

**PROPUESTA PARA MEJORAMIENTO DEL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE LOS MOTORES DE LA FLOTA DE VOLQUETAS
KODIAK DE LA EMPRESA CONSTRUVICOL S.A**

WILMAR JOSE NEVADO CASTELLANOS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2013

**PROPUESTA PARA MEJORAMIENTO DEL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE LOS MOTORES DE LA FLOTA DE VOLQUETAS
KODIAK DE LA EMPRESA CONSTRUVICOL S.A**

WILMAR JOSE NEVADO CASTELLANOS

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

JORGE LUIS CHACON VELASCO

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2013

La culminación y todo el desarrollo de este trabajo lo dedico a Dios, a mis padres, hermanos, esposa, hijos y demás familiares, amigos y asesores que de una u otra manera han nutrido mi voluntad para realizarlo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander por brindarme herramientas para direccionar mis cualidades profesionales y personales.

A los Ingenieros Jorge Chacón, Fabio Castellanos y demás profesionales por la orientación recibida a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A la empresa CONSTRUVICOL S.A, especialmente al ingeniero Juan Carlos Escalante Nocua quien estuvo atento a colaborarme durante este proceso.

A mis padres por educarme con su ejemplo de amor, paciencia y apoyo.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	18
OBJETIVOS.....	20
OBJETIVOS GENERALES.....	20
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
1. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....	22
1.1. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.....	22
1.1.1. Definición del mantenimiento.....	22
1.1.2. Objetivos y filosofía del mantenimiento.....	22
1.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	23
1.2.1. Fases del trabajo y acciones del mantenimiento correctivo.....	24
1.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PM)	24
1.3.1. Ejecución del mantenimiento preventivo.....	25
1.3.2. Beneficios del mantenimiento preventivo.....	26
1.3.3. Tecnologías de diagnóstico del mantenimiento preventivo.....	26
1.3.4. Inspección y herramientas para mantenimiento preventivo.....	27
1.3.5. Costos del mantenimiento preventivo.....	27
1.3.6. Causas del fracaso de un programa de mantenimiento preventivo.....	28

1.3.7. Personal necesario para el mantenimiento preventivo.	29
1.4. MANTENIMIENTO PREDICTIVO	29
1.4.1. Ventajas del mantenimiento predictivo.....	29
1.4.2. Acciones predictivas.	30
1.5. INDICADORES DEL MANTENIMIENTO	30
1.5.1. Generalidades de los indicadores.....	30
1.5.2. Indicadores básicos del servicio de mantenimiento.	31
1.5.3. Indicadores elaborados del servicio de mantenimiento.	34
1.6. COSTOS DEL MANTENIMIENTO.....	38
2. TENDENCIA DEL MANTENIMIENTO EN COLOMBIA Y EL MUNDO	39
2.1. COSTO DE CICLO DE VIDA (LIFE CYCLE COST-LCC)	39
2.2. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE-TPM).....	39
2.3. MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE-RCM)	41
2.4. MANTENIMIENTO PROACTIVO.....	43
2.5. OPTIMIZACION DEL MANTENIMIENTO PLANEADO-PMO	45
2.6. MANTENIMIENTO ORIENTADO A RESULTADOS	47
2.7. BENCHMARKING (COMPARACION POR PATRONES).....	48

2.8. MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL (WCM).....	49
2.9. MANTENIMIENTO CENTRADO EN HABILIDADES Y COMPETENCIAS (CCM).....	50
2.10. REINGENIERIA DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO	50
2.11. CONCEPTO DE MEJORA CONTINUA	51
2.12. TEROTECNOLOGIA.....	52
2.13. TENDENCIA DEL MANTENIMIENTO	53
2.13.1. Evolución del mantenimiento en la empresa CONSTRUVICOL S.A.	55
3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL PM DE LOS MOTORES DE LA FLOTA DE VOLQUETAS KODIAK DE LA EMPRESA CONSTRUVICOL S.A	58
3.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA CONSTRUVICOL S.A Y SU FLOTA DE VOLQUETAS KODIAK.....	58
3.1.1. Misión y visión de la empresa.	59
3.1.2. Sistema de gestión integral de la empresa.	60
3.1.3. Ubicación y sedes de la empresa.	61
3.1.4. Organigrama de la empresa.	63
3.1.5. Maquinaria y equipos.....	66
3.1.6. Experiencia de la empresa.....	66
3.1.7. Generalidades sobre la flota de volquetas Kodiak.	67

