92
2019-3	34	33	10	13	90
2019-4	4	21	2	6	33

Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrado por la empresa Servi Diesel Colombia.



En un trimestre normal, se esperaría entonces, que al menos un 36,67% de los carros sean pertenecientes a empresas y además no volverán, lo que significa que sobre este porcentaje de carros es al que se realizara la proyección.

Por otra parte, según el plan de mantenimiento las revisiones a los vehículos se pueden dar según dos parámetros, sea por tiempo de uso o por Km recorridos, pero para el desarrollo de esta estimación se plantea realizar según tiempo el mantenimiento dado que por recorrido puede ser incierto. Por lo tanto, se establece un valor de \$500.000 COP por el mantenimiento establecido en el plan a los 6 meses y para el mantenimiento de un año un valor de \$1'000.000 COP ya que son valores promedios de mantenimiento preventivos de este tipo.

Ya establecidos estos parámetros, se plantea que año a año la compañía mantiene un flujo vehicular similar o igual al que se expone trimestralmente, entonces para el año 2020 se esperaría el mismo comportamiento; sobre estos valores se trabajó y dio como resultado la siguiente información.

**Cuadro. 61.** Proyección costos mantenimiento.

PROYECCIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL PERIODO 2020-2021			
Trimestre/concepto	Empresa/No Repite	Mantenimiento 6 meses	Mantenimiento 1 año
2019-1	15,03	\$ 7.516.666,67	\$ 15.033.333,33
2019-2	13,57	\$ 6.783.333,33	\$ 13.566.666,67
2019-3	12,10	\$ 6.050.000,00	\$ 12.100.000,00
2019-4	7,70	\$ 3.850.000,00	\$ 7.700.000,00
Total	48,40	\$ 24.200.000	\$ 48.400.000
Total		\$ 72.600.000	

Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrado por la empresa Servi Diesel Colombia.

Entonces como resultado final, la proyección nos muestra según los parámetros de tiempo de cada mantenimiento y de flujo vehicular que se estableció anteriormente en un 36,67% como mínimo cada semestre, se esperaría que la implementación del plan de mantenimiento de un ingreso como MINIMO de \$72'600.000 COP.

Y este ingreso se va a ver repartido a través del tiempo de la siguiente forma:

**Cuadro. 62.** Flujo de caja trimestral.

FLUJO DE CAJA POR TRIMESTRE		
Trimestre/concepto	Mantenimiento 6 meses	Mantenimiento 1 año
2020-1		
2020-2		
2020-3	\$ 7.516.667	

Cuadro 62. (continuación)

FLUJO DE CAJA POR TRIMESTRE		
Trimestre/concepto	Mantenimiento 6 meses	Mantenimiento 1 año
2020-4	\$ 6.783.333	
2021-1	\$ 6.050.000	\$ 15.033.333
2021-2	\$ 3.850.000	\$ 13.566.667
2021-3		\$ 12.100.000
2021-4		\$ 7.700.000
Total	\$ 24.200.000	\$ 48.400.000
Total	\$	72.600.000

Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrado por la empresa Servi Diesel Colombia.

Estos flujos se dan porque los carros que ingresen en el primer trimestre del año 2020 realizarán su primer mantenimiento de 6 meses hasta el tercer trimestre del mismo año, de igual forma sucederá con el mantenimiento a 1 año, este se realizara entonces hasta el primer semestre del año 2021. Por tal motivo los flujos de caja se presentan de esta forma.

Como conclusión el costo de la implementación del proyecto es de \$13,271,526.53 COP y los ingresos generados por el uso del plan en el primer año son de \$14.300.000 COP, lo que significa que en el primer año se podrá pagar la implementación del proyecto y en el segundo ya se recibirán unos ingresos de \$58'300.000 COP.

## 6. CONCLUSIONES

- La empresa Servi Diesel Colombia, está conformada por cuatro áreas productivas, donde se cuenta con un equipo de trabajo conformado por un mecánico obrero, un practicante Sena, un ingeniero supervisor y la secretaria; su proceso va con la previa solicitud o necesidad del cliente hasta el montaje final del equipo.
- El equipo más importante para la empresa Servi Diesel Colombia, es el motor Cummins ISX, esto debido a su importancia en el flujo de entrada de los mismos a la compañía, por lo que encabeza la mayor parte de los procesos productivos; posee 7 subsistemas que permiten el buen funcionamiento del vehículo, el orden de criticidad de estos es el siguiente: lubricación, motriz, combustible, eléctrico, admisión de aire, escape y enfriamiento.
- De acuerdo al análisis realizado para la selección del plan de mantenimiento más adecuado para la empresa Servi Diesel Colombia es el RCM que está basado en confiabilidad, esto debido a que las características de la compañía; con sus procesos productivos y de acuerdo a su clasificación aplican directamente este tipo de mantenimiento.
- De acuerdo al plan de manteniendo seleccionado se elaboraron los formatos de mantenimiento, logrando así poder tener un registro de información y de fallas de los vehículos, el cual nos facilitara la gestión de información de las tareas programadas.
- De acuerdo al análisis ambiental se logró identificar que el área con mayor incidencia de riesgo ambiental es el área de reparación, donde se tiene la mayor acumulación de residuos contaminantes, de este modo se establecieron los controles adecuados para mitigar el riesgo del impacto ambiental.
- De acuerdo al análisis de costos se logró establecer los costos de implementación del proyecto, esto en base a la nómina y recursos que tiene la empresa, generando un incremento del 12% si se llega a dar la implementación.

## 7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la contratación de un técnico u obrero mecánico con experiencia para la ejecución de las tareas del plan de mantenimiento, ya que en algunas ocasiones el personal no es el suficiente para la realización de dichas tareas, esto lleva a retrasos o demoras en la entrega del vehículo.
- Se recomienda el desarrollo de una base de datos por parte del ingeniero supervisor para tener toda la información digitalizada. Dicha base de datos debe contener todos los elementos necesarios para la identificación de los diferentes componentes del motor Cummins ISX, como también fallos, funciones y las tareas de mantenimiento a realizar con sus frecuencias de mantenimiento; con el fin de obtener toda la información relevante y utilizarla rápida y eficazmente para el beneficio de la compañía.
- De acuerdo al plan de mantenimiento realizado anteriormente, es necesario un primer diagnóstico a cada vehículo que ingrese a la empresa, con el fin de de iniciar con la hoja de vida y así poder tener el seguimiento adecuado de cada vehículo registrado.

## BIBLIOGRAFIA

ARATA, Adolfo. Manual de gestión de activos y mantenimiento. Madrid, España. 2005.

ALFONZO, Wilmer. CBM - Mantenimiento Basado en la Condición. 2014.

BELTRÁN ESPITIA, Adriana del Pilar. Plan para la implementación de un sistema de gestión de calidad bajo la norma NTC-ISO 9001:2008 en el área de mantenimiento automotriz de una empresa de servicios públicos en Bogotá D.C. Fundación Universidad de América 2011.

BRADY, Robert. Manual moderno de tecnología Diesel. Traducido por Salvador González. México. Prentice-Hall Hispanoamérica. 1997.

C.L. Dunlop, A Practical Guide to Maintenance Engineering, Elsevier Ltd., 1990.  
Chastain Larry, Industrial mechanics and maintenance, Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall, 2009.

CESVIMAP. Transporte y mantenimiento de vehículos automoción, Gestión y Logística del mantenimiento de vehículos, 2008.

De Bona José María, La gestión del mantenimiento: guía para el responsable de la conservación de locales e instalaciones, criterios para la subcontratación, Madrid: Fundación Confemetal, 1999.

Propiedad intelectual R 2000 Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparación Motores Signature, ISX y QSX15, 2000.

Propiedad intelectual R 2000 Cummins Engine Company, Inc., Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, 2000.

Dempsey Paul, Motores diésel: Localización y reparación de averías, Zaragoza Acribia S.A., 1995.

Dempsey Paul, Motores diésel: Localización y reparación de averías, Acribia S.A., Zaragoza, 1995.

FRANCO, Irene. "Mantenimiento predictivo". 2014.

GARCÍA GARRIDO, Santiago, Ingeniería del mantenimiento: manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento, Renovetec, España, 2009.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C. El instituto, 2018 ISBN 9789588585673 153 p.

KISTER Timothy C., HAWKINS Bruce, Maintenance planning and scheduling: streamline your organization for a lean environment, Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006.

KNOTEK Richard, Stenerson Jon, Mechanical principles and systems for industrial maintenance, Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2006.

L.C. Morrow, Maintenance engineering handbook, New York 1957.

MORA Gutiérrez, Luis Alberto. Mantenimiento planeación, ejecución y control. S.A. 2009.

PEIRO, Jose V. Organización del Mantenimiento Preventivo, segunda edición, 1982.

Peters Railph W. Reliable maintenance planning, estimating, and scheduling, Elsevier, 2015.

POBLACIÓN DE MOTORES CUMMINS ISX. Cummins de los Andes. Bogotá D.C. septiembre de 2013.

REY SACRISTÁN, Francisco. Manual de mantenimiento de máquinas y equipos eléctricos, Barcelona. Ceac. 1981.

R. Keith Mobley, Maintenance Fundamentals, Elsevier Inc., 2004.

SALIH O., Duffuaa. Sistemas de mantenimiento: planeación y control, México: Limusa, 2002.

SALINAS, Oscar. "Motor Cummins ISX Un Aliado En El Transporte".

## **ANEXOS**

## Anexo A.

### Encuesta y recopilación de información.

La encuesta realizada a los trabajadores de la empresa Servi Diesel Colombia, esto con el fin de recopilar información acerca del análisis de criticidad de los subsistemas y componentes, la encuesta permitió tener una idea del historial de fallas del motor Cummins ISX, ya que la compañía no tenía esta información recopilada.

### Formulario de encuesta a los trabajadores de la empresa Servi Diesel Colombia

Encuesta N°1

Formulario de encuesta a los trabajadores de la empresa Servi Diesel Colombia

Nombres y apellidos: Fernando Pineda Fecha: 11/08/2010

LA INFORMACION QUE APORTE ES MUY NECESARIA PARA LA ELABORACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA SERVI DIESEL COLOMBIA.

En las preguntas que tengan un recuadro usted deberá marcar con una X su respuesta.

1. ¿Años de experiencia en el trabajo que realiza?

8 años

2. De los siguientes componentes cuales considera usted que sean críticos o importantes en el motor.

Componentes	Critico	Importante
Turbocargador	X	
Enfriador de carga aire		X
Compresor del turbocargador		X
Múltiple de admisión		X
Válvulas de admisión	X	
Solenoides	X	
Bomba de aceite	X	
Carter	X	
Enfriador del aceite lubricante	X	
Indicador de presión de aceite		X
Termostato del aceite lubricante		X
Válvula de alivio de alta presión del aceite lubricante	X	
Válvula de derivación del filtro de aceite lubricante	X	

Componentes	Critico	Importante
Filtro de aceite	X	
Aceite	X	
Múltiple de escape		X
Tubería general		X
Batería		X
Motor de arranque	X	
Sensores		X
Alternador		X
Arnés eléctrico	X	
Planta eléctrica		X
Módulo ECM	X	
Filtro de combustible	X	
Bomba de engranes	X	
Bomba de levante		X
Inyector	X	
Válvula de cierre	X	
Actuador dosificación		X

Fuente: Elaboración propia.



(continuación)

Componentes	Critico	Importante
Actuador de posición		✗
Radiador		✗
Fan clutch		✗
Ventilador		✗
Refrigerante		✗
Termostato	✗	
Bomba de agua		✗
Filtro de agua		✗
Tanque de almacenaje de agua	✗	
Block del motor o bloque del motor	✗	
Camisas de cilindros con arosellos	✗	
cojinetes de bancada con cojinetes de empuje	✗	
Cigüeñal	✗	
Engranaje del cigüeñal	✗	
Tapas de bancada	✗	
Pistones articulados	✗	
Placa de refuerzo	✗	
Junta de la cabeza de acero moldeado		✗
Cabeza de cilindros	✗	
Asientos de válvula y guías de válvula	✗	
Válvulas de cilindros admisión y escape	✗	
Árboles de levas de inyectores	✗	

Componentes	Critico	Importante
Freno de motor	✗	
Balancines		✗
Junta de la cubierta de balancines		✗
Cubierta de balancines		✗
Soporte frontal del motor	✗	
Carcaza de engranes de aluminio con su junta		✗
Engrane loco inferior	✗	
Engrane loco de ajuste	✗	
Engrane del árbol de levas de inyectores	✗	
Engrane del árbol de levas de válvulas		✗
Cubiertas de engrane de acero superior e inferior		✗
Reten frontal del cigüeñal	✗	
Tubo de llenado de aceite y respiradero del Cáster		✗
El módulo del sistema de combustible	✗	
Tubo de entrada del aire de admisión	✗	
Placa de enfriamiento del ECM e IFSM	✗	
Cubiertas del ECM e IFSM	✗	
Bayoneta del motor		✗

(continuación)

Componentes	Critico	Importante
Soporte trasero de elevación		X
Cubierta de volante trasera del cigüeñal	X	
Volante y tope de cojinete al cigüeñal		X
Soporte frontal de elevación		X
Carcasa del termostatos, termostatos y cubierta de la carcasa de termostatos	X	
Conector de entrada del agua		X
Amortiguador de vibración y la polea del cigüeñal		X
Banda del alternador, compresor de freón, del tensor y polea loca		X
Banda de la bomba del agua	X	

Gracias por su colaboración.

Encuesta N°2

Formulario de encuesta a los trabajadores de la empresa Servi Diesel Colombia

Nombres y apellidos: Fernando Piorda Fecha: 11/08/2020

LA INFORMACION QUE APORTE ES MUY NECESARIA PARA LA ELABORACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA SERVI DIESEL COLOMBIA.

En las preguntas que tengan un recuadro usted deberá marcar con una X su respuesta.

1. ¿Años de experiencia en el trabajo que realiza?

8 años

2. Clasifique los subsistemas en orden de importancia en cuanto a las fallas que se presentan en el motor. Para esta pregunta enumere el orden de 1 a 7 dependiendo la importancia que usted crea correcta para cada uno.

- |                  |                                     |                   |                                     |
|------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Sub. Admisión    | <input checked="" type="checkbox"/> | Sub. Motriz       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Sub. Lubricación | <input checked="" type="checkbox"/> | Sub. Enfriamiento | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Sub. Combustible | <input checked="" type="checkbox"/> | Sub. Eléctrico    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Sub. Escape      | <input checked="" type="checkbox"/> |                   |                                     |

3. ¿Cuáles son las fallas más frecuentes con que llegan los vehículos?

Problemas de inyección de combustible, baja o alta presión de aceite, alta temperatura de refrigerante, fallas en el sistema motriz, fugas y códigos de falla.

4. ¿Cuál es el procedimiento que se sigue para solucionar las averías?

Diagnosticar con herramienta electrónica, inspección visual  
Explicación del mal funcionamiento que provoca la falla.

5. ¿De los mantenimientos que se realizan, se controla?

Calidad  Tiempos  Costos  Ninguno

6. en caso de averías. ¿podría usted determinar cuál es la falla en el motor del vehículo?

SI  NO

7. ¿Cuáles son las causas más representativas de los fallos presentes en el motor?

Desgaste de los componentes presentes en el sistema motriz, Deterioro del sistema electrónico, alto consumo de combustible y elevación de temperatura

(continuación)

8. En el momento que usted detecta la falla en el funcionamiento del vehículo. ¿Qué hace?

Informar al ingeniero a cargo para conocer el procedi-  
miento a realizar, comunicas al cliente, solicitar  
repuesto y por ultimo proceder a la reparación

9. ¿Estaría dispuesto a recibir una capacitación para mejorar las tareas de mantenimiento de los vehículos que llegan a la empresa?

SI  NO

10. ¿Se realizan mantenimientos periódicos en los vehículos que llegan a la empresa?

SI  NO

Gracias por su colaboración.

Fuente: Elaboración propia.

Encuesta N°1

Formulario de encuesta a los trabajadores de la empresa Servi Diesel Colombia

Nombres y apellidos: Edgar Ricardo Pineda Fecha: 11/08/2020

LA INFORMACION QUE APORTE ES MUY NECESARIA PARA LA ELABORACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA SERVI DIESEL COLOMBIA.

En las preguntas que tengan un recuadro usted deberá marcar con una X su respuesta.

1. ¿Años de experiencia en el trabajo que realiza?

5 años.