3.2. GENERALIDADES SOBRE LOS MOTORES CAT 3126E	68
3.2.1. Especificaciones y características del motor CAT 3126E.	70
3.2.2. Identificación del motor CAT 3126E.....	74
3.2.3. Medidores e Indicadores del Motor CAT 3126E.	76
3.2.4. Sensores del Motor CAT 3126E.	80
3.2.5. Diagnóstico motores CAT 3126E.....	83
3.2.6. Subcomponentes del motor CAT 3126E.....	86
3.3. DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES EN LA EMPRESA.....	129
3.4. PROGRAMA ACTUAL DE PM DE MOTORES DE LAS VOLQUETAS KODIAK DE LA EMPRESA.....	133
3.4.1. Software para el mantenimiento de la empresa (SISMA).	133
3.4.2. Tipos de PM para volquetas establecidos por la empresa.....	136
3.4.3. Herramientas e insumos para PM motores volquetas kodiak. .	143
3.4.4. Personal para PM motores volquetas kodiak.....	144
3.4.5. Costos de PM volquetas kodiak.....	144
3.5. ASPECTOS SUSCEPTIBLES DE MEJORA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS VOLQUETAS DE LA EMPRESA	145
3.5.1. Sistema de arranque.....	145

3.5.2. Sistema de inyección de combustible.	146
3.5.3. Sistema de admisión y escape.	146
3.5.4. Sistema de lubricación.	147
3.5.5. Sistema de enfriamiento.	147
3.5.6. Sistema de gestión electrónica.	148
3.6. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA PM DE LOS MOTORES DE VOLQUETAS KODIAK	148
3.6.1. Actividades complementarias para PM.	148
3.6.2. Personal para ejecución de PM.	151
3.6.3. Herramientas e insumos necesarios para PM.	151
3.6.4. Tiempos de PM propuestos.	152
3.6.5. Costos de PM propuestos.	152
3.6.6. Inclusión de mejoras propuestas en software (SISMA) de la empresa.	153
3.6.7. Ventajas de las mejoras propuestas.	154
CONCLUSIONES	156
RECOMENDACIONES	160
BIBLIOGRAFIA	162
ANEXOS	164

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas del RCM.	43
Tabla 2. Listado de algunos clientes que ha tenido la empresa.	67
Tabla 3. Especificaciones básicas del Motor 3126E.	71
Tabla 4. Códigos de diagnóstico Flash.	85
Tabla 5. Descripción OT grupos mayores (01 Ene-31 May 2013).	129
Tabla 6. Diagnóstico de estado actual volquetas Kodiak- CONSTRUVICOL SA.	132
Tabla 7. Herramientas e insumos para PM volquetas kodiak.	143
Tabla 8. Costos para PM volquetas Kodiak.	144
Tabla 9. Actividades complementarias PM motores volquetas Kodiak.	149
Tabla 9. (Continuación).	150
Tabla 10. Herramientas e insumos adicionales para PM volquetas kodiak.	152
Tabla 11. Costos para PM volquetas kodiak.	153

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Punto óptimo de gestión del mantenimiento.	23
Figura 2. Distribución del trabajo genereal de mantenimiento.	25
Figura 3. Cuadro comparativo de ventajas del pm.....	28
Figura 4. Medida de la fiabilidad.	32
Figura 5. Equilibrio de costos mantenimientos correctivos/preventivos.	34
Figura 6. Indicadores de gestión.....	35
Figura 7. Indicadores de eficacia.	35
Figura 8. Indicadores del avance tecnológico y uso de recursos.	36
Figura 9. Indicadores de gestión económica.	36
Figura 10. Indicadores de calidad y desarrollo de recursos humanos.	37
Figura 11. Probabilidad condicional de falla contra edad (tina de baño).....	42
Figura 12. Pasos para implementación del PMO.....	46
Figura 13. Líneas de acción de la táctica por resultados.	47
Figura 14. Evolución de la eficacia del mantenimiento.	52
Figura 15. Página WEB de la empresa.	59
Figura 16. Sistema de gestión integral de la empresa.	61
Figura 17. Ubicación satelital sede principal girón de la empresa.	62
Figura 18. Fachada de sede girón de la empresa.....	63
Figura 19. Organigrama general de la empresa.	64
Figura 20. Diagrama de proceso del mantenimiento de la empresa.....	65
Figura 21. Volquetas sencilla y doble-troque de la empresa.	68
Figura 22. Motor CAT 3126E.	68
Figura 23. Ubicación de Cilindros y Válvulas del Motor.	69
Figura 24. Vista del lado derecho del motor.	69
Figura 25. Vista del lado izquierdo del motor.....	70
Figura 26. Datos de prueba de desempeño motor CAT 3126E.	73
Figura 27. Placa de identificación del motor CAT 3126E.....	74
Figura 28. Placa de identificación del motor.	75
Figura 29. Ejemplo de testigos de diagnóstico y advertencia en cabina.....	76
Figura 30. Indicadores de presión de aceite y temperatura de refrigerante del motor.....	77
Figura 31. Tacómetro (RPM) y horómetro del motor.	78
Figura 32. Amperímetro del motor.	79
Figura 33. Indicador de nivel de combustible.....	79
Figura 34. Ubicación de los sensores del motor (lado izquierdo).....	81
Figura 35. ECM volquetas Kodiak.....	83
Figura 36. Esquema del circuito de arranque Caterpillar.	87
Figura 37. Batería, motor y relé de arranque CAT.	88
Figura 38. Esquema del circuito de carga CAT.....	90
Figura 39. Alternador, cables y mazo de cables CAT.	91