2. De los siguientes componentes cuales considera usted que sean críticos o importantes en el motor.

Componentes	Critico	Importante
Turbocargador	X	
Enfriador de carga aire	X	
Compresor del turbocargador	X	
Múltiple de admisión		X
Válvulas de admisión	X	
Solenoides	X	
Bomba de aceite	X	
Carter		X
Enfriador del aceite lubricante	X	
Indicador de presión de aceite		X
Termostato del aceite lubricante		X
Válvula de alivio de alta presión del aceite lubricante	X	
Válvula de derivación del filtro de aceite lubricante	X	

Componentes	Critico	Importante
Filtro de aceite		X
Aceite	X	
Múltiple de escape		X
Tubería general	X	
Batería	X	
Motor de arranque	X	
Sensores	X	
Alternador	X	
Arnés eléctrico	X	
Planta eléctrica	X	
Módulo ECM	X	
Filtro de combustible	X	
Bomba de engranes	X	
Bomba de levante		X
Inyector	X	
Válvula de cierre	X	
Actuador dosificación	X	

(continuación)

Componentes	Critico	Importante
Actuador de posición	κ	
Radiador	κ	
Fan clutch	κ	
Ventilador	κ	
Refrigerante		κ
Termostato		κ
Bomba de agua	κ	
Filtro de agua		κ
Tanque de almacenaje de agua	κ	
Block del motor o bloque del motor	κ	
Camisas de cilindros con arosellos	κ	
cojinetes de bancada con cojinetes de empuje	κ	
Cigüeñal	κ	
Engranaje del cigüeñal	κ	
Tapas de bancada	κ	
Pistones articulados	κ	
Placa de refuerzo	κ	
Junta de la cabeza de acero moldeado	κ	
Cabeza de cilindros	κ	
Asientos de válvula y guías de válvula	κ	
Válvulas de cilindros admisión y escape	κ	
Árboles de levas de inyectores	κ	

Componentes	Critico	Importante
Freno de motor	κ	
Balancines	κ	
Junta de la cubierta de balancines		κ
Cubierta de balancines		κ
Soporte frontal del motor	κ	
Carcaza de engranes de aluminio con su junta	κ	
Engrane loco inferior	κ	
Engrane loco de ajuste	κ	
Engrane del árbol de levas de inyectores	κ	
Engrane del árbol de levas de válvulas	κ	
Cubiertas de engrane de acero superior e inferior		κ
Reten frontal del cigüeñal		κ
Tubo de llenado de aceite y respiradero del Cáster		κ
El módulo del sistema de combustible	κ	
Tubo de entrada del aire de admisión	κ	
Placa de enfriamiento del ECM e IFSM	κ	
Cubiertas del ECM e IFSM	κ	
Bayoneta del motor		κ

(continuación)

Componentes	Critico	Importante
Soporte trasero de elevación		K
Cubierta de volante trasera del cigüeñal	K	
Volante y tope de cojinete al cigüeñal		K
Soporte frontal de elevación		K
Carcasa del termostatos, termostatos y cubierta de la carcasa de termostatos	K	
Conector de entrada del agua		K
Amortiguador de vibración y la polea del cigüeñal		K
Banda del alternador, compresor de freón, del tensor y polea loca	K	
Banda de la bomba del agua	K	

Gracias por su colaboración.

Fuente: Elaboración propia.

Encuesta N°2

Formulario de encuesta a los trabajadores de la empresa Servi Diesel Colombia

Nombres y apellidos: Edgar Ricardo Pinzola Fecha: 11/08/2020

LA INFORMACION QUE APORTE ES MUY NECESARIA PARA LA ELABORACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA SERVI DIESEL COLOMBIA.

En las preguntas que tengan un recuadro usted deberá marcar con una X su respuesta.

1. ¿Años de experiencia en el trabajo que realiza?

5 años.

2. Clasifique los subsistemas en orden de importancia en cuanto a las fallas que se presentan en el motor. Para esta pregunta enumere el orden de 1 a 7 dependiendo la importancia que usted crea correcta para cada uno.

Sub. Admisión	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub. Motriz	<input checked="" type="checkbox"/>
Sub. Lubricación	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub. Enfriamiento	<input checked="" type="checkbox"/>
Sub. Combustible	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub. Eléctrico	<input checked="" type="checkbox"/>
Sub. Escape	<input checked="" type="checkbox"/>		

3. ¿Cuáles son las fallas más frecuentes con que llegan los vehículos?

Falla en los actuadores, fan clutch, freno motor, códigos de falla, daños en sistema de combustible, fugas de aceite y refrigerante.

4. ¿Cuál es el procedimiento que se sigue para solucionar las averías?

Diagnostico con herramienta electronica, escaner del vehiculo, conocimiento de falla a cargo del Conductor.

5. ¿De los mantenimientos que se realizan, se controla?

Calidad  Tiempos  Costos  Ninguno

6. en caso de averías. ¿podría usted determinar cuál es la falla en el motor del vehículo?

SI  NO

7. ¿Cuáles son las causas más representativas de los fallos presentes en el motor?

Perdida de fuerza en el vehiculo, exceso de combustible, elevación de temperatura, baja presión de aceite.



(continuación)

8. En el momento que usted detecta la falla en el funcionamiento del vehículo. ¿Qué hace?

Informar al Ingiero a cargo, Diagnosticar estado del  
Vehículo y debidamente hacer su Reparación

9. ¿Estaría dispuesto a recibir una capacitación para mejorar las tareas de mantenimiento de los vehículos que llegan a la empresa?

SI  NO

10. ¿Se realizan mantenimientos periódicos en los vehículos que llegan a la empresa?

SI  NO

Gracias por su colaboración.

(continuación)

Encuesta N°1

Formulario de encuesta a los trabajadores de la empresa Servi Diesel Colombia

Nombres y apellidos: Wilson Brito Fecha: 11/08/2020

LA INFORMACION QUE APOORTE ES MUY NECESARIA PARA LA ELABORACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA SERVI DIESEL COLOMBIA.

En las preguntas que tengan un recuadro usted deberá marcar con una X su respuesta.

1. ¿Años de experiencia en el trabajo que realiza?

13 años.

2. De los siguientes componentes cuales considera usted que sean críticos o importantes en el motor.

Componentes	Critico	Importante
Turbocargador		X
Enfriador de carga aire	X	
Compresor del turbocargador	X	
Múltiple de admisión		X
Válvulas de admisión		X
Solenoides	X	
Bomba de aceite	X	
Carter		X
Enfriador del aceite lubricante		X
Indicador de presión de aceite	X	
Termostato del aceite lubricante		X
Válvula de alivio de alta presión del aceite lubricante	X	
Válvula de derivación del filtro de aceite lubricante	X	

Componentes	Critico	Importante
Filtro de aceite	X	
Aceite	X	
Múltiple de escape		X
Tubería general	X	
Batería	X	
Motor de arranque		X
Sensores	X	
Alternador		X
Arnés eléctrico	X	
Planta eléctrica		X
Módulo ECM	X	
Filtro de combustible		X
Bomba de engranes	X	
Bomba de levante		X
Inyector	X	
Válvula de cierre	X	
Actuador dosificación		X

(continuación)

Componentes	Critico	Importante
Actuador de posición		X
Radiador	X	
Fan clutch	X	
Ventilador		X
Refrigerante		X
Termostato		X
Bomba de agua	X	
Filtro de agua		X
Tanque de almacenaje de agua		X
Block del motor o bloque del motor		X
Camisas de cilindros con arosellos	X	
cojinetes de bancada con cojinetes de empuje	X	
Cigüeñal	X	
Engranaje del cigüeñal	X	
Tapas de bancada	X	
Pistones articulados	X	
Placa de refuerzo	X	
Junta de la cabeza de acero moldeado	X	
Cabeza de cilindros		X
Asientos de válvula y guías de válvula		X
Válvulas de cilindros admisión y escape	X	
Árboles de levas de inyectores	X	

Componentes	Critico	Importante
Freno de motor	X	
Balancines	X	
Junta de la cubierta de balancines		X
Cubierta de balancines		X
Soporte frontal del motor		X
Carcaza de engranes de aluminio con su junta		X
Engrane loco inferior		X
Engrane loco de ajuste		X
Engrane del árbol de levas de inyectores		X
Engrane del árbol de levas de válvulas		X
Cubiertas de engrane de acero superior e inferior		X
Reten frontal del cigüeñal	X	
Tubo de llenado de aceite y respiradero del Cárter		X
El módulo del sistema de combustible	X	
Tubo de entrada del aire de admisión		X
Placa de enfriamiento del ECM e IFSM		X
Cubiertas del ECM e IFSM	X	
Bayoneta del motor	X	

(continuación)

Componentes	Critico	Importante
Soporte trasero de elevación		X
Cubierta de volante trasera del cigüeñal		X
Volante y tope de cojinete al cigüeñal		X
Soporte frontal de elevación		X
Carcasa del termostatos, termostatos y cubierta de la carcasa de termostatos	X	
Conector de entrada del agua		X
Amortiguador de vibración y la polea del cigüeñal		X
Banda del alternador, compresor de freón, del tensor y polea loca		X
Banda de la bomba del agua	X	

Gracias por su colaboración.

Fuente: Elaboración propia.

Encuesta N°2

Formulario de encuesta a los trabajadores de la empresa Servi Diesel Colombia

Nombres y apellidos: Wilson Buitrago Fecha: 11/08/2010

LA INFORMACION QUE APORTE ES MUY NECESARIA PARA LA ELABORACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA SERVI DIESEL COLOMBIA.

En las preguntas que tengan un recuadro usted deberá marcar con una X su respuesta.

1. ¿Años de experiencia en el trabajo que realiza?

13 años.

2. Clasifique los subsistemas en orden de importancia en cuanto a las fallas que se presentan en el motor. Para esta pregunta enumere el orden de 1 a 7 dependiendo la importancia que usted crea correcta para cada uno.

Sub. Admisión	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub. Motriz	<input checked="" type="checkbox"/>
Sub. Lubricación	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub. Enfriamiento	<input checked="" type="checkbox"/>
Sub. Combustible	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub. Eléctrico	<input checked="" type="checkbox"/>
Sub. Escape	<input checked="" type="checkbox"/>		

3. ¿Cuáles son las fallas más frecuentes con que llegan los vehículos?

Códigos de falla del sistema de gestión electrónica, Daños en componentes internos del motor, fugas en los sistemas de refrigeración, combustible y lubricación

4. ¿Cuál es el procedimiento que se sigue para solucionar las averías?

Diagnostico con herramienta electrónica, Consultar manual Para procedimientos de avería, experiencia laboral.

5. ¿De los mantenimientos que se realizan, se controla?

Calidad  Tiempos  Costos  Ninguno

6. en caso de averías. ¿podría usted determinar cuál es la falla en el motor del vehículo?

SI  NO

7. ¿Cuáles son las causas más representativas de los fallos presentes en el motor?

Deterioro de calibrada, daño en sensores, daño en componentes mecánicos por desgaste de operación, Para inoperado del vehículo.

(continuación)

8. En el momento que usted detecta la falla en el funcionamiento del vehículo. ¿Qué hace?

Reporta directamente al supervisor o ingeniero a cargo  
del taller, para que sea debidamente comunicada al  
cliente.

---

---

9. ¿Estaría dispuesto a recibir una capacitación para mejorar las tareas de mantenimiento de los vehículos que llegan a la empresa?

SI  NO

10. ¿Se realizan mantenimientos periódicos en los vehículos que llegan a la empresa?

SI  NO

Gracias por su colaboración.

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo B.

### Diagnóstico global de fallas del motor Cummins ISX.

En este apartado se darán las distintas y posibles fallas globales del motor Cummins ISX en tablas con sus causas, ya que esto nos permitirá identificar la causa que hace llevar a la falla.

Diagnóstico de fallas y causas el compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada (no bombea continuamente).

Falla	Causa
El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada (no bombea continuamente)	Fugas del sistema de aire
	El sistema de válvula de admisión o de escape del compresor de aire fuga aire

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 8. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas el compresor de aire no bombea aire.

Falla	Causa
El compresor de aire no bombea aire	El sistema de descarga funciona mal
	La cabeza de cilindro del compresor de aire está agrietada o porosa, o tiene una junta con fuga
	El compresor de aire está gastado excesivamente o dañado internamente

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 9. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas el alternador no carga o carga en forma insuficiente.

Falla	Causa
El alternador no carga o carga en forma insuficiente	Los cables o conexiones de la batería están flojos, rotos, o corroídos (resistencia excesiva)
	Las baterías han fallado
	El sistema eléctrico está “abierto” (fusibles fundidos, cables rotos, o conexiones flojas)
	La banda del alternador está floja
	Mal funcionamiento del indicador del vehículo
	La polea del alternador está floja en el eje
	El alternador o regulador de voltaje funciona mal
	El alternador está sobrecargado, o la capacidad del alternador está por debajo de especificación
La temperatura de la batería está arriba de especificación	

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 11. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas pérdida de refrigerante – externa.

Falla	Causa
Pérdida de Refrigerante – Externa	El nivel del refrigerante está arriba de especificación
	Fuga externa de refrigerante
	El tapón del radiador no es el correcto, está funcionando mal o tiene rango de baja presión
	La manguera del sistema de enfriamiento está colapsada, restringida, o fugando
	Aire o gases de combustión están entrando al sistema de enfriamiento



(continuación)

Falla	Causa
	El motor está sobrecalentándose
	La línea de llenado o las líneas de purga están restringidas, obstruidas, o no orientadas correctamente

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 16. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas pérdida de refrigerante-interna.

Falla	Causa
Pérdida de refrigerante-interna	La cabeza de cilindro del compresor de aire está agrietada o porosa, o tiene una junta con fuga
	El enfriador de aceite lubricante está fugando
	El calentador de combustible está fugando refrigerante
	El enfriador del aceite de la transmisión o el enfriador del convertidor de torque está fugando (solamente motores marinos, enfriados por la quilla)
	La junta de la cabeza de cilindros está fugando
	La cabeza de cilindros está agrietada o porosa
	La camisa de cilindro está corroída o agrietada, o el block de cilindros está agrietado o poroso

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 17. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas temperatura de refrigerante arriba de lo normal.

Falla	Causa
Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	El termostato no es el correcto o funciona mal
	El nivel de refrigerante está por debajo de especificación
	La cubierta del radiador para clima frío o la cubierta contra el frío está cerrada
	La banda impulsora del ventilador está floja
	Las aletas del enfriador de carga de aire (CAC), aletas del radiador, o aletas del condensador del aire acondicionado están dañadas u obstruidas con desechos
	El mando de ventilador o los controles del ventilador funcionan mal
	El tapón del radiador no es el correcto, está funcionando mal o tiene rango de baja presión
	El indicador de temperatura de refrigerante funciona mal
	La manguera del sistema de enfriamiento está colapsada, restringida, o fugando
	La bomba del agua funciona mal

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 18 y 19. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas la temperatura de refrigerante está debajo de lo normal.

Falla	Causa
La temperatura de refrigerante está debajo de lo normal	Códigos de falla electrónicos activos o altos conteos de códigos de falla inactivos
	El sensor de temperatura de refrigerante funciona mal

(continuación)

Falla	Causa
	El indicador de temperatura de refrigerante funciona mal
	El motor está operando en temperatura ambiente baja
	El mando de ventilador o los controles del ventilador funcionan mal
	El termostato no es el correcto o funciona mal
	El flujo de refrigerante a través del radiador no es correcto

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 23 y 24. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas refrigerante en el aceite lubricante.

Falla	Causa
Refrigerante en el aceite lubricante	El enfriador de aceite lubricante está fugando
	La cabeza de cilindro del compresor de aire está agrietada o porosa, o tiene una junta con fuga
	La junta de la cabeza de cilindros está fugando
	La cabeza de cilindros está agrietada o porosa
	La camisa de cilindro está corroída o agrietada
	El block de cilindros está agrietado o poroso

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 25. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas paso de gases al cárter excesivo (blowby).

Falla	Causa
Paso de gases al cárter excesivo (blowby)	El sistema de ventilación del cárter está obstruido
	El sello de aceite del turbocargador está fugando
	El compresor de aire funciona mal
	El pistón, anillos de pistón, o camisa de cilindro está gastado o dañado

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 26. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas la presión de combustible al dar marcha es baja.

Falla	Causa
La presión de combustible al dar marcha es baja	Válvula(s) de cierre de combustible cerrada (sistema electrónico de combustible)
	Aire en el sistema de combustible
	Restricción de entrada de combustible
	La válvula(s) check en línea están instaladas al revés, o tienen número de parte incorrecto
	Los reguladores de presión de combustible están pegados
	La bomba de combustible no está girando (engrane o eje)

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 27. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas aceleración o respuesta deficientes del motor.

Falla	Causa
Aceleración o respuesta deficientes del motor	Códigos de falla electrónicos activos o altos conteos de códigos de falla inactivos
	Código(s) de falla de protección del motor inactivo

(continuación)

Falla	Causa
	Verifique la reclamación
	El pedal del acelerador está restringido o funciona mal
	La calibración del módulo de control electrónico (ECM) no es correcta
	Restricción de entrada de combustible
	Fugas de aire de admisión o de escape
	El sensor de presión de aire ambiente funciona mal (si está equipado)
	La bomba de combustible funciona mal
	El turbocargador no es el correcto
	La temperatura de entrada de combustible a la bomba está arriba de especificación
	El inyector funciona mal
	El ajuste del freno del motor no es correcto
	Los inyectores no son los correctos
	Daño interno del motor

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 28 y 29. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas el freno del motor no opera.

Falla	Causa
El freno del motor no opera	Códigos de falla electrónicos activos o altos conteos de códigos de falla inactivos
	El interruptor on/off del freno del motor está desconectado
	Los parámetros programables o características seleccionadas no son correctos
	El interruptor on/off del freno del motor o el circuito funciona mal

(continuación)

Falla	Causa
	Los conectores del arnés del freno del motor están flojos o rotos
	El interruptor o el circuito del embrague funciona mal
	El interruptor o el circuito del embrague funciona mal
	Fuga de aceite lubricante (interna)

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 33, 34 y 35. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas freno del motor – baja potencia de frenado o lento para activarse.

Falla	Causa
Freno del motor – baja potencia de frenado o lento para activarse	Los parámetros programables o características seleccionadas no son correctos
	El motor está frío
	El ajuste del freno del motor no es correcto
	Los conectores del arnés del freno del motor están flojos o rotos
	Aire en el sistema de aceite lubricante
	Fuga de aceite lubricante (interna)
	El solenoide(s) del freno del motor funciona mal
	El pistón(es) del freno del motor está pegado

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 36 y 37. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas el motor tiene dificultad para arrancar o no arranca (humo del escape).

Falla	Causa
El motor tiene dificultad para arrancar o no arranca (humo del escape)	El nivel de combustible es bajo en el tanque
	El voltaje de la batería es bajo
	La velocidad del motor al dar marcha es muy lenta
	El grado del combustible no es el correcto para la aplicación o la calidad del combustible es mala
	La calibración del módulo de control electrónico (ECM) no es correcta
	Restricción de entrada de combustible
	Aire en el sistema de combustible
	El motor está operando en temperatura ambiente baja
	La bomba de combustible funciona mal
	Los ajustes del tren de válvulas e inyectores no son correctos
	Los frenos del motor funcionan mal
	La sincronización del árbol de levas no es correcta
	Los arosellos del inyector están dañados o faltan
	La restricción del sistema de escape está arriba de especificación
	Desechos en los pasajes de combustible
Daño interno del motor	

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 41, 42 y 43. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas el motor tiene dificultad para arrancar o no arranca (sin humo del escape).

Falla	Causa
-------	-------

(continuación)

Falla	Causa
El motor tiene dificultad para arrancar o no arranca (sin humo del escape)	El nivel de combustible es bajo en el tanque
	Mal funcionamiento del sensor de presión del riel de combustible
	Aire en el sistema de combustible
	Válvula(s) de cierre de combustible cerrada (sistema electrónico de combustible)
	Restricción del filtro de combustible o de la entrada de combustible
	Válvulas check del IFSM funcionando mal
	Mal funcionamiento de los reguladores de presión de la bomba de combustible
	El circuito del interruptor de llave está funcionando mal
	El voltaje de la batería es bajo
	Fuga de combustible
	La línea de drenado de combustible está restringida
	El sensor de posición del árbol de levas o del cigüeñal, o el circuito funciona mal
	La calibración del módulo de control electrónico (ECM) no es correcta
	El módulo de control electrónico (ECM) está bloqueado
	La bomba de combustible no está girando (engrane o eje)
	Los ajustes del tren de válvulas e inyectores no son correctos
	El inyector funciona mal
Daño interno del motor	

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 45, 46, 47 y 48. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)



Diagnóstico de fallas y causas ruido excesivo del motor.

Falla	Causa
Ruido excesivo del motor	El nivel del aceite lubricante está debajo de especificación
	Daño interno del motor
	El ruido del embrague de ventilador, bomba hidráulica, o compresor de freón es excesivo
	El ventilador está flojo, dañado, o no balanceado
	La tubería del aire de admisión o de escape está contactando el chasis o la cabina
	Los soportes del motor están gastados, dañados, flojos o no son los correctos
	Fugas de aire de admisión o de escape
	Ruido del turbocargador
	El ruido del compresor de aire es excesivo
	Los ajustes del tren de válvulas e inyectores no son correctos
	Los componentes del tren de válvulas e inyectores están dañados
	El inyector funciona mal
	Los tornillos del volante o plato flexible están flojos o rotos
	El juego entre dientes del tren de engranes es excesivo o los dientes de engrane están dañados
	El pistón, anillos de pistón, o camisa de cilindro está gastado o dañado
	El motor está operando en temperatura ambiente baja
	El grado del combustible no es el correcto para la aplicación o la calidad del combustible es mala
	Aire en el sistema de combustible
	La temperatura del refrigerante está por debajo de especificación

(continuación)

Falla	Causa
	La presión del aceite lubricante está por debajo de especificación
	Daño interno del motor
	Los tornillos de biela están flojos o no apretados correctamente
	Los cojinetes de biela están dañados o gastados, no están ensamblados correctamente, o son los cojinetes erróneos
	El perno de pistón o el buje está flojo, gastado, o no instalado correctamente
	Restricción del sistema de escape
	El turbocargador está gastado o dañado
	El turbocargador no es el correcto

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 49, 50, 51, 52, 53 y 58. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas baja salida de potencia del motor.

Falla	Causa
Baja salida de potencia del motor	Código(s) de falla de protección del motor inactivo
	El pedal del acelerador está restringido o funciona mal
	La calibración del módulo de control electrónico (ECM) no es correcta
	Restricción de entrada de combustible
	Aire en el sistema de combustible
	El grado del combustible no es el correcto para la aplicación o la calidad del combustible es mala
	Restricción del sistema de aire de admisión
	Fugas de aire de admisión o de escape

(continuación)

Falla	Causa
	La restricción del sistema de escape está arriba de especificación
	El enfriador de carga de aire (CAC) está restringido o fugando
	La bomba de combustible funciona mal
	La temperatura de entrada de combustible a la bomba está arriba de especificación
	El nivel del aceite lubricante está arriba de especificación.
	El turbocargador no es el correcto
	El turbocargador funciona mal.
	La compuerta de descarga del turbocargador funciona mal (si está equipada)
	El motor está operando por arriba de la altitud recomendada
	El inyector funciona mal
	El ajuste del freno del motor no es correcto.
	Los frenos del motor funcionan mal
	Los ajustes del tren de válvulas e inyectores no son correctos
	Los arosellos del inyector están dañados o faltan
	Los inyectores no son los correctos
	Mal funcionamiento del actuador de sincronización o de dosificación de combustible
	Daño interno del motor

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 59, 60, 61, 62, 63 y 64. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas el motor funciona irregularmente en ralentí.

Falla	Causa
El motor funciona irregularmente en ralentí	Códigos de falla electrónicos activos o altos conteos de códigos de falla inactivos
	El motor está operando en temperatura ambiente baja
	La calibración del módulo de control electrónico (ECM) no es correcta
	El grado del combustible no es el correcto para la aplicación o la calidad del combustible es mala
	Aire en el sistema de combustible
	Restricción de entrada de combustible
	Los soportes del motor están gastados, dañados, o no son los correctos
	El inyector funciona mal
	Los ajustes del tren de válvulas e inyectores no son correctos
	La sincronización del árbol de levas no es correcta
	El amortiguador de vibración está dañado
	Daño interno del motor

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 65, 66 y 67. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas el motor funciona irregularmente o con fallas de encendido.

Falla	Causa
El motor funciona irregularmente o con fallas de encendido	El motor está operando en temperatura ambiente baja
	La calibración del módulo de control electrónico (ECM) no es correcta
	El grado del combustible no es el correcto para la aplicación o la calidad del combustible es mala
	Aire en el sistema de combustible

(continuación)

Falla	Causa
	Restricción de entrada de combustible
	El inyector funciona mal
	El ajuste del freno del motor no es correcto
	Los frenos del motor funcionan mal
	Los ajustes del tren de válvulas e inyectores no son correctos
	Mal funcionamiento del actuador de sincronización o de dosificación de combustible
	La sincronización del árbol de levas no es correcta
	El amortiguador de vibración está dañado
	Fuga de la válvula de la cabeza de cilindros
	Daño interno del motor

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 68, 69 y 70. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas el motor se apaga inesperadamente o se para durante la desaceleración.

Falla	Causa
El motor se apaga inesperadamente o se para durante la desaceleración	El circuito del interruptor de llave está funcionando mal
	El voltaje de la batería es bajo
	La calibración del módulo de control electrónico (ECM) no es correcta
	Restricción de entrada de combustible
	Aire en el sistema de combustible
	Los frenos del motor funcionan mal
	Los arosellos del inyector están dañados o faltan

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 71 y 72. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

[operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](#)

Diagnóstico de fallas y causas velocidad irregular del motor bajo carga o en el rango de operación.

Falla	Causa
Velocidad irregular del motor bajo carga o en el rango de operación	El sensor de posición del pedal del acelerador o el circuito funciona mal
	Aire en el sistema de combustible
	Restricción de entrada de combustible
	La calibración del módulo de control electrónico (ECM) no es correcta
	La restricción del sistema de aire de admisión está arriba de especificación
	La restricción del sistema de escape está arriba de especificación
	Fuga de la válvula check del inyector
	La bomba de combustible funciona mal
	Mal funcionamiento del actuador de sincronización o de dosificación de combustible
	El ajuste del freno del motor no es correcto

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 76, 77 y 78. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas el motor arranca, pero no se mantiene funcionando.

Falla	Causa
El motor arranca, pero no se mantiene funcionando	El nivel de combustible es bajo en el tanque
	El voltaje de la batería es bajo
	Restricción de entrada de combustible
	Aire en el sistema de combustible
	El circuito del interruptor de llave está funcionando mal
	Válvula(s) de cierre de combustible cerrada (sistema electrónico de combustible)

(continuación)

Falla	Causa
	El grado del combustible no es el correcto para la aplicación o la calidad del combustible es mala

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 79 y 80. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas vibración excesiva del motor.

Falla	Causa
Vibración excesiva del motor	La velocidad de ralentí del motor está ajustada muy baja (sistemas de combustible controlados electrónicamente)
	El ventilador está flojo, dañado, o no balanceado
	Los accesorios impulsados por banda funcionan mal
	Los accesorios impulsados por engrane funcionan mal
	Los soportes del motor están gastados, dañados, flojos o no son los correctos
	Los componentes del tren motriz están funcionando mal o no son los correctos
	La cubierta del volante no está correctamente alineada
	Daño interno del motor

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 81 y 82. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas el motor no da marcha o da marcha lentamente.

Falla	Causa
-------	-------

(continuación)

Falla	Causa
El motor no da marcha o da marcha lentamente	La presión de aire es baja en los tanques de aire
	Las unidades impulsadas por el motor están acopladas
	El aceite lubricante no cumple las especificaciones para las condiciones de operación
	Mal funcionamiento del motor de arranque, o el motor de arranque no es el correcto
	El piñón del motor de arranque o la corona dentada está dañado
	La rotación del cigüeñal está deteriorada
	Bloqueo hidráulico en un cilindro
	Daño interno del motor
	El voltaje de la batería es bajo
	Los cables o conexiones de la batería están flojos, rotos, o corroídos (resistencia excesiva)
	La capacidad de la batería está por debajo del específico

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 83 y 84. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas consumo excesivo de combustible.

Falla	Causa
Consumo excesivo de combustible	La técnica del operador no es correcta
	Factores del equipo y ambientales están afectando el consumo de combustible
	El tren motriz no está correctamente adaptado al motor
	Códigos de falla electrónicos activos o altos conteos de códigos de falla inactivos
	El turbocargador no es el correcto



(continuación)

Falla	Causa
	Fuga de combustible
	El medidor de centros u odómetro está mal calibrado
	El grado del combustible no es el correcto para la aplicación o la calidad del combustible es mala
	El nivel del aceite lubricante está arriba de especificación
	La calibración del módulo de control electrónico (ECM) no es correcta
	La restricción del sistema de aire de admisión está arriba de especificación
	La restricción del sistema de escape está arriba de especificación
	El inyector funciona mal
	Los ajustes del tren de válvulas e inyectores no son correctos
	Daño interno del motor

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 87, 88, 89, 90 y 91. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas combustible en el refrigerante.

Falla	Causa
Combustible en el refrigerante	El suministro volumétrico de refrigerante está contaminado
	El calentador de combustible funciona mal (si está equipado)
	La cabeza de cilindros está agrietada o porosa

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 92. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas combustible en el aceite lubricante.

Falla	Causa
Combustible en el aceite lubricante	El suministro volumétrico de aceite está contaminado
	El tiempo de ralentí del motor es excesivo
	El sello de la bomba de combustible está fugando
	El arosello superior del inyector o el émbolo de sincronización del inyector está dañado
	El inyector funciona mal
	La línea de drenado de combustible está restringida
	La cabeza de cilindros está agrietada o porosa
	Problema de motor básico

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 93 y 94. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas consumo excesivo de aceite lubricante.

Falla	Causa
Consumo excesivo de aceite lubricante	Fuga de aceite lubricante (externa)
	El sistema de ventilación del cárter está obstruido
	El compresor de aire está bombeando aceite lubricante dentro del sistema de aire
	La calibración de la bayoneta del aceite lubricante no es correcta
	Intervalo excesivo de drenado de aceite lubricante
	El aceite lubricante no cumple las especificaciones para las condiciones de operación
	El sello de aceite del turbocargador está fugando
	El enfriador de aceite lubricante está fugando

(continuación)

Falla	Causa
	Los anillos de pistón no asientan correctamente (después de una reconstrucción del motor o instalación de pistón)
	El pistón, anillos de pistón, o camisa de cilindro está gastado o dañado

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 101 y 102. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas aceite lubricante contaminado.

Falla	Causa
Aceite lubricante contaminado	Identifique la contaminación del aceite lubricante
	El suministro volumétrico de aceite está contaminado
	Fugas internas de refrigerante
	El sedimento de aceite lubricante es excesivo
	Combustible en el aceite lubricante
	Hay fluido hidráulico o de la transmisión en el aceite lubricante

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 103. Consultado 10/03/2020. Disponible en: [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas alta presión del aceite lubricante.

Falla	Causa
Alta presión del aceite lubricante	Mal funcionamiento del interruptor, indicador, o sensor de presión de aceite, o no está en el sitio correcto
	El aceite lubricante no cumple las especificaciones para las condiciones de operación
	Fugas internas del lubricante

(continuación)

Falla	Causa
	La válvula de alivio de alta presión del aceite lubricante o la bomba del aceite lubricante está funcionando mal

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 104. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas baja presión del aceite lubricante.

Falla	Causa
Baja presión del aceite lubricante	El sensor o el circuito de presión de aceite lubricante funciona mal
	El filtro de aceite lubricante está tapado
	El nivel del aceite lubricante está arriba o abajo de especificación
	El aceite lubricante no cumple las especificaciones para las condiciones de operación
	La bomba de aceite lubricante funciona mal o los arosellos están dañados
	Fugas internas del lubricante
	La válvula de alivio de alta presión del aceite lubricante o la bomba del aceite lubricante está funcionando mal
	Daño interno del motor o fuga interna de aceite lubricante
	El aceite lubricante está contaminado con refrigerante o combustible

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 105, 106 y 107. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas temperatura del aceite lubricante arriba de especificación.

Falla	Causa
Temperatura del aceite lubricante arriba de especificación	Mal funcionamiento del interruptor, indicador, o sensor de temperatura de aceite, o no está en el sitio correcto
	El sensor o circuito de temperatura de aceite lubricante funciona mal (sistema de combustible controlado electrónicamente)
	El nivel del aceite lubricante está arriba o abajo de especificación.
	La temperatura del refrigerante está arriba de especificación
	El termostato de aceite lubricante funciona mal
	El enfriador de aceite lubricante funciona mal

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 110 y 111. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas la presión de operación del combustible es baja.

Falla	Causa
La presión de operación del combustible es baja	Aire en el sistema de combustible
	Restricción de entrada de combustible
	La válvula(s) check en línea están instaladas al revés, o tienen número de parte incorrecto
	El regulador de presión de la bomba de combustible está pegado
	La bomba de combustible funciona mal

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 113. Consultado 10/03/2020. Disponible en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

Diagnóstico de fallas y causas humo Negro Excesivo.