Figura 40. Esquema de funcionamiento del circuito de carga CAT.	93
Figura 41. Inyector HEUI y sus componentes.	95
Figura 42. Bomba hidráulica del sistema de inyección.	96
Figura 43. Válvula IAPCV y sus partes.	97
Figura 44. Sistema de Inyección de combustible HEUI.	100
Figura 45. Filtros de aire interno y externo CAT.	101
Figura 46. Turbocompresor y sus partes.	102
Figura 47. Post-enfriador aire-aire.	103
Figura 48. Válvulas y componentes del sistema de válvulas.	104
Figura 49. Múltiple de escape.	106
Figura 50. Esquema del sistema de admisión y escape.	107
Figura 51. Esquema de bomba de engranajes.	109
Figura 52. Filtro de aceite motor.	110
Figura 53. Enfriador de aceite.	111
Figura 54. Respiradero (desfogue) del motor.	112
Figura 55. Esquema de funcionamiento del sistema de lubricación.	114
Figura 56. Bomba de agua.	116
Figura 57. Termóstato y sus partes.	117
Figura 58. Radiador.	118
Figura 59. Esquema de partes del radiador.	119
Figura 60. Tanque del refrigerante (depósito).	120
Figura 61. Ventilador.	121
Figura 62. Enfriador de aceite.	122
Figura 63. Post-enfriador aire-aire.	123
Figura 64. Esquema de funcionamiento del sistema de enfriamiento.	124
Figura 65. Componentes sistema gestión electrónica (vista lateral izquierda del motor).	127
Figura 66. Componentes sistema gestión electrónica (vista superior del motor).	128
Figura 67. Índice OT por Grupos de Atención (Todos Equipos).	130
Figura 68. SISMA-Pantalla de presentación.	134
Figura 69. SISMA-Próximos PM.	135
Figura 70. SISMA-Tipos de PM volquetas kodiak.	136
Figura 71. SISMA-PM 218 para volquetas kodiak.	138
Figura 72. Actividades programa PM Caterpillar 250 horas.	139
Figura 73. SISMA-PM 219 para volquetas kodiak.	140
Figura 74. SISMA-PM 220 para volquetas kodiak.	141
Figura 75. Actividades programa PM Caterpillar 2000 horas.	142
Figura 76. Compatibilidad SISMA para inclusión de mejoras propuestas.	154

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Carta al Comité de Trabajos de Grado.	165
ANEXO B: Paper.	166
ANEXO C: Formato de Presentación (Lámina).....	171
ANEXO D: Ficha (OT) de PM 218 propuesto para Volquetas Kodiak.....	172
ANEXO E: Ficha (OT) de PM 219 propuesto para Volquetas Kodiak.	173
ANEXO F: Ficha (OT) de PM 220 propuesto para Volquetas Kodiak.	174

RESUMEN

TÍTULO: “PROPUESTA PARA MEJORAMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS MOTORES DE LA FLOTA DE VOLQUETAS KODIAK DE LA EMPRESA CONSTRUVICOL S.A.”*

AUTOR:

WILMAR JOSE NEVADO CASTELLANOS**

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, Preventivo, Motores, Volquetas, Empresa.

CONTENIDO:

Este proyecto de grado está enfocado a la necesidad de las empresas industriales de optimizar sus programas de mantenimiento preventivo para los motores de sus vehículos con el fin de aminorar futuras fallas correctivas.

Por esta razón la Universidad Industrial de Santander en compañía de la empresa Construvías de Colombia - CONSTRUVICOL S.A. estudió el programa actual de mantenimiento preventivo empleado para los motores de su flota de volquetas KODIAK, con el fin de elaborar una propuesta de mejora del programa mencionado.

Para ello, se hace un diagnóstico preliminar del estado actual de disponibilidad de las volquetas, se verifica el procedimiento de mantenimiento preventivo implementado, se estudian los posibles aspectos de mejora comparándolas con las recomendaciones del fabricante y se realiza la propuesta de mejoramiento del programa elaborando las fichas de instrucciones de implementación (fichas) del mismo con parámetros de seguimiento para la empresa.

Complementariamente, se hace un análisis de la evolución de las metodologías más representativas del Mantenimiento a nivel global como marco de referencia para la industria Santandereana en donde se aprecian avances en la automatización, control y seguimiento con el uso, desarrollo e implementación de tecnologías que aminoran la contaminación del medio ambiente.

*Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica.

Director: Ing. Jorge Chacón.

ABSTRACT

TITLE: "IMPROVEMENT PROPOSAL FOR THE PREVENTIVE MAINTENANCE TO THE TRUCK OVERTURNED KODIAK FLEET OF THE CONSTRUVICOL S.A ENTERPRISE"*

AUTHORS:

WILMAR JOSE NEVADO CASTELLANOS**

KEY WORDS: Maintenance, Preventive, Engines, Truck overturned, Enterprise.

CONTENT:

This graduation project is focused on industrial companies need to optimize preventive maintenance programs for engines of their vehicles in order to reduce future corrective failures.

For this reason the Industrial University of Santander in companionship with the Construvías de Colombia - CONSTRUVICOL SA Company studied the current program of preventive maintenance employed for engines KODIAK fleet of dump trucks, in order to develop a proposal for improvement of the program referred.

To do this, preliminary diagnosis of the current state of availability of dump trucks and verifies the implemented preventive maintenance procedure are made, then study the possible areas for improvement comparing with the manufacturer's recommendations and makes the proposal to improve the program developed the implementation instruction sheets (file) the same tracking parameters for the company.

Additionally, is made an analysis of the evolution of the most representative methodologies globally to the Maintenance framework for Santandereana industry where progress has been seen in automation, control and monitoring with the use, development and deployment of technologies that reduce environmental pollution.

* Degree work.

** Faculty of Physical-mechanical engineering, Mechanical Engineering School.

Director: Ing. Jorge Chacón.

INTRODUCCION

La empresa CONSTRUVIAS DE COLOMBIA (CONSTRUVICOL S.A), es una empresa en expansión a nivel nacional en el campo de la minería, adecuación de locaciones petroleras, movimiento de tierras, concesiones viales, construcción de rellenos sanitarios entre otros.

El Plan de Mantenimiento que la empresa ha diseñado y aplicado está orientado al desarrollo de Mantenimientos de tipo Correctivo y Preventivo registrando, actualizando y divulgando dicha información al área de Mantenimiento de la empresa a través de un Software conocido como "SISMA".

En el siguiente trabajo se consigna en tres capítulos el proceso de desarrollo de una propuesta encaminada al mejoramiento del Programa de Mantenimiento Preventivo que la empresa actualmente ejecuta para los motores de su flota de volquetas marca KODIAK.

En el primer capítulo se exponen algunos tópicos generales sobre el mantenimiento industrial, los tipos de mantenimiento más empleados, la importancia de los indicadores y los costos del mantenimiento para las empresas.

El segundo capítulo ofrece un recorrido a través de las metodologías mundiales del mantenimiento resumiendo sus objetivos, modelos de aplicación, ventajas y limitaciones para culminar con una perspectiva de la tendencia evolutiva del mantenimiento como marco de referencia para el sector industrial santandereano.

El tercer capítulo expone el desarrollo de la propuesta de mejoramiento del programa de mantenimiento preventivo (PM) de los motores de las volquetas de la empresa, comenzando por una descripción breve de la empresa y su flota de volquetas, algunas características de los motores que emplean y el plan de PM actual para culminar señalando posibles aspectos susceptibles de mejora. Adicionalmente, se analiza la factibilidad de incorporación de las mejoras propuestas en el software de mantenimiento con que cuenta la empresa (SISMA).

En los anexos se ilustran de un modo práctico las fichas de OT (Ordenes de Trabajo) a emplear con las mejoras hechas al plan de PM de los motores que usan las volquetas de la empresa.

OBJETIVOS.

OBJETIVOS GENERALES.

- ✓ Contribuir al desarrollo del sector industrial en Santander con la aplicación de conocimientos técnicos, tecnológicos y académicos dando solución a un problema de tipo teórico-práctico presente en una de las empresas industriales de la región fortaleciendo el vínculo universidad-estudiante-empresa.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Desarrollar una propuesta para modificar el programa de Mantenimiento Preventivo de los motores de la flota de volquetas KODIAK que incorpore parámetros de seguimiento de disponibilidad del motor y los siguientes sub-componentes:
 - Sistema de arranque.
 - Sistema de alimentación o inyección de combustible.
 - Sistema de admisión y escape.
 - Sistema de lubricación.
 - Sistema de enfriamiento.
 - Sistema de gestión electrónica (sensores, cableado, similares).