Falla	Causa
Humo Negro Excesivo	El turbocargador no es el correcto
	El motor está frío
	El grado del combustible no es el correcto para la aplicación o la calidad del combustible es mala
	La calibración del módulo de control electrónico (ECM) no es correcta
	Fugas de aire de admisión o de escape
	La restricción del sistema de aire de admisión está arriba de especificación
	La restricción del sistema de escape está arriba de especificación
	La compuerta de descarga del turbocargador funciona mal
	El inyector funciona mal
	Los arosellos del inyector están dañados o faltan
	El sistema de ventilación del cárter está obstruido
	El sello de aceite del turbocargador está fugando

Fuente: Elaboración propia con base a: Cummins Engine Company, Inc., Manual de Diagnóstico y Reparaciones Motores Signature, ISX y QSX15, 2000, p. 114, 115 y 116. Consultado 10/03/2020. Disponible

en:[file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/manual-operacion-mantenimiento-motores-signature-isx-cummins-partes-procedimientos-diagramas-diagnostico-fallas%20(2).pdf)

### Anexo C.

Diagnóstico de fallas subsistemas críticos del motor Cummins ISX.

A continuación, se presentan los diagnósticos de fallas de los sistemas críticos restantes con sus causas de falla.

Diagnóstico fallas del subsistema eléctrico.

Sistema Eléctrico	
Falla	Causa
Mal funcionamiento del Alternador	Problemas por una correa del alternador muy prensada
	Falsos contactos del cableado
	Fusible defectuoso
	Polea rota
Deficiente funcionamiento del ECM o módulo de control electrónico	Desincronización de los códigos
	Falsos contacto cableado eléctrico
	Desgaste de los sellos o juntas
Daños en la Placa de enfriamiento del ECM e IFSM	Grietas
	Rupturas
	Desajuste de la placa de enfriamiento
Mal funcionamiento del Motor de arranque	Batería descargada
	Bobinas con fallas
	Solenooides dañados
	Alternador averiado
	Falsos contacto cableado eléctrico
Mal funcionamiento de los Sensores	Batería descargada
	Alternador averiado

(continuación)

Sistema Eléctrico	
Falla	Causa
	Desincronización de los códigos del ECM
	Falsos contacto cableado eléctrico
Desajuste del Arnés eléctrico	Batería descargada
	Desincronización de los códigos del ECM
	Falsos contacto cableado eléctrico
No funciona la Planta eléctrica	Daños en las terminaciones de la planta eléctrica
	Mala técnica de encendido de la planta eléctrica
	Mala conexión de los conectores
	Daño de la planta eléctrica

Fuente: Elaboración propia.

Diagnóstico fallas del subsistema de admisión.

Sistema de admisión	
Falla	Causa
Pérdida de potencia del Turbocargador	Desgaste de los cojinetes
	Desajuste y desgaste de los rodamientos
	Ruptura del eje del turbocargador



(continuación)

Sistema de admisión	
Falla	Causa
	Fugas en el sistema de lubricación
	Álabes de la turbina dañados
	Rueda compresora dañada por fatiga
Daños en el Múltiple de admisión	Desajuste del múltiple
	Oxidación y corrosión del múltiple
	Fugas de presión de aire
Desajuste de Válvulas de admisión	Montaje de válvulas dobladas
	Esfuerzo excesivo de la válvula debido a fallas de combustión
	Ruptura de la válvula
	Juego para la guía de la válvula demasiado grande
	Juego para la guía de la válvula demasiado pequeño
	Deformación de la cabeza de la válvula
Mal funcionamiento de los Solenoides	Mal contacto del cableado
	Humedad en el solenoide

(continuación)

Sistema de admisión	
Falla	Causa
	Mal montaje del solenoide
	Oxidación y corrosión de la carcasa del solenoide
Baja eficiencia en el enfriador de carga de aire	Fugas del enfriador
	Mal montaje del enfriador
	Ruptura de las justas del enfriador
Fallos en el Actuador dosificación	Pegue completo del actuador a la carcasa
	Obstrucción al actuador
	Ruptura del resorte
	Falsos contacto cableado eléctrico
Acumulación de suciedad y residuos en el múltiple de admisión	Proceso de combustión está fallando
	Desincronización en las válvulas de admisión
	Falta de limpieza en el múltiple

Fuente: Elaboración propia.

Diagnóstico fallas del subsistema de escape.

Sistema de Escape	
Falla	Causa

(continuación)

Sistema de escape	
Falla	Causa
Daños en el Múltiple de escape	Desajuste del múltiple
	Oxidación y corrosión del múltiple
	Grietas del múltiple
	Fugas de aire en el múltiple
Daños de Tubería de escape	Perforación de la tubería
	Desajuste de las abrazaderas del múltiple
	Acumulación de carbón en la tubería
	Fugas de presión en la tubería
Pérdida de potencia del Turbocargador	Desgaste de los cojinetes del turbo
	Desajuste y desgaste de los rodamientos del turbo
	Ruptura del eje del turbocargador
	Fugas de aceite lubricante en el turbo
	Álabes de la turbina dañados
	Rueda compresora dañada por fatiga

(continuación)

Sistema de escape	
Falla	Causa
Desajuste de Válvulas de escape	Montaje de válvulas dobladas
	Esfuerzo excesivo de la válvula debido a fallas de combustión
	Ruptura de la válvula
	Juego para la guía de la válvula demasiado grande
	Juego para la guía de la válvula demasiado pequeño
	Deformación de la cabeza de la válvula

Fuente: Elaboración propia.

Diagnóstico fallas del subsistema de enfriamiento.

Sistema de Enfriamiento	
Falla	Causa
Baja eficiencia del Radiador	Fugas en el radiador
	Mal montaje del radiador
	Fugas en la tapa del radiador
	Ruptura del radiador

(continuación)

Sistema de Enfriamiento	
Falla	Causa
Mal funcionamiento del Fan Cluth	Desgaste del sello del Fan
	Grietas en la cubierta
	Corrosión y oxido en la carcasa
	Tuerca o maza desajustada
	Desajuste del Fan
Mal funcionamiento del Ventilador	Desajuste del ventilador
	Daño en alguna de las aletas del ventilador
	Ruptura del ventilador
Baja eficiencia del Intercooler	Oxidación o corrosión en el intercooler
	Grietas en el panel o columnas
	Desajuste intercooler
	Fugas del intercooler
Mal funcionamiento de los termostatos	Mal montaje de la carcasa
	Ruptura de la carcasa
	Fugas en la carcasa
	Fugas de la cubierta del termostato

(continuación)

Sistema de Enfriamiento	
Falla	Causa
	Oxidación y corrosión de los termostatos
	Acumulación de sedimentos en los termostatos
Mal funcionamiento de la Bomba de engranajes del agua	Cavitación
	Ruptura de los dientes de los engranajes
	Falta de lubricación en la bomba
	Oxidación o corrosión de los engranajes
	Fugas de agua
	Vapor excesivo dentro del motor
	Ruido interno de la bomba por desajuste
	Eje dañado o roto
	Bujes desgastados
Daños en el Filtro del agua	Acumulación de suciedad o partículas en el filtro
	Desajuste del filtro
	Fugas del filtro
Daños en el Tanque de almacenamiento de agua	Fugas de agua en el tanque
	Rupturas de sellos
	Mal montaje del tanque

Fuente: Elaboración propia.

Diagnóstico fallas del subsistema motriz.

Sistema Motriz	
Falla	Causa
Daños en el Block del motor o bloque del motor	Grietas en el bloque del motor o desajuste
	Las juntas que mantienen unido al bloque del motor pueden desgastarse o salirse de su lugar
Daños en los Cojinetes de bancada y cojinetes de empuje	Lubricación deficiente
	Incorrectas operaciones de explotación
	Fisuras
	Porosidades
Juego en el Engranaje del cigüeñal, aro de tonos y el adaptador del cigüeñal	Descascarillado
	Desajuste
	Ruptura de los dientes de los engranajes
Daños en los Pistones	Oxidación o corrosión del engranaje
	Roturas de pistones en general
	Rotura en la bancada del bulón
	Rotura por colisión de la cabeza del pistón con la culata del cilindro
	Pistón suelto
	Pistón barrido
	Rotura de bulón
Desgaste irregular del cilindro	

(continuación)

Sistema Motriz	
Falla	Causa
Desajuste de los Árboles de levas	Desgaste en los apoyos del árbol de levas
	Holgura axial en el alojamiento
	Desgastes excesivos en los componentes del tren de válvulas
	Alojamiento de la puntería desalineado
	Acabado tosco del árbol de levas
	Lubricación insuficiente
	Angulo de lóbulo de leva incorrecto
Mal funcionamiento del Freno de motor	Desincronización con la unidad de control eléctrica
	Conectores eléctricos dañados
	Mal contacto de conectores
Funcionamiento erróneo de los Balancines	Ruptura del balancín
	Montaje erróneo del balancín
	Anillos de empuje pegados
	Ruptura de anillos



(continuación)

Sistema Motriz	
Falla	Causa
Desajuste del Amortiguador de vibración y la polea del cigüeñal	Desajuste de la polea y el amortiguador
	Ruptura de la polea
	Ruptura del amortiguador
	Grietas de los dos componentes
Daño de Banda del alternador, compresor, del tensor y polea loca	Desgaste de la banda
	Ruptura de la banda
Daño de Banda de la bomba del agua y el ventilador	Desgaste de la banda
	Ruptura de la banda
Juegos en el Engranaje del cigüeñal, aro de tonos y el adaptador del cigüeñal	Desajuste
	Ruptura de los dientes de los engranajes
	Oxidación o corrosión del engranaje
Mal funcionamiento de los Asientos de válvula	Montaje incorrecto del resorte de válvula
	Montaje incorrecto del taqué hidráulico
	Juego para la guía de la válvula demasiado grande
	Desalineación en el inserto para asiento de válvula o la guía de válvula

(continuación)

Sistema Motriz	
Falla	Causa
Mal funcionamiento de los Balancines	Ruptura del balancín
	Montaje erróneo del balancín
	Anillos de empuje pegados
	Ruptura de anillos

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo D.

Codificación de los componentes del subsistema motriz.

### CODIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SUBSISTEMA MOTRIZ

<b>Codificación de los componentes de los subsistemas</b>	
<b>SM</b>	<b>Sistema Motriz</b>
SM 1	Block del motor o bloque del motor
SM 2	Camisas de cilindros con arosellos
SM 3	7 cojinetes de bancada con cojinetes de empuje ubicado en el cilindro número cuatro
SM 4	Cigüeñal
SM 5	Engranaje del cigüeñal, aro de tonos y el adaptador del cigüeñal
SM 6	Tapas de bancada (se colocan por anillos posicionadores)
SM 7	Pistones articulados (tiene pistón y biela con un perno de flotación total con anillos de retención)
SM 8	Placa de refuerzo (montaje con tornillos especiales)
SM 9	Junta de la cabeza de acero moldeado: con sus sellos de aceite y refrigerante
SM 10	Cabeza de cilindros
SM 11	Asientos de válvula y guías de válvula con sus vástagos (las válvulas de escape tienen vástagos más largos que las válvulas de admisión)
SM 12	Válvulas de cilindros admisión y escape (4 por cilindro)

(continuación)

<b>Codificación de los componentes de los subsistemas</b>	
<b>SM</b>	<b>Sistema Motriz</b>
SM 13	Árboles de levas de inyectores y válvulas (El árbol de levas que acciona los inyectores es más grande y se monta en el lado de bomba de combustible del motor, el árbol de levas que acciona las válvulas y el freno del motor se monta en el lado de escape)
SM 14	Freno de motor, 3 solenoides de freno de motor
SM 15	Balancines
SM 16	Junta de la cubierta de balancines
SM 17	Cubierta de balancines
SM 18	Soporte frontal del motor
SM 19	Carcasa de engranes de aluminio con su junta
SM 20	Engrane loco inferior (este engranaje es impulsado con el engranaje del cigüeñal)
SM 21	Engrane loco de ajuste (este engranaje es impulsado por el engrane loco inferior)
SM 22	Engrane del árbol de levas de inyectores (este engranaje es impulsado por el engrane loco de ajuste)
SM 23	Engrane del árbol de levas de válvulas (este engranaje es impulsado por el engrane del árbol de levas de inyectores)
SM 24	Cubiertas de engrane de acero superior e inferior (existe una marca en la cubierta inferior que se utiliza en los procedimientos de sincronización y ajuste del tren de válvulas e inyectores)

(continuación)

<b>Codificación de los componentes de los subsistemas</b>	
<b>SM</b>	<b>Sistema Motriz</b>
SM 25	Reten frontal del cigüeñal
SM 26	Tubo de llenado de aceite y respiradero del Cárter (Este se fija a la cubierta de engranes inferior)
SM 27	El módulo del sistema de combustible integrado IFSM
SM 28	Tubo de entrada del aire de admisión
SM 29	Placa de enfriamiento del ECM
SM 30	Cubiertas del ECM e IFSM (tres cubiertas)
SM 31	Bayoneta del motor
SM 32	Soporte trasero de elevación (su montaje va en la parte trasera del motor en el lado de la bomba de combustible)
SM 33	Cubierta de volante trasera del cigüeñal (se monta en la parte trasera del block del motor)
SM 34	Volante y tope de cojinete al cigüeñal (se monta con doce tornillos para fijar el volante y tope del cojinete al cigüeñal)
SM 35	Soporte frontal de elevación (su montaje va en la parte trasera del motor junto con la carcasa de engranes)
SM 36	Conector de entrada del agua de fundición de aluminio (esta unido al block)
SM 37	Amortiguador de vibración y la polea del cigüeñal (Estos se montan al frente del cigüeñal)
SM 38	Banda del alternador, compresor de freón, del tensor y polea loca (se montan al frente del motor)

(continuación)

<b>Codificación de los componentes de los subsistemas</b>	
<b>SM</b>	<b>Sistema Motriz</b>
SM 39	Banda de la bomba del agua y ventilador (es impulsado por una banda y tensor instalado en el frente del motor)

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo E.

Codificación de elementos de componentes de los subsistemas del motor.

### CODIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS SUBSISTEMAS DEL MOTOR.

Subsistema, componente y elementos del componente	Elementos
SA 1-0.1	Lamina imantada
SA 1-0.2	Sello o tapón del actuador
SA 1-0.3	Bobina
SA 1-0.4	Resorte o muelle
SA 1-0.5	Junta
SA 1-0.6	Cuerpo del actuador
SA 2-0.1	Rueda Compresora
SA 2-0.2	Buje frontal del eje
SA 2-0.3	Buje trasero del eje
SA 2-0.4	Rueda Turbina
SA 2-0.5	Eje
SA 2-0.6	Plato del turbocargador
SA 2-0.7	Bujes
SA 3-0.1	Eje del turbocargador
SA 3-0.2	ventilador del compresor
SA 3-0.3	carcasa del compresor
SA 3-0.4	Tubería de aire del enfriador
SA 3-0.5	Juntas de acople
SA 4-0.1	Múltiple de admisión
SA 5-0.1	Cabeza
SA 5-0.2	Margen
SA 5-0.3	Cara
SA 5-0.4	Vástago
SA 5-0.5	Talón
SA 5-0.6	Ranura de seguro
SA 6-0.1	Cuerpo del solenoide
SA 6-0.2	Embolo
SA 6-0.3	Resorte o muelle
SA 6-0.4	Caja del diafragma

(continuación)

Subsistema, componente y elementos del componente	Elementos
SA 6-0.5	Bobinado del solenoide
SA 6-0.6	Cables de señal
SA 6-0.7	Cabeza solenoide
SC 1-0.1	Tapa
SC 1-0.2	Carcasa del filtro
SC 1-0.3	Tubo de apoyo
SC 1-0.4	Recinto
SC 1-0.5	Tornillo de vaciado de agua
SC 1-0.6	Elemento filtrante
SC 2-0.1	Válvula de seguridad
SC 2-0.2	Engranaje conductor
SC 2-0.3	Válvula de sobrepresión
SC 2-0.4	Taladro estrangulador
SC 2-0.5	Válvula antirretorno
SC 2-0.6	By-pass
SC 2-0.7	Filtro
SC 2-0.8	Taladro estrangulador de aspiración
SC 2-0.9	Engranaje conducido
SC 3-0.1	Eje para tacómetro
SC 3-0.2	Malla del filtro
SC 3-0.3	Válvula de paro
SC 3-0.4	Bomba de engranes
SC 3-0.5	Amortiguador de pulsaciones
SC 3-0.6	Regulador de presión
SC 3-0.7	Eje del acelerador
SC 3-0.8	Embolo del Gobernador
SC 3-0.9	Resorte o muelle
SC 3-0.10	Resorte de marcha lenta
SC 3-0.11	Contrapesos del Gobernador
SC 3-0.12	Eje principal
SC 4-0.1	Tornillo regulador de presión
SC 4-0.2	Varilla impulsora
SC 4-0.3	Resorte o muelle
SC 4-0.4	Cuerpo del inyector
SC 4-0.5	Varilla de empuje



(continuación)

Subsistema, componente y elementos del componente	Elementos
SC 4-0.6	Arandela de asiento
SC 4-0.7	Junta
SC 4-0.8	Tornillo reglaje
SC 4-0.9	Ranura anular cuerpo de tobera
SC 4-0.10	Manguito roscado
SC 5-0.1	Resorte o muelle
SC 5-0.2	Embolo
SC 5-0.3	Arandela de asiento
SC 5-0.4	Cuerpo del actuador
SC 6-0.1	Lamina imantada
SC 6-0.2	Sello o tapón del actuador
SC 6-0.3	Bobina
SC 6-0.4	Resorte o muelle
SC 6-0.5	Junta
SC 6-0.6	Cuerpo del actuador
SC 7-0.1	Lamina imantada
SC 7-0.2	Sello o tapón del actuador
SC 7-0.3	Bobina
SC 7-0.4	Resorte o muelle
SC 7-0.5	Junta
SC 7-0.6	Cuerpo del actuador
SC 8-0.1	Película plástica poliimida
SC 8-0.2	Procesador Motorola
SC 8-0.3	Bloques de memoria
SC 8-0.4	Circuitos controladores de inyectores
SC 8-0.5	Entradas digitales
SC 8-0.6	Entradas analógicas
SC 8-0.7	Transformar elevador
SC 8-0.8	Absorbedores de energía
SC 8-0.9	Conectores dogre
SC 8-0.10	Bastidor
SC 8-0.11	Sellado
SE 1-0.1	Celdas
SE 1-0.2	Aislador
SE 1-0.3	Placa

(continuación)

Subsistema, componente y elementos del componente	Elementos
SE 1-0.4	Carcasa
SE 1-0.5	Tapones
SE 1-0.6	Conector
SE 1-0.7	Bornes
SE 2-0.1	Carcasa del motor
SE 2-0.2	Terminal de alimentación del motor
SE 2-0.2	Disco de contacto émbolo
SE 2-0.3	Resorte de retorno
SE 2-0.4	Émbolo o pistón
SE 2-0.5	Piñón de ataque
SE 2-0.6	Embrague sobremarcha
SE 2-0.7	Armadura
SE 2-0.8	Bobina de campo
SE 2-0.9	Escobilla de tierra
SE 2-0.10	Escobilla de campo
SE 2-0.11	Terminal de encendido de derivación
SE 3-0.1	Imán permanente
SE 3-0.2	Bobina
SE 3-0.3	Carcasa
SE 3-0.4	Conexión eléctrica
SE 3-0.5	Núcleo polar
SE 3-0.6	Cable coaxial
SE 3-0.7	Brida de fijación del sensor
SE 4-0.1	Carcasa
SE 4-0.2	Rotor
SE 4-0.3	Cojinete
SE 4-0.4	Anillo colector
SE 4-0.5	Regulador de voltaje
SE 4-0.6	Rectificador
SE 4-0.7	Pieza de montaje al motor
SE 4-0.8	Estator
SE 4-0.9	Polea
SE 4-0.10	Cableado de alimentación
SE 5-0.1	Entrada de conectores
SE 5-0.2	Cableado general

(continuación)

Subsistema, componente y elementos del componente	Elementos
SE 6-0.1	Planta eléctrica
SE 7-0.1	Película plástica poliimida
SE 7-0.2	Procesador Motorola
SE 7-0.3	Bloques de memoria
SE 7-0.4	Circuitos controladores de inyectores
SE 7-0.5	Entradas digitales
SE 7-0.6	Entradas analógicas
SE 7-0.7	Transformar elevador
SE 7-0.8	Absorbedores de energía
SE 7-0.9	Conectores Dogre
SE 7-0.10	Bastidor
SE 7-0.11	Sellador
SL 1-0.1	Tapa de bomba
SL 1-0.2	Engranaje y eje conductor
SL 1-0.3	Engranaje conducido
SL 1-0.4	Cuerpo de la bomba
SL 1-0.5	Pre-filtro de aceite
SL 1-0.6	Bola reguladora de presión
SL 1-0.7	Muelle Regulador de presión
SL 1-0.8	Reten del regulador
SL 2-0.1	Carter
SL 2-0.2	Orificios de tornillos
SL 2-0.3	Junta del Carter
SL 2-0.4	Orificios para tapón
SL 2-0.5	Junta de cierre de tapón
SL 3-0.1	Carcasa del enfriador de aceite
SL 3-0.2	Junta superior
SL 3-0.3	Junta inferior
SL 4-0.1	Indicador de presión de aceite panel de instrumentos
SL 5-0.1	Aguja de desplazamiento
SL 5-0.2	Muelle principal
SL 5-0.3	Soporte
SL 5-0.4	Cápsula
SL 5-0.5	Muelle de desviación

(continuación)

Subsistema, componente y elementos del componente	Elementos
SL 5-0.6	Tapa de desviación
SL 5-0.7	Apertura y cierre de la tapa
SL 5-0.8	Campana
SL 6-0.1	Bola reguladora de presión
SL 6-0.2	Muelle Regulador de presión
SL 6-0.3	Tapón del regulador
SL 6-0.4	Carcasa
SL 7-0.1	Bola reguladora de presión
SL 7-0.2	Muelle Regulador de presión
SL 7-0.3	Tapón del regulador
SL 8-0.1	Junta del filtro cartucho
SI 8-0.2	Placa roscada
SL 8-0.3	Diafragma anti-retorno
SL 8-0.4	Tubo central perforado
SL 8-0.5	Elemento filtrante
SL 8-0.6	Resorte del cartucho filtro
SL 8-0.7	Válvula by-pass
SEF 1-0.1	Panel-Columna de aluminio
SEF 1-0.2	Empaquetaduras
SEF 1-0.3	Salida de drenaje
SEF 1-0.4	Bandeja de entrada del refrigerante
SEF 1-0.5	Enfriador de aceite
SEF 1-0.6	Tapa del radiador
SEF 1-0.7	Bandeja de salida del refrigerante
SEF 1-0.8	Conexiones de aceite
SEF 2-0.1	Maza
SEF 2-0.2	Cuerpo
SEF 2-0.3	Balero
SEF 2-0.4	Rotor
SEF 2-0.5	Placa divisora
SEF 2-0.6	Sello
SEF 2-0.7	Válvula corrediza
SEF 2-0.8	Eje de la válvula
SEF 2-0.9	Cubierta
SEF 2-0.10	Sensor espiral bimetálico

(continuación)

Subsistema, componente y elementos del componente	Elementos
SEF 3-0.1	Ventilador
SEF 3-0.2	Polea del ventilador
SEF 4-0.1	Intercooler
SEF 5-0.1	Refrigerante
SEF 6-0.1	Aguja de desplazamiento
SEF 6-0.2	Muelle principal
SEF 6-0.3	Soporte
SEF 6-0.4	Cápsula
SEF 6-0.5	Muelle de desviación
SEF 6-0.6	Tapa de desviación
SEF 6-0.7	Apertura y cierre de la tapa
SEF 6-0.8	Campana
SEF 7-0.1	Cuerpo de la bomba
SEF 7-0.2	Árbol de la bomba
SEF 7-0.3	Sello mecánico
SEF 7-0.4	Flecha balero
SEF 7-0.5	Maza
SEF 7-0.6	Tapones
SEF 7-0.7	Impulsor
SEF 7-0.8	Junta
SEF 7-0.9	Tapa trasera
SEF 8-0.1	Junta del filtro cartucho
SEF 8-0.2	Placa roscada
SEF 8-0.3	Tubo central perforado
SEF 8-0.4	Elemento filtrante
SEF 8-0.5	Carcasa del filtro
SEF 9-0.1	Tanque de agua
SEF 9-0.2	Tapón del tanque
SEF 9-0.3	Junta
SEC 1-0.1	Empaque del múltiple
SEC 1-0.2	Múltiple de escape
SEC 1-0.3	Tornillos de sujeción
SEC 2-0.1	Tubería general
SEC 2-0.2	Bridas de sujeción de la tubería
SEC 3-0.1	Rueda Compresora

(continuación)

Subsistema, componente y elementos del componente	Elementos
SEC 3-0.2	Buje frontal del eje
SEC 3-0.3	Buje trasero del eje
SEC 3-0.4	Rueda Turbina
SEC 3-0.5	Eje
SEC 3-0.6	Plato del turbocargador
SEC 3-0.7	Bujes
SEC 3-0.8	Bridas de la tubería del turbocargador
SM 1-0.1	Es una pieza de fundición
SM 2-0.1	Camisa 1 primer cilindro
SM 2-0.2	Camisa 2 segundo cilindro
SM 2-0.3	Camisa 3 tercer cilindro
SM 2-0.4	Camisa 4 cuarto cilindro
SM 2-0.5	Camisa 5 quinto cilindro
SM 2-0.6	Camisa 6 sexto cilindro
SM 2-0.7	Paquete de arosellos primer cilindro
SM 2-0.8	Paquete de arosellos segundo cilindro
SM 2-0.9	Paquete de arosellos tercer cilindro
SM 2-0.10	Paquete de arosellos cuarto cilindro
SM 2-0.11	Paquete de arosellos quinto cilindro
SM 2-0.12	Paquete de arosellos sexto cilindro
SM 3 -0.1	Cojinete 1
SM 3 -0.2	Cojinete 2
SM 3 -0.3	Cojinete 3
SM 3 -0.4	Cojinete 4
SM 3 -0.5	Cojinete 5
SM 3 -0.6	Cojinete 6
SM 3 -0.7	Cojinete 7
SM 3 -0.8	Cojinete de empuje ubicado cilindro 4
SM 4-0.1	Cigüeñal
SM 5-0.1	Engranaje del Cigüeñal
SM 5-0.2	Aro de tonos del Cigüeñal
SM 5-0.3	Adaptador del Cigüeñal
SM 6-0.1	Tapa de bancada y sus anillos posicionadores Numero 1

(continuación)

Subsistema, componente y elementos del componente	Elementos
SM 6-0.2	Tapa de bancada y sus anillos posicionadores Numero 2
SM 6-0.3	Tapa de bancada y sus anillos posicionadores Numero 3
SM 6-0.4	Tapa de bancada y sus anillos posicionadores Numero 4
SM 6-0.5	Tapa de bancada y sus anillos posicionadores Numero 5
SM 6-0.6	Tapa de bancada y sus anillos posicionadores Numero 6
SM 6-0.7	Tapa de bancada y sus anillos posicionadores Numero 7
SM 7-0.1	Pistón, biela y perno de pistón Numero 1
SM 7-0.2	Pistón, biela y perno de pistón Numero 2
SM 7-0.3	Pistón, biela y perno de pistón Numero 3
SM 7-0.4	Pistón, biela y perno de pistón Numero 4
SM 7-0.5	Pistón, biela y perno de pistón Numero 5
SM 7-0.6	Pistón, biela y perno de pistón Numero 6
SM 8-0.1	Placa de refuerzo
SM 8-0.2	10 tornillos de posición
SM 9-0.1	Junta de la cabeza de acero moldeado
SM 9-0.2	Sello de aceite
SM 9-0.3	Sello de refrigerante
SM 10-0.1	Cabeza de cilindros de una pieza
SM 11-0.1	Cuatro asientos de válvulas Cilindro 1
SM 11-0.2	Cuatro asientos de válvulas Cilindro 2
SM 11-0.3	Cuatro asientos de válvulas Cilindro 3
SM 11-0.4	Cuatro asientos de válvulas Cilindro 4
SM 11-0.5	Cuatro asientos de válvulas Cilindro 5
SM 11-0.6	Cuatro asientos de válvulas Cilindro 6
SM 11-0.7	Cuatro guías de válvulas Cilindro 1
SM 11-0.8	Cuatro guías de válvulas Cilindro 2
SM 10-0.2	Cuatro guías de válvulas Cilindro 3
SM 11-0.9	Cuatro guías de válvulas Cilindro 4
SM 11-0.10	Cuatro guías de válvulas Cilindro 5

(continuación)

Subsistema, componente y elementos del componente	Elementos
SM 11-0.11	Cuatro guías de válvulas Cilindro 6
SM 12-0.1	Cuatro válvulas y vástagos Cilindro 1
SM 12-0.2	Cuatro válvulas y vástagos Cilindro 2
SM 12-0.3	Cuatro válvulas y vástagos Cilindro 3
SM 12-0.4	Cuatro válvulas y vástagos Cilindro 4
SM 12-0.5	Cuatro válvulas y vástagos Cilindro 5
SM 12-0.6	Cuatro válvulas y vástagos Cilindro 6
SM 13-0.1	Árbol de Levas de inyectores
SM 13-0.2	Árbol de levas de válvulas
SM 14-0.1	Solenoide del Freno motor Numero1
SM 14-0.2	Solenoide del Freno motor Numero2
SM 14-0.3	Solenoide del Freno motor Numero3
SM 14-0.4	Freno motor
SM 15-0.1	Eje de balancines de Admisión
SM 15-0.2	Eje de balancines de Escape
SM 15-0.3	Par de balancines Cilindro 1
SM 15-0.4	Par de balancines Cilindro 2
SM 15-0.5	Par de balancines Cilindro 3
SM 15-0.6	Par de balancines Cilindro 4
SM 15-0.7	Par de balancines Cilindro 5
SM 15-0.8	Par de balancines Cilindro 6
SM 16-0.1	Junta de cubierta de balancines
SM 17-0-1	Cubierta de balancines
SM 18-0.1	Soporte frontal del motor
SM 19-0.1	Junta de la carcasa de engranajes
SM 19-0.2	Carcasa de engranajes
SM 20-0.1	Engrane loco inferior
SM 21-0.1	Engrane loco de ajuste
SM 22-0.1	Engrane del árbol de levas de inyectores
SM 23-0.1	Engrane del árbol de levas de válvulas
SM 24-0.1	Junta de la cubierta superior de engranajes
SM 24-0.2	Cubierta superior de engranajes
SM 24-0.3	Junta de la cubierta inferior de engranajes
SM 24-0.4	Cubierta inferior de engranajes
SM 25-0.1	Reten frontal del cigüeñal



(continuación)

Subsistema, componente y elementos del componente	Elementos
SM 26-0.1	Tubo de llenado de aceite
SM 26-0.2	Tubo de respiradero del Cárter
SM 27-0.1	Módulo del sistema de combustible integrado IFSM
SM 28-0.1	Tubo de entrada del aire de admisión
SM 29-0.1	Placa de enfriamiento del ECM
SM 30-0.1	Cubierta y soporte número 1 del ECM Y IFSM
SM 30-0.2	Cubierta y soporte número 2 del ECM Y IFSM
SM 30-0.3	Cubierta y soporte número 3 del ECM Y IFSM
SM 31-0.1	Bayoneta del motor
SM 32-0.1	Soporte trasero de elevación
SM 33-0.1	Junta cubierta de volante trasera del cigüeñal
SM 33-0.2	Cubierta de volante trasera del cigüeñal
SM 33-0.3	Sello trasero del cigüeñal
SM 34-0.1	Doce tronillos del volante y tope de cigüeñal
SM 34-0.2	Volante del cigüeñal
SM 34-0.3	Tope de cigüeñal
SM 35-0.1	Soporte frontal de elevación
SM 36-0.1	Conector de una pieza de entrada del agua de fundición de aluminio
SM 37-0.1	Amortiguador de vibración
SM 37-0.2	polea del cigüeñal
SM 38-0.1	Banda del alternador, compresor de freón, del tensor y polea loca
SM 39-0.1	Banda de la bomba del agua y ventilador

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente cuadro podemos ver, un listado de todos los subsistemas y componentes del motor Cummins ISX, como también los diferentes elementos de cada componente de los diferentes sistemas.

Compilación de los subsistemas y componentes.