El cumplimiento de este objetivo comprende:

- Hacer un seguimiento sobre la tendencia de los modelos y las metodologías aplicadas al Mantenimiento Industrial a nivel global desde los últimos 40 años a la fecha como marco de referencia para la industria Santandereana.
- Comparar el programa de Mantenimiento Preventivo actual implementado por la empresa con el propuesto desde los puntos de vista de costos, disponibilidad del equipo (paradas no programadas) y personal asignado para el motor y los sub-componentes de su flota de volquetas KODIAK teniendo en cuenta los indicadores de mantenimiento manejados por la empresa.
- Analizar la factibilidad de la incorporación de las mejoras del procedimiento del Mantenimiento Preventivo resultantes de la propuesta dentro del software SISMA (Mantenimiento) de la empresa.

1. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

1.1. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

“El mantenimiento y la conservación cuestan, pero el mantenimiento pobre o la mala conservación cuestan mucho más”.¹

1.1.1. Definición del mantenimiento.

Es el resultado de actividades de carácter técnico, administrativo y de gestión desarrolladas durante la vida útil de un equipo² cuyo objetivo es restaurarlo o conservarlo en un estado que le permita realizar las funciones para las fue adquirido/concebido.

1.1.2. Objetivos y filosofía del mantenimiento.

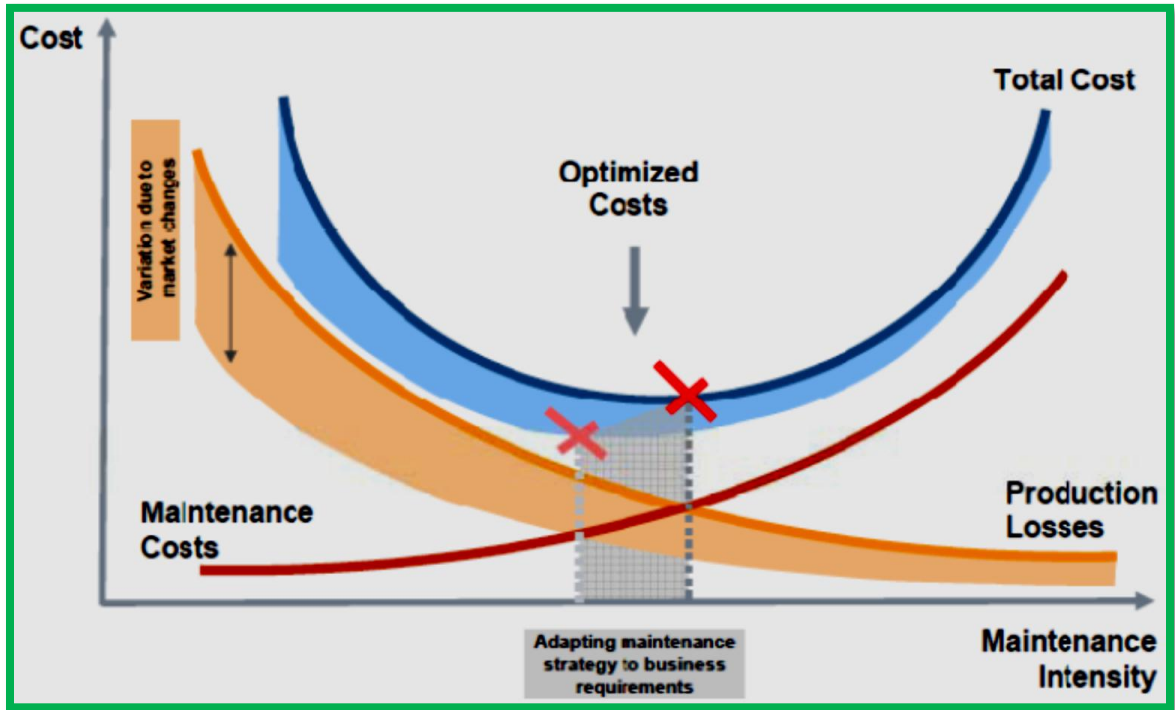
Podrían enumerarse entre otros los siguientes objetivos:

- ❖ Lograr la máxima vida económica de un bien limitando su deterioro.
- ❖ Minimizar costos de paradas no programadas que causen pérdidas de producción (incluyendo los propios del Mantenimiento).
- ❖ Organizar el mantenimiento logrando máxima eficiencia en procesos productivos maximizando indicadores de disponibilidad de equipos, maquinaria y vehículos con que cuente la empresa.

¹ Frase de apertura de un Foro de Consulta Popular sobre Mantenimiento. Febrero de 1983, México. Conferencista: Rubén Ávila.

² Equipo, elemento, máquina, sistema, instalación.

Figura 1. Punto óptimo de gestión del mantenimiento.



Fuente: CONDE CAVERO, Ricardo. Situación Actual y Tendencias del Mantenimiento Industrial [On Line]. Diapositiva 28. Octubre de 2011. Internet: (<http://www.fremm.es/portal/UserFiles/File/noticias/2011/Octubre/Mto%20Industrial.pdf>).

1.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es la corrección de fallas cuando se presentan. Hay dos formas de abarcarlo:

- Mantenimiento Rutinario.
- Mantenimiento de Emergencia.³

³ Absorbe más recursos porque son correcciones de fallas que afectan el sistema.

Cuando se arregla sucesivamente el equipo sin dejarlo como estaba, cuando se determina la razón de la falla continua o se cambian patrones de producción, se hacen modificaciones de ingeniería de diseño en el equipo. A este tipo de mantenimiento correctivo se le llama Modificativo.

1.2.1. Fases del trabajo y acciones del mantenimiento correctivo.

Para mantenimiento correctivo, se sigue la siguiente secuencia: Presencia de la Falla, Solicitud de Corrección de la Falla, Análisis de la Falla, Reparación de la Falla, Inspección final y Pruebas, Entrega Operativa del Equipo.

Las acciones del Mantenimiento Correctivo buscan retornar el equipo a condiciones de funcionamiento normal; pueden ser: *Acciones Inmediatas o de desvare* (solución temporal del problema) y se debe informar a operarios y demás personal el carácter temporal y, *Acciones Permanentes*⁴ (corrigen fallas o arreglos temporales).

1.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PM)

Son trabajos programados⁵ realizados a un equipo, según un plan de inspección para detectar anomalías de tal manera que su reparación se haga evitando paradas imprevistas, accidentes o pérdidas de producción. Su fin es mantener la funcionalidad estándar del equipo. El PM fija parámetros de seguimiento⁶ del equipo para determinar ajustes funcionales una vez alcanzados sus límites;

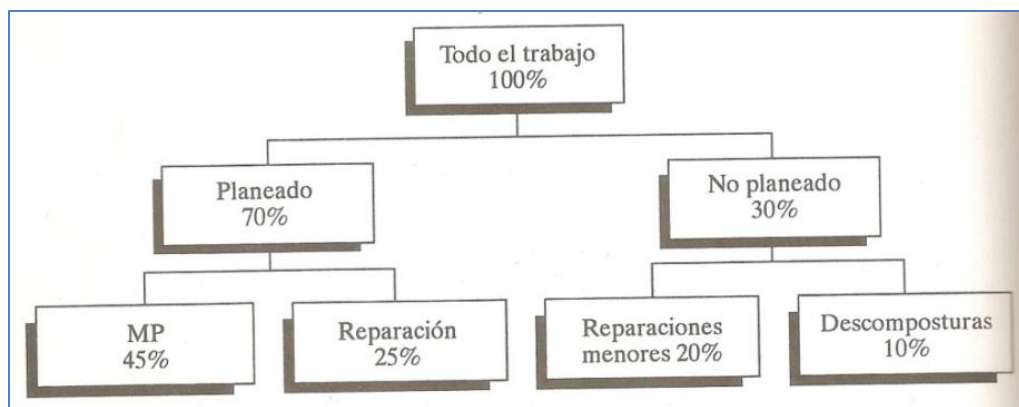
⁴ Al decir "permanente" se hace referencia a la vida útil del equipo.

⁵ Incluye lubricación, inspecciones y ajustes menores en la operación, cambio de piezas, mejoras estructurales. No incluye reparación de daños cuando el equipo no está operativo.

⁶ Parámetros: horas de uso, cantidad de desgaste, unidades producidas, velocidades, etc.

comprende reparaciones previamente diagnosticadas y programadas equivalentes a un 25% de las actividades planeadas. Para su realización, el PM requiere esencialmente: hojas de chequeo, archivos organizados, órdenes de trabajo (OT) bien diseñadas, instrumentos y herramientas necesarios para mediciones y programas a realizar.

Figura 2. Distribución del trabajo general de mantenimiento.



Fuente: DUFFUAA Salih, RAOUF A. y CAMPBELL John Dixon. Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control. LIMUSA, Noriega Editores. México, 2000. Página 76.

1.3.1. Ejecución del mantenimiento preventivo.

El Mantenimiento Preventivo puede ejecutarse: *Por Condición* (depende de la medida de un fenómeno, detección de una falla incipiente) y *Sistemático* (Inspección de equipos en periodos dados, comprende lubricación, limpieza, pintura, rutinas, ajustes, pruebas y recambio de partes). La aplicación de uno u otro estilo dependen del tipo de empresa y el proceso que lleve a cabo⁷.

⁷ El sistemático se emplea donde la parada del equipo detiene la producción total y genera pérdidas onerosas o cuando el deterioro del equipo va ligado al factor tiempo de uso.