Primera parte Equipo	Segunda Parte Subsistema	Tercera Parte Componente	Cuarta Parte Elementos
<p><b>Motor Cummins ISX/450HP/15L</b></p>	<p><b>Subsistema de Admisión</b></p>	<p>Actuador</p>	<p>Lamina imantada</p>
			<p>Sello o tapón del actuador</p>
			<p>Bobina</p>
			<p>Resorte o muelle</p>
			<p>Junta</p>
			<p>Cuerpo del actuador</p>
			<p>Turbocargador</p>
		<p>Buje frontal del eje</p>	
		<p>Buje trasero del eje</p>	

(continuación)

<b>Primera parte Equipo</b>	<b>Segunda Parte Subsistema</b>	<b>Tercera Parte Componente</b>	<b>Cuarta Parte Elementos</b>
			Rueda Turbina
			Eje
			Plato del turbocargador
			Bujes
		Enfriador de aire	Eje del turbocargador
			ventilador del compresor
			carcasa del compresor
			Tubería de aire del enfriador
			Juntas de acople
		Múltiple de admisión	Múltiple de admisión
		Válvulas de admisión	Cabeza
			Margen
			Cara
			Vástago
			Talón
			Ranura de seguro
		Embolo	
		Solenoides	Vástago de ajuste
			Resorte o muelle
			Caja del diafragma
			Bobinado del solenoide
			Tapa

(continuación)

Primera parte Equipo	Segunda Parte Subsistema	Tercera Parte Componente	Cuarta Parte Elementos
<b>Motor Cummins ISX/450HP/15L</b>	<b>Subsistema de Combustible</b>	<b>Filtro de combustible</b>	Carcasa del filtro
			Tubo de apoyo
			Recinto
			Tornillo de vaciado de agua
			Elemento filtrante
			Válvula de seguridad
			Engranaje conductor
		<b>Bomba de engranes</b>	Válvula de sobrepresión
			Taladro estrangulador
			Válvula antirretorno
			By-pass
			Filtro
		<b>Bamba de levante</b>	Taladro estrangulador de aspiración
			Eje para tacómetro
			Malla del filtro
			Válvula de paro
			Bomba de engranes
			Amortiguador de pulsaciones
			Regulador de presión
			Eje del acelerador
Embolo del Gobernador			
Resorte o muelle			
Resorte de marcha lenta			

(continuación)

<b>Primera parte Equipo</b>	<b>Segunda Parte Subsistema</b>	<b>Tercera Parte Componente</b>	<b>Cuarta Parte Elementos</b>
			Contrapesos del Gobernador
			Eje principal
		Inyectores	Tornillo regulador de presión
			Varilla impulsora
			Resorte o muelle
			Cuerpo del inyector
			Válvula de Aguja
			Arandela de asiento
			Junta
			Tornillo reglaje
			Ranura anular cuerpo de tobera
			Manguito roscado
			Resorte o muelle
		Válvula de cierre	Resorte o muelle
			Embolo
			Arandela de asiento
			Cuerpo del actuador
		Actuador dosificación	Lamina imantada
			Sello o tapón del actuador
			Bobina
			Resorte o muelle

(continuación)

<b>Primera parte Equipo</b>	<b>Segunda Parte Subsistema</b>	<b>Tercera Parte Componente</b>	<b>Cuarta Parte Elementos</b>
			Junta
			Cuerpo del actuador
		Actuador de posición	Lamina imantada
			Sello o tapón del actuador
			Bobina
			Resorte o muelle
			Junta
			Cuerpo del actuador
		Módulo ECM	Película plástica poliimida
			Procesador Motorola
			Bloques de memoria
			Circuitos controladores de inyectores
			Entradas digitales
			Entradas analógicas
			Transformar elevador
			Absorbedores de energía
			Conectores Dogre
			Bastidor
			Sellador
			Celdas

(continuación)

Primera parte Equipo	Segunda Parte Subsistema	Tercera Parte Componente	Cuarta Parte Elementos
<b>Motor Cummins ISX/450HP/15L</b>	<b>Subsistema Eléctrico</b>	<b>Batería</b>	Celdas
			Aislador
			Placa
			Carcasa
			Tapones
			Conector
			Bornes
		<b>Motor de arranque</b>	Carcasa del motor
			Terminal de alimentación del motor
			Disco de contacto émbolo
			Resorte de retorno
			Émbolo o pistón
			Piñón de ataque
			Embrague sobremarcha
			Armadura
			Bobina de campo
			Escobilla de tierra
		<b>Sensores</b>	Escobilla de campo
			Terminal de encendido de derivación
			Imán permanente
			Bobina
Carcasa			
Conexión eléctrica			
Núcleo polar			

(continuación)

Primera parte Equipo	Segunda Parte Subsistema	Tercera Parte Componente	Cuarta Parte Elementos
			Cable coaxial
			Brida de fijación del sensor
		Alternador	Carcasa
			Rotor
			Cojinete
			Anillo colector
			Regulador de voltaje
			Rectificador
			Pieza de montaje al motor
			Estator
			Polea
			Cableado de alimentación
		Arnés eléctrico	Entrada de conectores
			Cableado general
		Planta eléctrica	Planta eléctrica
		Módulo ECM	Procesador Motorola
			Bloques de memoria
			Circuitos controladores de inyectores
			Entradas digitales
			Entradas analógicas
			Transformador elevador
			Absorbedores de energía



(continuación)

Primera parte Equipo	Segunda Parte Subsistema	Tercera Parte Componente	Cuarta Parte Elementos
			Conectores Dogre
			Bastidor
			Sellador
<b>Motor Cummins ISX/450HP/15L</b>	<b>Subsistema de Lubricación</b>	<b>Bomba de aceite</b>	Tapa de bomba
			Engranaje y eje conductor
			Engranaje conducido
			Cuerpo de la bomba
			Pre-filtro de aceite
			Bola reguladora de presión
			Muelle Regulador de presión
			Reten del regulador
			<b>Carter</b>
		Orificios de tornillos	
		Junta del cárter	
		Orificios para tapón	
		Junta de cierre de tapón	
		<b>Enfriador del aceite lubricante</b>	Carcasa del enfriador de aceite
			Junta superior
			Junta inferior
		<b>Indicador de presión de aceite</b>	Indicador de presión de aceite
		<b>Termostato del aceite lubricante</b>	Aguja de desplazamiento

(continuación)

Primera parte Equipo	Segunda Parte Subsistema	Tercera Parte Componente	Cuarta Parte Elementos
			Muelle principal
			Soporte
			Cápsula
			Muelle de desviación
			Tapa de desviación
			Apertura y cierre de la tapa
			Campana
		Válvula de alivio de alta presión del aceite lubricante	Bola reguladora de presión
			Muelle Regulador de presión
			Tapón del regulador
			Carcasa
		Válvula de derivación del filtro de aceite lubricante	Bola reguladora de presión
			Muelle Regulador de presión
			Tapón del regulador
		Filtro de aceite	Junta del filtro cartucho
			Placa roscada
			Diafragma anti-retorno
			Tubo central perforado
			Elemento filtrante

(continuación)

<b>Primera parte Equipo</b>	<b>Segunda Parte Subsistema</b>	<b>Tercera Parte Componente</b>	<b>Cuarta Parte Elementos</b>
<b>Motor Cummins ISX/450HP/15L</b>	<b>Subsistema de Enfriamiento</b>		Resorte del cartucho filtro
			Válvula by-pass
		<b>Radiador</b>	Panel-Columna de aluminio
			Empaquetaduras
			Salida de drenaje
			Bandeja de entrada del refrigerante
			Enfriador de aceite
			Tapa del radiador
			Bandeja de salida del refrigerante
			Conexiones de aceite
		<b>Fan clutch</b>	Maza
			Cuerpo
			Balero
			Rotor
			Placa divisora
			Sello
			Válvula corrediza
			Eje de la válvula
			Cubierta
			Sensor espiral bimetálico
<b>Ventilador</b>	Ventilador		
	Polea del ventilador		

(continuación)

<b>Primera parte Equipo</b>	<b>Segunda Parte Subsistema</b>	<b>Tercera Parte Componente</b>	<b>Cuarta Parte Elementos</b>
		Intercoller	Intercoller
		Refrigerante	Fleetcool™ Premix
		Termostato	Aguja de desplazamiento
			Muelle principal
			Soporte
			Cápsula
			Muelle de desviación
			Tapa de desviación
			Apertura y cierre de la tapa
			Campana
		Bomba de agua	Cuerpo de la bomba
			Árbol de la bomba
			Sello mecánico
			Flecha balero
			Maza
			Tapones
			Impulsor
			Junta
		Tapa trasera	
		Filtro de agua	Junta del filtro cartucho
			Placa roscada
			Tubo central perforado
			Elemento filtrante
			Carcasa del filtro

(continuación)

<b>Primera parte Equipo</b>	<b>Segunda Parte Subsistema</b>	<b>Tercera Parte Componente</b>	<b>Cuarta Parte Elementos</b>
		Tanque de almacenaje de agua	Tanque de agua
			Tapón del tanque
			Junta
<b>Motor Cummins ISX/450HP/15L</b>	<b>Subsistema de Escape</b>	Múltiple de escape	Empaque
			Múltiple de escape
			Tornillos de sujeción
			Empaque
		Tubería general	Tubería general
			Bridas de sujeción de la tubería
		Turbo cargador	Rueda Compresora
			Buje frontal del eje
			Buje trasero del eje
			Rueda Turbina
			Eje
			Plato del turbo cargador
			Bujes
		Bridas de la tubería del turbo cargador	
<b>Motor Cummins ISX/450HP/15L</b>	<b>Subsistema Motriz</b>	Block del motor o bloque del motor	Un solo bloque
		Camisas de cilindros	Camisas de los cilindros
			Arosellos

(continuación)

Primera parte Equipo	Segunda Parte Subsistema	Tercera Parte Componente	Cuarta Parte Elementos
		Cojinetes de bancada	Cojinete N.1
			Cojinete N.2
			Cojinete N.3
			Cojinete N.4
			Cojinete N.5
			Cojinete N.6
			Cojinete N.7
		Cojinetes de empuje	Cojinete N.4
		Cigüeñal	Cigüeñal
		Engranaje del cigüeñal	N.1
		Aro de tonos	N.1
		Adaptador del cigüeñal	N.1
		Tapas de bancada	Tapas de bancada N.1
			Tapas de bancada N.2
			Tapas de bancada N.3
			Tapas de bancada N.4
			Tapas de bancada N.5
			Tapas de bancada N.6
			Tapas de bancada N.7
		Anillos posicionadores	Anillo posicionador N.1
			Anillo posicionador N.2

(continuación)

Primera parte Equipo	Segunda Parte Subsistema	Tercera Parte Componente	Cuarta Parte Elementos
			Anillo posicionador N.3
			Anillo posicionador N.4
			Anillo posicionador N.5
			Anillo posicionador N.6
			Anillo posicionador N.7
		Pistones	Pistón N.1
			Pistón N.2
			Pistón N.3
			Pistón N.4
			Pistón N.5
			Pistón N.6
		Perno de flotación total con anillos de retención	N.1
			N.2
			N.3
			N.4
			N.5
			N.6
		Tapas de biela	Tapa de biela N.1
			Tapa de biela N.2
			Tapa de biela N.3
Tapa de biela N.4			

(continuación)

<b>Primera parte Equipo</b>	<b>Segunda Parte Subsistema</b>	<b>Tercera Parte Componente</b>	<b>Cuarta Parte Elementos</b>
			Tapa de biela N.5
			Tapa de biela N.6
		Placa de refuerzo	Placa de refuerzo
		Juntas de cabezas	Junta N.1
			Junta N.2
			Junta N.3
			Junta N.4
			Junta N.5
			Junta N.6
		Junta de acero	Junta de acero
		Cabeza de cilindros	Cabeza de cilindros
		Asientos de válvula por cilindro	Asiento N.1
			Asiento N.2
			Asiento N.3
			Asiento N.4
		Guías de válvula por cilindro	Guía N.1
			Guía N.2
			Guía N.3
			Guía N.4
		Válvulas de escape	Válvula N.1
			Válvula N.2
		Vástagos de escape	Vástago N.1
			Vástago N.2
		Válvulas de admisión	Válvula N.1
			Válvula N.2
		Vástagos de admisión	Vástago N.1
			Vástago N.2
		Árbol de levas de inyectores	Árbol de levas de inyectores



(continuación)

<b>Primera parte Equipo</b>	<b>Segunda Parte Subsistema</b>	<b>Tercera Parte Componente</b>	<b>Cuarta Parte Elementos</b>
		Árbol de levas de válvulas	Árbol de levas de válvulas
		Freno de motor	Solenoide N.1
			Solenoide N.2
			Solenoide N.3
		Balancines	Balancín N.1
			Balancín N.2
			Balancín N.3
			Balancín N.4
			Balancín N.5
			Balancín N.6
		Junta de la cubierta de balancines	Junta de la cubierta de balancines
		Cubierta de balancines	Cubierta de balancines
		Soporte frontal del motor	Tornillo N.1
			Tornillo N.2
			Tornillo N.3
			Tornillo N.4
			Tornillo N.5
			Tornillo N.6
		Carcaza de engranes	Junta de acero moldeado
			Carcaza de aluminio
		Engrane loco inferior	Engrane loco inferior
		Engrane loco de ajuste	Engrane loco de ajuste
		Engrane del árbol de levas de inyectores	Engrane del árbol de levas de inyectores
		Engrane del árbol de levas de válvulas	Engrane del árbol de levas de válvulas

(continuación)

<b>Primera parte Equipo</b>	<b>Segunda Parte Subsistema</b>	<b>Tercera Parte Componente</b>	<b>Cuarta Parte Elementos</b>
		Cubiertas de engrane de acero superior	Cubiertas de engrane de acero superior
			Junta de la cubierta
		Cubiertas de engrane de acero inferior	Cubiertas de engrane de acero inferior
			Junta de la cubierta
		Reten frontal del cigüeñal	Reten frontal del cigüeñal
		Tubo de llenado de aceite	Tubo de llenado de aceite
		El módulo del sistema de combustible integrado IFSM	El módulo del sistema de combustible integrado IFSM
		Tubo de entrada del aire de admisión	Tubo de entrada del aire de admisión
		Placa de enfriamiento del ECM	Tornillo N.1
			Tornillo N.2
			Tornillo N.3
			Tornillo N.4
			Tornillo N.5
		Cubiertas del ECM	Soporte de montaje cubierta
			Cubiertas del ECM
Cubiertas del IFSM	Soporte de cubierta superior		
	Cubierta superior		

(continuación)

Primera parte Equipo	Segunda Parte Subsistema	Tercera Parte Componente	Cuarta Parte Elementos
			Soporte de cubierta inferior
			Cubierta inferior
		Soporte trasero de elevación	Tornillo N.1
			Tornillo N.2
			Tornillo N.3
		Cubierta de volante trasera del cigüeñal	Junta del volante trasero
		Volante y tope de cojinete al cigüeñal	Tornillo N.1
			Tornillo N.2
			Tornillo N.3
			Tornillo N.4
			Tornillo N.5
			Tornillo N.6
			Tornillo N.7
			Tornillo N.8
			Tornillo N.9
			Tornillo N.10
			Tornillo N.11
			Tornillo N.12
		Soporte frontal de elevación	Tornillo N.1
			Tornillo N.2
			Tornillo N.3
		Conector de entrada de agua	Tornillo N.1
Tornillo N.2			
Tornillo N.3			
Amortiguador de vibración	Amortiguador de vibración		
polea del cigüeñal	polea del cigüeñal		

(continuación)

<b>Primera parte Equipo</b>	<b>Segunda Parte Subsistema</b>	<b>Tercera Parte Componente</b>	<b>Cuarta Parte Elementos</b>
		Banda del alternador, compresor de freón, del tensor y polea loca	Tensor de la banda del alternador, compresor de freón, del tensor y polea loca
			Banda del alternador, compresor de freón, del tensor y polea loca
		Banda de la bomba de agua	Tensor de la bomba de agua
			Banda de la bomba de agua

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo F.

### Funciones de cada subsistema.

En este apartado se describirán las funciones de los subsistemas de combustión, admisión de aire, escape y motriz, son las funciones que debe realizar cada subsistema para que el motor tenga un normal funcionamiento y un máximo desempeño. Como también se catalogarán las funciones de los subsistemas como primarias y secundarias, siendo la primaria como “importante” ya que este funcionamiento impedirá que el motor marche de manera adecuada y precisa, mientras que la secundaria será de “menos importancia” ya que la función que este fallando en el subsistema pueda continuar, pero afectando el desempeño del motor, sin afectar la vida útil del motor, es decir, que el vehículo y el motor pueda seguir con su funcionamiento y su adecuado transitar, como también su buen funcionamiento de los subsistemas del motor.

Las funciones de cada uno de los subsistemas con su catalogación, se realizarán en función del orden de análisis de criticidad anteriormente realizado.

#### Funciones del sistema de Combustión.

Subsistema de Combustión		
Funciones	Primaria	Secundaria
Suministrar el combustible necesario al motor	X	
Suministrar el combustible libre de impurezas y humedad	X	
Suministrar el combustible dosificado y pulverizado		X
Suministrar el combustible sincronizadamente y a una presión adecuada		X
Controlar el régimen de ralentí	X	
Controlar la velocidad máxima de giro del eje cigüeñal	X	

Fuente: Elaboración propia.

#### Funciones del sistema de Admisión.

Subsistema de Admisión		
Funciones	Primaria	Secundaria
Suministrar aire a la presión necesario para la combustión	X	
Suministrar el aire limpio sin partículas	X	

(continuación)

Subsistema de Admisión		
Funciones	Primaria	Secundaria
Controlar la entrada de aire por medio de las válvulas de admisión	X	
Suministrar el aire al compresor del turbocargador	X	
Suministrar el aire a temperatura requerida para la combustión	X	

Fuente: Elaboración propia.