1.3.2. Beneficios del mantenimiento preventivo.

Un programa de PM bien elaborado producirá beneficios que sobrepasen su costo; a continuación se enumeran algunos:

- Disminución de tiempo y paradas no programadas, tiempo y acciones correctivas y costos de producción; aumento de disponibilidad y confiabilidad.
- Reducción de frecuencia de fallas prematuras; si la falla no puede evitarse, se aminoran efectos en componentes mayores.
- Aprovechamiento de recursos, herramientas, repuestos e inventarios del área de mantenimiento y almacén de la empresa.
- Seguridad para trabajadores, conductores, operarios del equipo y demás personal de la planta.
- Permite escoger el momento de reparación para no afectar la producción y se distribuye mejor el trabajo de las reparaciones.

Es importante conocer el funcionamiento del equipo/sistema al implementarle un programa de PM para darle tareas adecuadas y obtener metas deseadas.

1.3.3. Tecnologías de diagnóstico del mantenimiento preventivo.

Técnicas de mantenimiento que mediante uso y monitoreo con aparatos de medición permiten evaluar el estado del equipo. Las más usuales son:

- **Análisis de vibraciones.** Se fija un patrón de vibración como referencia (cuando el equipo trabaja normal) y es comparado con las mediciones de seguimiento posteriores.
- **Análisis de Lubricantes.** Determina la composición química e identifica cuerpos extraños en los lubricantes empleados en los equipos.

- **Termografía.** Las mediciones de temperatura superficial (infrarroja) permiten determinar deficiencias, puntos peligrosos, desgastes, sobrecalentamientos.
- **Ultrasonido.** Determina irregularidades en soldaduras, tuberías, estructuras, etc., transmitiendo ondas o pulsos de ultrasonido a través del material.
- **Monitoreo de efectos eléctricos.** Es usado para determinar corrosiones.
- **Líquidos penetrantes.** Detectan grietas y discontinuidades superficiales⁸.

1.3.4. Inspección y herramientas para mantenimiento preventivo.

Proveen información útil⁹ del estado de una pieza o equipo para predecir fallas y planear acciones de PM; su frecuencia y nivel de monitoreo dependen de la relación “costo de la inspección/beneficio”.

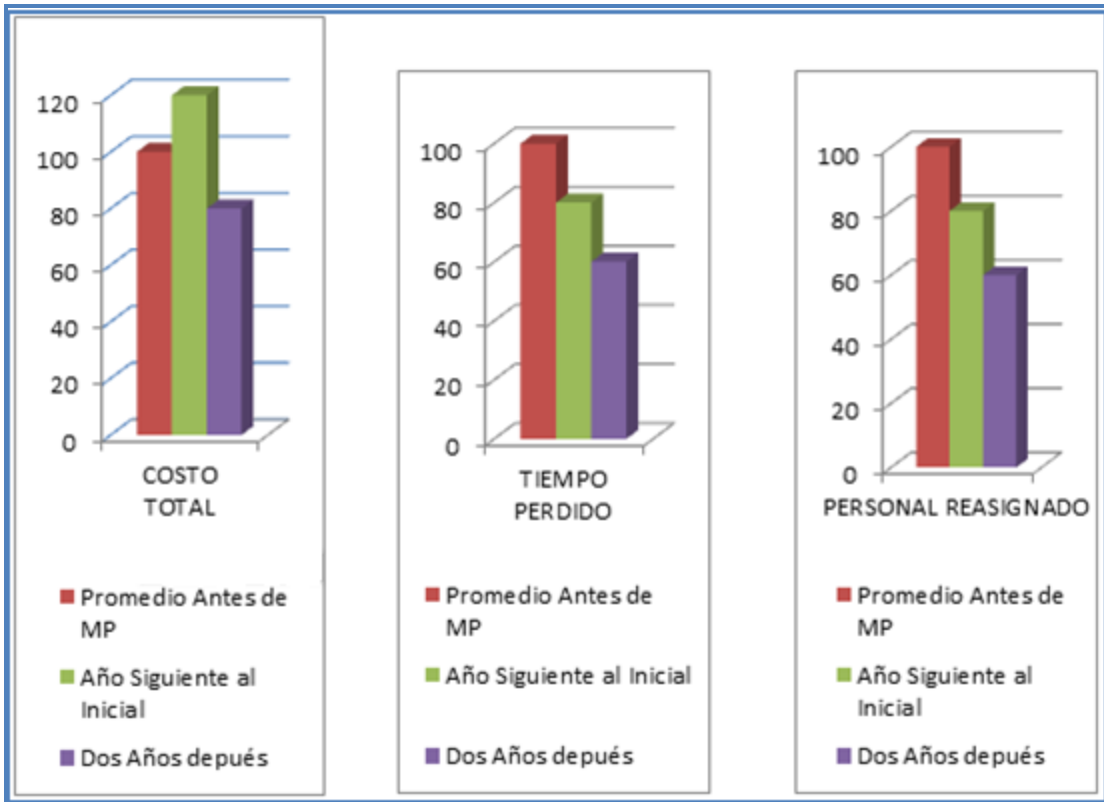
1.3.5. Costos del mantenimiento preventivo.