Funciones del sistema de Escape.

Subsistema de Escape		
Funciones	Primaria	Secundaria
Expulsar los gases tóxicos producidos durante la combustión		X
Mantener el rendimiento del motor		X
Sobrealimentar el turbocargador	X	
Disminuir el ruido del motor		X
Controlar la salida de los gases de combustión por medio de las válvulas de escape	X	

Fuente: Elaboración propia.

Funciones del sistema de Motriz.

Subsistema Motriz		
Funciones	Primaria	Secundaria
Sincronizar el cigüeñal con la apertura y cierre de las válvulas	X	
Controlar las vibraciones del motor	X	
Distribuir el movimiento del cigüeñal a los componentes que lo requieran		X
Sostener el block del motor y sus componentes	X	

(continuación)

Subsistema Motriz		
Funciones	Primaria	Secundaria
Alojar los elementos que conforman el motor		X

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo G.

### Fallas de los subsistemas y su clasificación.

Clasificación de fallas de los subsistemas.

Subsistemas de Combustible		
Falla	Funcional	Técnica
Fallos Filtro de Combustible	X	
Baja presión en la Bomba de levante		X
Mal funcionamiento en la Bomba de engranes		X
Daño en los Inyectores de combustible	X	
Fallos en el Módulo del sistema de combustible		X
Daños en la Válvula de cierre		X
Fallos en el Actuador dosificación	X	
Fallos en el Actuador de posición	X	
Deficiente funcionamiento del ECM o módulo de control electrónico	X	

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación de fallas de los subsistemas.

Subsistemas de Admisión		
Falla	Funcional	Técnica
Perdida de potencia del Turbocargador		X
Daños en el Múltiple de admisión		X
Desajuste de Válvulas de admisión	X	
Mal funcionamiento de los Solenoides	X	
Baja eficiencia en el enfriador de carga de aire	X	
Fallos en el Actuador dosificación	X	

Fuente: Elaboración propia.



Clasificación de fallas de los subsistemas.

Subsistemas de Escape		
Falla	Funcional	Técnica
Daños en el Múltiple de escape	X	
Daños de Tubería de escape	X	
Perdida de potencia del Turbocargador	X	
Desajuste de Válvulas de escape	X	

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación de fallas de los subsistemas.

Subsistemas de Enfriamiento		
Falla	Funcional	Técnica
Baja eficiencia del Radiador	X	
Mal funcionamiento del Fan Clutch	X	
Mal funcionamiento del Ventilador	X	
Baja eficiencia del Intercooler	X	
Mal funcionamiento de los termostatos	X	
Mal funcionamiento de la Bomba de engranajes del agua		X
Daños en el Filtro del agua	X	
Daños en el Tanque de almacenamiento de agua	X	

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación de fallas de los subsistemas.

Subsistemas Motriz		
Falla	Funcional	Técnica
Daños en el Block del motor o bloque del motor		X
Daños en los Cojinetes de bancada y cojinetes de empuje		X
Juego en el Engranaje del cigüeñal, aro de tonos y el adaptador del cigüeñal	X	
Daños en los Pistones		X
Desajuste de los Árboles de levas		X
Mal funcionamiento del Freno de motor	X	

(continuación)

Subsistemas Motriz		
Falla	Funcional	Técnica
Funcionamiento erróneo de los Balancines	X	
Desajuste del Amortiguador de vibración y la polea del cigüeñal	X	
Daño de Banda del alternador, compresor, del tensor y polea loca	X	
Daño de Banda de la bomba del agua y el ventilador	X	
Juegos en el Engranaje del cigüeñal, aro de tonos y el adaptador del cigüeñal	X	
Mal funcionamiento de los Asientos de válvula		X
Mal funcionamiento de los Balancines		X

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo H.

### Procesos tareas de mantenimiento.

Las tareas de mantenimiento preventivo comienzan con el conocimiento cotidiano de la condición del motor y sus sistemas. Antes de arrancar el motor, revise los niveles de aceite y refrigerante. Busque:

- Fugas
- Partes flojas o dañadas
- Bandas gastadas o dañadas
- Cualquier cambio en la apariencia del motor<sup>37</sup>

Pasos a seguir tareas cada 32,000km o 6 meses.

Tareas cada 32,000km o 6 meses de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
Cambiar aceite lubricante Mobil 15W40	Drene todo el aceite lubricante abriendo el perno de drenaje luego vuelva a instalar el perno, después vierta el aceite lubricante en las cantidades apropiadas.
	Use un aceite multigrado 15W-40 de alta calidad o Valvoline Premium BlueT o su equivalente, en motores Cummins. Llene el motor con aceite limpio al nivel correcto. La capacidad total del sistema incluyendo el filtro es 45.4 litros [12 gal.]. Después de un cambio de aceite, el motor requiere aproximadamente 37.9 litros [10 gal.] para llenar el cárter de aceite, y otros 3.8 litros [1 gal.] para llenar el nuevo filtro de aceite. Agregue 37.9 litros [10 gal.] de aceite nuevo. Opere el motor por 1 minuto, apague, y espere 15 minutos. Revise la bayoneta y llene al máximo. Se pueden requerir 3.8 litros [1 gal.] para llenar al máximo.
Reemplazar Filtro de aceite	Quite el tapón de drenado de aceite. Drene inmediatamente el aceite para asegurar que todo el aceite y contaminantes en suspensión sean removidos del motor, deseche el aceite excesivo y limpiar las áreas donde el aceite puede haber goteado, evite el contacto directo del aceite caliente con su piel. El aceite caliente puede causar daño personal.
	Quite el filtro. Limpie la superficie para junta del cabezal del filtro. El arosello puede pegarse en el cabezal del filtro. Asegúrese de quitarlo.

<sup>37</sup> Cummins Engine Company, Inc, Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX, Propiedad intelectual R 2000.

(continuación)

Tareas cada 32,000km o 6 meses de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
	Llene el filtro de aceite con aceite lubricante limpio antes de instalarlo en el motor. La falta de lubricación del motor mientras se bombea aceite para llenar el filtro es perjudicial para el motor. Use el filtro de aceite correcto para su motor. Aplique una película delgada de aceite lubricante a la junta del filtro, antes de instalar el nuevo filtro.
	Apriete el filtro unos 3/4 de vuelta adicional después de que la junta contacte la superficie del cabezal del filtro. El sobre apriete mecánico puede deformar las roscas o dañar el sello del elemento del filtro.
	Limpie y revise la rosca del tapón de drenado de aceite, arosello, y la superficie de sello. Instale y apriete el tapón de drenado de aceite. Valor de torque: 47 N•m [35 lb-pie]
	Use un aceite multigrado 15W-40 de alta calidad o Valvoline Premium BlueT o su equivalente, en motores Cummins. Llene el motor con aceite limpio al nivel correcto. La capacidad total del sistema incluyendo el filtro es 45.4 litros [12 gal.]. Después de un cambio de aceite, el motor requiere aproximadamente 37.9 litros [10 gal.] para llenar el cárter de aceite, y otros 3.8 litros [1 gal.] para llenar el nuevo filtro de aceite. Agregue 37.9 litros [10 gal.] de aceite nuevo. Opere el motor por 1 minuto, apague, y espere 15 minutos. Revise la bayoneta y llene al máximo. Se pueden requerir 3.8 litros [1 gal.] para llenar al máximo.
Operar el motor y revisar fugas del refrigerante	Encender el motor durante 2 o 3 minutos para revisar fugas de aceite lubricante. Opere el motor en velocidad de ralentí para inspeccionar por fugas en el filtro de aceite y en el tapón de drenado.
Inspeccionar mangueras y abrazaderas	Revisar ajuste de mangueras y desajuste de abrazaderas, si es necesario ajuste.

Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX.

Pasos a seguir tareas cada 80,000km o 1 año.

Tareas cada 80,000km o 1 año de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
Cambiar filtro de Combustible	<p>Está provista una válvula on/off, para evitar fuga de refrigerante mientras se cambia el filtro de refrigerante. Con la válvula en la posición de ON (1), el refrigerante fluye hacia y desde el filtro de refrigerante. En la posición de OFF (2), el flujo de refrigerante es cortado hacia y desde el filtro de refrigerante. Para quitar el filtro de refrigerante, la válvula on/off debe estar en la posición de OFF.</p>
	<p>Limpie el área alrededor del cabezal del filtro de combustible y del filtro. Desconecte el arnés del sensor de agua en el combustible. Quite y deseche el filtro de combustible. Use una toalla limpia, sin pelusa, para limpiar la superficie de junta en el cabezal del filtro.</p>
	<p>Aplique una capa delgada de aceite limpio para motor a la superficie de junta del filtro. Instale el filtro sobre cabezal del filtro. Gire el filtro hasta que la junta contacte la superficie del cabezal del filtro. Apriete el filtro unos 3/4 de vuelta adicional después de que la junta contacte la superficie del cabezal del filtro, o como lo especifica el fabricante del filtro. El sobre apriete mecánico del filtro puede deformar la rosca o dañar el sello del elemento del filtro.</p>
	<p>Gire el sensor de agua en el combustible en el filtro a la posición deseada, y conecte el arnés. De marcha al motor por 20 segundos. Si el motor no arranca dentro de 20 segundos, espere 2 minutos. Probablemente será necesario desmontar el filtro, llenarlo con combustible limpio, e instalar el filtro. Repita estos pasos hasta que el motor arranque. NOTA: El motor, quizás, funcionará en forma irregular por varios minutos hasta que el aire esté fuera del sistema.</p>
Revisar los tensores de banda	<p>Con el motor apagado, verifique que ni el tope superior o inferior del brazo del tensor estén tocando el saliente fundido en el cuerpo del tensor. Si cualquiera de los dos topes está tocando un saliente, la banda del alternador debe reemplazarse. Revise para asegurarse que se está usando el número de parte de banda correcto, si existe cualquier condición.</p>

(continuación)

Tareas cada 80,000km o 1 año de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
	Revise la polea y cuerpo del tensor por grietas. Si se observa cualquier grieta, el tensor debe reemplazarse. Revise el tensor por acumulación de suciedad. Si existe esta condición, el tensor debe desmontarse y limpiarse con vapor.
	Quite la banda del alternador. Si la polea del tensor toca la polea del mando de accesorios después de que el tensor se haya relajado completamente, el saliente inferior del tope del brazo del tensor se ha roto y el tensor debe reemplazarse.
	Revise que el tope inferior del brazo del tensor esté en contacto con el saliente de tope inferior de brazo de tensor, en el cuerpo del tensor. Si estos dos no están en contacto, el tensor debe reemplazarse.
Operar el motor y revisar fugas en los sistemas de aire y escape	Encender el motor durante 2 o 3 minutos para revisar fugas en el sistema de admisión y escape. Inspeccione por abrazaderas flojas o daño entre la tubería del aire de admisión, filtro de aire, turbocargador, enfriador de aceite y múltiple de admisión. Reemplace los tubos dañados, y apriete las abrazaderas flojas. Valor de torque: 9 N•m [80 lb-pulg.]
	Opere el motor en aceleración total y carga máxima, y revise por fugas de aire. Escuche por ruido de silbido causado por fugas de aire a alta presión. El ruido puede ser causado por una fuga de aire de lo siguiente: Conexión de codo entre el turbocargador y el enfriador de aceite. • Inspeccione la conexión y el arosello por daño. • Apriete las abrazaderas de banda v. Valor de torque: 14 N•m [120 lb-pulg.]
	Cualquier tubería o manguera de conexión del CAC. • Inspeccione la manguera y la tubería por daño. • Apriete las abrazaderas de la manguera. Valor de torque: 9 N•m [80 lb-pulg.] Junta de montaje entre el turbocargador y el múltiple de escape. • Reemplace la junta.

(continuación)

Tareas cada 80,000km o 1 año de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
	Fuga de aire de la superficie de sello de la carcasa de la turbina. • Apriete la abrazadera de banda v. Valor de torque: 14 N•m [120 lb-pulg.] • Revise por una fuga de aire. • Si aún está presente una fuga de aire, desmonte y reemplace el turbocargador.
	Fuga de aire de la superficie de sello de la carcasa de la turbina. • Apriete la abrazadera de banda v. Valor de torque: 14 N•m [120 lb-pulg.] • Revise por una fuga de aire. • Si aún está presente una fuga de aire, desmonte y reemplace el turbocargador.
	Fuga de aire de la superficie de sello de la carcasa del compresor. • Apriete la abrazadera de banda v. Valor de torque: 9 N•m [80 lb-pulg.] • Revise por una fuga de aire. • Si aún está presente una fuga de aire, desmonte y reemplace el turbocargador
Revisar restricción del filtro de aire	La restricción máxima del aire de admisión es 64 cm H <sub>2</sub> O [25.0 pulg. H <sub>2</sub> O]. El motor debe operarse en rpm de máxima potencia y carga plena para revisar la restricción máxima del aire de admisión. Reemplace o limpie el elemento del filtro de aire cuando la restricción alcance el límite máximo disponible. Nunca opere el motor sin un filtro de aire. El aire de admisión debe filtrarse para evitar que suciedad y desechos entren al motor y causen desgaste prematuro.

(continuación)

Tareas cada 80,000km o 1 año de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
Revisar elementos del filtro de aire del compresor de aire	Quite la tuerca de mariposa que fija la cubierta a la carcasa. Quite la cubierta y el elemento. Limpie la cubierta y la carcasa con un trapo limpio. Inspeccione la cubierta y carcasa del filtro de aire por signos de corrosión. Inspeccione el empaque de hule en el tornillo central. Reemplace, si está dañado. NOTA: La corrosión de la cubierta y carcasa del filtro de aire puede permitir que desechos y aire sin filtrar entren a la admisión del compresor de aire. Esto causará falla prematura del compresor de aire.
Revisar arnés del motor	Nunca toque las conexiones de cableado cuando el interruptor de llave esté conectado. Puede resultar choque eléctrico. Revise todas las conexiones de cable y el arnés por daño. Cableado defectuoso puede causar operación inapropiada del motor y desempeño deficiente.
Revisar mangueras y abrazaderas del sistema de admisión	Revisar ajuste de mangueras y desajuste de abrazaderas, si es necesario ajuste.
Revisar mangueras y abrazaderas, sistemas de refrigeración del motor	Revisar ajuste de mangueras y desajuste de abrazaderas, si es necesario ajuste.
Revisar mangueras y abrazaderas del sistema de escape	Revisar ajuste de mangueras y desajuste de abrazaderas, si es necesario ajuste.
Revisar mangueras y abrazaderas sistema de refrigeración	Revisar ajuste de mangueras y desajuste de abrazaderas, si es necesario ajuste.



(continuación)

Tareas cada 80,000km o 1 año de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
Inspeccionar turbocargador	Revisar conexiones y arosellos de manguera y abrazadera de codos entre el turbocargador y el enfriador de aceite.

Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX.

Pasos a seguir tareas cada 200,000km o 2 años.

Tareas cada 200,000km o 2 años de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
Inspeccionar mangueras y abrazaderas	Inspeccione las mangueras del sistema de enfriamiento y las conexiones para manguera por fugas o deterioro. Partículas de manguera deteriorada pueden ser llevadas a través del sistema de enfriamiento y desacelerar o detener parcialmente la circulación.
Revisar ventilador	Revise las estatopersianas y el ventilador térmico. Las persianas deben abrir y los ventiladores activarse cada vez que la temperatura de aire del múltiple de admisión, la temperatura de salida del refrigerante del motor, o la presión del compresor de freón se eleven por arriba de sus puntos de ajuste de sensor. Cualquiera de las siguientes condiciones debe activar las persianas y/o ventilador: • Alta temperatura de refrigerante • Alta temperatura del múltiple de admisión • Alta presión del compresor de freón.
Limpiar el motor con vapor	El motor debe limpiarse con vapor anualmente. El vapor es el mejor método de limpiar un motor sucio o una pieza de equipo. Proteja todos los componentes eléctricos, aberturas, y cableado de la fuerza directa de la boquilla de aspersión del limpiador. Cuando use un limpiador de vapor, use gafas de seguridad o una careta, así como también ropa protectora. El vapor caliente puede causar serio daño personal.
Revisar tornillos de montaje del motor	Revise el torque en las tuercas y tornillos de montaje del motor. Apriete cualquiera que esté flojo. Inspeccione el soporte de montaje del motor por deterioro y endurecimiento por envejecimiento. Reemplace cualquier tornillo de montaje roto o faltante, tornillos, o hule dañado.

(continuación)

Tareas cada 200,000km o 2 años de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
Limpiar el tubo del respirador del cárter	Cada 200,000 km o 2 años, limpie y revise el tubo del respirador del cárter. Quite el tubo del respirador del cárter del tubo de ventilación del respirador. Use solvente para limpiar el interior del tubo del respirador del cárter, y seque con aire comprimido. Use presión de aire para soplear a través del tubo de ventilación. Reemplace el tubo de ventilación si está obstruido. Por último, instale el tubo del respirador del cárter en el motor.
Revisar el amortiguador de vibración	El fluido de silicón en el amortiguador se solidificará después de servicio extendido y hará inoperante al amortiguador. Un amortiguador inoperante puede causar fallas mayores del motor o del tren motriz. Revise los amortiguadores por evidencia de pérdida de fluido, indentaciones, y oscilación. Inspeccione el espesor del amortiguador de vibración por cualquier deformación o elevación de la tapa frontal del amortiguador.
Inspeccionar compresor de aire	Revise la línea de admisión de aire, las líneas de suministro y retorno de aceite, las mangueras de suministro y retorno del líquido refrigerante, para ver si las conexiones están bien apretadas y si están en buenas condiciones. Apriete las conexiones y reemplace las líneas y mangueras, según sea necesario. Si el adaptador de admisión de aire del compresor está flojo, quite el adaptador, reemplace las juntas del mismo, y vuelva a instalarlo de manera que quede bien afianzado. Revise las aletas de enfriamiento de la cubierta de compresor. Limpie las aletas si están obstruidas con suciedad y grasa.
Inspeccionar Intercooler	Inspeccionar y limpiar el intercooler por obstrucción de aceite u otras partículas. La mayoría de partículas que pueden obstruir el intercooler puede ser por causa del turbocargador, por lo que se recomienda sustituir el intercooler siempre que el turbocargador se averíe, con el fin de garantizar la ausencia de residuos en su interior, como aceite, metal u otras partículas.
Cambio del Intercooler	Cuando se cambia un intercooler, en primer lugar, hay que comprobar el recorrido del aire entre el turbocargador y el intercooler para asegurarse de que no haya impurezas, partículas, obstrucciones o restricciones en las secciones reducidas.

(continuación)

Tareas cada 200,000km o 2 años de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
	En segundo paso, limpiar, o sustituir en su caso, las piezas que intervienen en el recorrido del aire y los accesorios que estén dañadas, obstruidas o sucias.
	Tercer paso, sustituir las juntas del recorrido del aire y las conexiones de refrigeración.
	Cuarto paso, asegurarse de que todos los elementos de conexión queden apretados, que no haya fugas y que no se produzca aspiración de "aire secundario".
	Como último paso, utilizar un comprobador de fugas entre el turbocargador y el intercooler "tubos y mangueras nuevos". Y comprobar la presión de sobrealimentación con un manómetro.
Cambiar Termostatos de agua del sistema de enfriamiento	Primer paso, desajustar turcas de la carcasa de los termostatos, luego sacar la carcasa de los termostatos.
	Segundo paso, sacar las abrazaderas de las mangueras de conexión de la carcasa de termostatos.
	Tercer paso, desmontar carcasa de termostatos y sacar los dos termostatos.
	Cuarto paso, limpiar el área donde se posicionan los termostatos antes de ajustar los nuevos.
	Quinto paso, ajustar empaquetadura de los termostatos con los termostatos y montarlos, luego atornillar de vuelta la carcasa de los termostatos y asegurar abrazaderas de las mangueras de conexión.
Inspeccionar Fan clutch	Revisar Fan Clutch por grietas o fisuras en el mismo. Desmontar si es necesario para el cambio del buje del Fan. Al no reemplazar el buje del Fan puede causar cabeceos o vibraciones en el ventilador.

Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX.

Pasos a seguir tareas cada 800,000km o 5 años.

Tareas cada 800,000km o 5 años de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
Revisar el cubo del ventilador	<p>Inspeccione el cubo del ventilador por lo siguiente:                      Libertad de rotación, Grietas, Fuga del sello de grasa.                      Repare o reemplace el cubo del ventilador si el cubo del ventilador no gira libremente, o si hay evidencia de grietas o fuga del sello de grasa.</p>
	<p>Mida la tolerancia axial del cubo del ventilador. Los cubos de ventilador con ejes para “barreno escalonado” y sin espaciadores para cojinete deben tener de 0.08 a 0.25 mm [0.003 a 0.010 pulg.] de tolerancia axial. Los cubos de ventilador con ejes para “barreno pasante” con espaciadores internos y externos para cojinete deben tener de 0.08 a 0.41 mm [0.003 a 0.016 pulg.] de tolerancia axial.</p>
Retirar acumulación de carbón en el compresor de aire	<p>Todos los compresores de aire tienen una pequeña cantidad de arrastre de aceite, que lubrica los anillos de pistón y partes móviles. Cuando este aceite se expone a temperaturas normales de operación del compresor de aire a través del tiempo, formará depósitos de barniz o de carbón. Si no se hacen las siguientes inspecciones, los anillos de pistón del compresor de aire pueden ser afectados por altas temperaturas y presiones de operación, y posiblemente no sellarán correctamente.</p>
	<p>Drene el tanque húmedo del sistema de aire para liberar la presión de aire del sistema. Quite la línea de descarga de aire del compresor de aire.</p>
	<p>Mida el espesor total del depósito de carbón dentro de la línea de descarga de aire. Si el espesor de carbón excede de 2 mm [1/16 pulg.], inspeccione el ensamble de cabeza de cilindro y la línea de descarga. Reemplace si es necesario.</p>
	<p>Si el depósito total de carbón excede las especificaciones, continúe revisando las conexiones de la línea de descarga de aire, hasta el primer tanque, hasta que el depósito total de carbón sea menor de 2 mm [1/16 pulg.]. Reemplace cualquier línea o conexión que exceda esta especificación.</p>
Ajuste del tren de válvulas e inyectores.	<p>Las baterías pueden emitir gases explosivos. Para evitar daño personal, ventile siempre el compartimiento antes de dar servicio a las baterías. Desconecte la batería.</p>

(continuación)

Tareas cada 800,000km o 5 años de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
	<p>Todos los ajustes de válvula, inyector, y freno deben hacerse cuando el motor está frío (cualquier temperatura de refrigerante estabilizada en 60°C [140°F] o debajo). Quite los ocho ensambles de tornillos y aislador, cubierta de balancines, y junta de la cubierta de balancines. Recomendación: La junta de la cubierta de balancines es reutilizable. No use solvente para limpiar la junta de la cubierta de balancines. El solvente puede dañar el material de la junta y causará que se hinche.</p>
	<p>La junta de la cubierta de balancines es reutilizable. No use solvente para limpiar la junta de la cubierta de balancines. El solvente puede dañar el material de la junta y causará que se hinche. NOTA: Se requieren dos revoluciones completas para ajustar todas las válvulas e inyectores.</p>
	<p>Quite el conector de llenado de aceite de la cubierta de la caja de engranes inferior. Use una matraca y extensión con cuadro de 3/4-pulg., e insértela en el mando del compresor de aire. Gire el mando del compresor de aire en sentido de manecillas del reloj cuando se ve desde el frente del motor</p>
	<p>La rotación del cigüeñal es en sentido de manecillas del reloj visto desde el frente del motor. Los cilindros están numerados a partir del frente del motor (1-2-3-4-5-6). El orden de encendido del motor es 1-5-3-6-2-4. Cada cilindro tiene cuatro balancines: • El balancín de la válvula de escape • El balancín del inyector • El balancín de la válvula de admisión • El balancín del freno del motor.</p>
	<p>Las válvulas e inyectores en el mismo cilindro se ajustan en la misma marca indicadora en el amortiguador de vibración. Gire el mando del compresor en la dirección de rotación del motor, en sentido de manecillas del reloj. Alineé la marca A en el amortiguador de vibración, con el indicador en la cubierta de engranes.</p>

(continuación)

Tareas cada 800,000km o 5 años de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
	Revise los balancines de válvula en el cilindro dado, para ver si ambas válvulas de escape están cerradas. NOTA: Ambas válvulas están cerradas cuando ambos balancines están flojos. Si ambas válvulas no están cerradas, gire el engrane impulsor del compresor una revolución completa, y alinee nuevamente la marca A en el amortiguador frontal con el indicador.
	Apriete el tornillo de ajuste del balancín del inyector. Valor de torque: 8 N•m [71 lb-pulg.] Regrese el tornillo de ajuste del balancín 1 ó 2 vueltas. Reapriete el tornillo de ajuste del balancín del inyector. Valor de torque: 8 N•m [71 lb-pulg.]. Sostenga el tornillo de ajuste del balancín del inyector, y apriete la contratuerca del tornillo de ajuste. Valor de torque: 75 N•m [55 lb-pie]
	Después de ajustar el inyector en un cilindro, ajuste las válvulas en el mismo cilindro. Con la marca de ajuste alineada con el indicador en la cubierta de engranes y ambas válvulas cerradas en el cilindro, afloje las contratuercas en los tornillos de ajuste de las válvulas de admisión y de escape. Regrese el tornillo de ajuste una o dos vueltas.
	Seleccione una lana de calibrar para la especificación correcta del juego de válvula. Especificaciones del Juego de la Válvula de Admisión 0.36 mm [0.014 pulg.] y Escape 0.69 mm [0.027 pulg.]. Apriete el tornillo de ajuste. Valor de torque: 0.6 N•m [5 lb-pulg.]
	Sostenga el tornillo de ajuste en esta posición. El tornillo de ajuste no debe girar cuando se apriete la contratuerca. Valor de torque: 45 N•m [33 lb-pie] Después de apretar la contratuerca al valor correcto de torque, retire la lana de calibrar.
	Repita el proceso para ajustar todos los inyectores y válvulas, según la tabla mostrada antes en este procedimiento. Instale la junta de la cubierta de balancines, la cubierta de balancines, y los ocho aisladores y tornillos. Apriete los tornillos. Valor de torque: 25 N•m [221 lb-pulg.]

(continuación)

Tareas cada 800,000km o 5 años de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
Ajuste del freno motor	Quite los ocho ensambles de tornillos y aislador, cubierta de balancines, y junta de la cubierta de balancines. El ajuste del freno del motor se hace en la misma secuencia que el orden de encendido (1-5-3-6-2-4).
	En motores sin amortiguadores revisados, los balancines del freno deben ajustarse en las marcas de ajuste del freno para evitar desempeño deficiente de frenado, o posible daño al motor. Localice las marcas de ajuste del freno del motor en el exterior del amortiguador de vibración. Las marcas de ajuste son BRAKE SET 1 - 6, BRAKE SET 2 - 5, y BRAKE SET 3 - 4: "BRAKE SET 1 - 6": ajustar cilindros 1 ó 6 "BRAKE SET 2 - 5": ajustar cilindros 2 ó 5 "BRAKE SET 3 - 4": ajustar cilindros 3 ó 4.
	Quite el tubo de llenado de aceite. Usando un maneral con cuadro de 3/4-pulg. con extensión, giré el motor en sentido de manecillas del reloj hasta que la marca de ajuste 1-6 en el amortiguador de vibración se alinee con la marca estampada en la cubierta de engranes frontal. Revise el balancín del freno del motor en el cilindro dado. Cuando se ajusta el cilindro No. 1, ambas válvulas, de admisión y de escape en el cilindro No. 1 deben estar cerradas. El seguidor de árbol de levas del balancín del freno del motor debe estar en el círculo base interno del lóbulo del árbol de levas de válvulas. Si no, gire el motor una revolución completa para colocar la marca 1-6. Presione hacia abajo el balancín del freno del motor, para verificar que el seguidor de árbol de levas esté en contacto con el árbol de levas.
	Afloje la contratuerca en el tornillo de ajuste del balancín del freno, y regrese el tornillo de ajuste una vuelta. Inserte la lana de calibrar, entre la parte inferior del pistón del freno del motor y la parte superior del perno de válvula de escape en la cruceta de la válvula de escape. Apriete el tornillo de ajuste hasta que se sienta un arrastre en la lana de calibrar. Arrastre apropiado significa que no hay movimiento del seguidor de árbol de levas del balancín del freno contra el lóbulo del árbol de levas.

(continuación)

Tareas cada 800,000km o 5 años de mantenimiento	
Tareas	Pasos a seguir
	Sostenga el tornillo de ajuste del balancín del freno del motor, y apriete la contratuerca. Valor de torque: 20 N•m [15 lb-pie] Retire la lana de calibrar. NOTA: Repita los pasos previos en los cilindros restantes. Instale la junta de la cubierta de balancines, la cubierta de balancines, y los ocho aisladores y tornillos. Apriete los tornillos. Valor de torque: 25 N•m [18 lb-pie]

Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX.

Pasos a seguir en las tareas de reparación o reemplazo.

Tareas de reparación o reemplazo.	
Tareas	Pasos a seguir
Cables y Conexiones de la Batería	Para evitar choque eléctrico y peligro potencial a sus ojos cuando use cables pasacorrente para arrancar el motor, asegúrese de conectar los cables en paralelo: Positivo (+) a positivo (+) y negativo (-) a negativo (-). Cuando use una fuente eléctrica externa para arrancar el motor, gire el interruptor de desconexión a la posición de OFF, y quite la llave antes de conectar los cables pasacorrente. Use gafas y ropa protectora para evitar serio daño corporal.
	Las baterías pueden emitir gases explosivos. Para evitar daño personal, ventile siempre el compartimiento antes de dar servicio a las baterías. Para evitar arco eléctrico, quite primero el cable negativo (-) de la batería y conecte el cable negativo (-) de la batería al último.
	Para óptimo desempeño del sistema eléctrico y del motor de arranque, mantenga las conexiones de la batería limpias y apretadas.
Cambio del turbocargador	Quite los tubos de suministro de aceite y de drenado de aceite del turbocargador. Quite la manguera del actuador de la compuerta de descarga. Quite los tubos de admisión y de escape del turbocargador. Quite la tubería del enfriador de aceite del codo de descarga.



(continuación)

Tareas de reparación o reemplazo.	
Tareas	Pasos a seguir
	<p>Quite las cuatro tuercas de montaje del turbocargador. Desmonte el turbocargador, y deseche la junta. NOTA: Si las tuercas de montaje del turbocargador no se aflojan libremente, parta las tuercas para evitar romper un birlo de montaje. El turbocargador pesa 23 kg [50 lb] o más. Para evitar daño personal, use una grúa o consiga ayuda para levantar este componente.</p>
	<p>Aplique una película de compuesto antiaferrante para alta temperatura, a los birlos de montaje del turbocargador. Instale una nueva junta de montaje, el turbocargador, y las cuatro tuercas de montaje. Apriete las tuercas de montaje. Valor de torque: 60 N•m [45 lb-pie]. Este componente pesa 23 kg [50 lb] o más. Para evitar daño personal, use una grúa o consiga ayuda para levantar este componente.</p>
	<p>Instale el codo de descarga y la abrazadera sobre la conexión de tubo del enfriador de aceite. NOTA: No apriete la abrazadera hasta que el codo esté instalado en el turbocargador. Instale un nuevo arosello, la abrazadera, y el codo de descarga al turbocargador. Apriete las abrazaderas. Valor de torque: 9 N•m [75 lb-pulg.].</p>
	<p>Instale una nueva junta, tubo de drenado de aceite, y tornillos. Apriete los tornillos. Valor de torque: 25 N•m [18 lb-pie] Instale la manguera del actuador de la compuerta de descarga. Vierta de 50 a 60 cc [2 a 3 onzas] de aceite limpio para motor en la abertura de suministro de aceite del turbocargador.</p>
	<p>Si instala un turbocargador nuevo, asegúrese de alinear el turbocargador, afloje las abrazaderas de banda v del turbocargador, y ajuste según sea necesario. Apriete las abrazaderas de banda v. Valor de torque: 9 N•m [75 lb-pulg.] Si instala un turbocargador nuevo, instale el codo de unión macho. Valor de torque: 30 N•m [22 lb-pie] Instale el tubo de suministro de aceite del turbocargador en el codo. Valor de torque: 30 N•m [22 lb-pie]. La orientación apropiada del tubo de suministro de aceite del turbocargador es crítica para evitar falla. Evite cualquier contacto entre tubo y metal.</p>

(continuación)

Tareas de reparación o reemplazo.	
Tareas	Pasos a seguir
	Instale los tubos de admisión y de escape al turbocargador, y apriete las abrazaderas. Valor de torque: 9 N•m [75 lb-pulg.] Opere el motor, y revise por fugas de aire y de aceite.
Almacenamiento del Motor - Periodo Largo	Si el motor va a estar fuera de servicio más de 6 meses, tome precauciones especiales para evitar oxidación. Tape todas las posibles aveturas donde pueda ingresar agua o líquidos similares que puedan oxidar por dentro del motor. Como tapar el motor por completo si se puede.

Fuente: Elaboración propia con base en el Manual de Operación y Mantenimiento Motores Signature e ISX.