Los costos del mantenimiento pueden reducirse hasta un 30% con un buen programa de PM; la transición del programa puede ser de 2 a 5 años y depende de su implantación, interés de directivos y recursos necesarios.

⁸ Provocadas por manufactura, desgaste, fatiga, manipulación/transporte, procedimientos de reparación, corrosión y desgaste por medio ambiente o agentes atmosféricos.

⁹ Desgastes de rodamientos, lecturas de calibraciones, vibraciones, muestras de aceite y calidad del producto.

Figura 3. Cuadro comparativo de ventajas del pm.



Fuente: RODRIGUEZ CALDERON, Gustavo José. Modelo de Mantenimiento Preventivo para Maquinaria Pesada. Tesis Post-grado en Gerencia de Mantenimiento. UIS Bucaramanga, 1998. Página 25.

1.3.6. Causas del fracaso de un programa de mantenimiento preventivo.

Un programa de PM pudiera no obtener los resultados estimados, debido a:

- ❖ Falta de apoyo y recursos financieros por la parte gerencial.
- ❖ Mala presentación del mismo a los interesados.
- ❖ Las instrucciones del programa no se siguieron según lo planeado, hubo mala concepción del programa y mano de obra, inspecciones muy costosas y baja prioridad entre trabajos de mantenimiento.

1.3.7. Personal necesario para el mantenimiento preventivo.

El PM requiere dedicación y responsabilidad; para ello se deben considerar las siguientes recomendaciones respecto al personal:

- Requiere un supervisor líder e inspectores capacitados.
- Los involucrados deben tener experiencia en trabajo de campo.
- El manejo de la información debe estar a cargo de personas conocedoras y comprometidas con el programa.

1.4. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

La revisión y estudio de las variables¹⁰ asociadas a la operación de una máquina, permiten diagnosticar a futuro en tiempo real la posible aparición de fallas (o situaciones no estándar) para evitarlas y alargar su vida útil. La predicción se realiza por medio de ciencias matemáticas, estadísticas, proyectivas, correlacionales, aleatorias, univariantes o multivariantes, entre otras. El mantenimiento predictivo no afecta el comportamiento de la planta mientras se aplica; la inspección y evaluación de parámetros se realizan periódica o continuamente según tipo de planta, tipos de fallas por diagnosticar e inversión a realizar.

1.4.1. Ventajas del mantenimiento predictivo.

Las principales ventajas que ofrece son:

- Permite seguir la evolución del defecto y reduce el tiempo de parada.

¹⁰ Presión, temperatura, corrosión, desgaste, etc.

- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento y las paradas de líneas de máquinas en momentos críticos.
- Verificación de estado y monitoreo en tiempo real del equipo¹¹.
- Define límites de tendencia de los tiempos de falla¹² y provee historial de actuaciones para mantenimiento correctivo.
- Aplica análisis estadístico de sistemas y facilita el análisis de averías.

1.4.2. Acciones predictivas.

Varían según niveles estratégicos, tácticos, operacionales e instrumentales de mantenimiento y el desarrollo de la empresa para ejecutar reparaciones. El principal inconveniente del mantenimiento predictivo es económico; para cada máquina es necesario instalar equipos de medición¹³. Se deben seleccionar límites apropiados de alarmas de seguimiento (muy bajos son falsas alarmas, muy altos no detectan las fallas o desviaciones).

1.5. INDICADORES DEL MANTENIMIENTO

1.5.1. Generalidades de los indicadores.

Los indicadores permiten evaluar la situación actual y el posible éxito/fracaso de medidas aplicadas en la empresa; lo importante es definir qué medir, cómo medirlo y quién lo debe realizar. Los indicadores dependen del punto de vista de la empresa; los aspectos a medir se agrupan en seis factores: Humano, Económico, Material, Máquinas o equipos, Métodos y Gestión.

¹¹ Tanto la que se realiza en forma periódica como la que se hace de carácter eventual.

¹² O de condiciones no estándar de funcionamiento del equipo.

¹³ Parámetros a medir: presión, caudales, temperatura, ruidos, vibraciones, etc.

Algunos autores recomiendan estas consideraciones para definir indicadores:

1. *Los resultados deben medir lo que se espera del departamento.*
2. *Los indicadores deben ser representativos y fáciles de medir.*
3. *Los indicadores deben tener en cuenta a los clientes internos.*
4. *Analizar la posibilidad de medir tiempos de ciclos y procesos.*
5. *Analizar indicadores de la competencia.*
6. *Implantar cultura de medición en los técnicos.*
7. *Utilizar los indicadores que sean necesarios (sin redundancias).*
8. *Su equipo de trabajo puede ayudar a definir el indicador buscado.*
9. *Analizar la eficacia de cada indicador (que genere ahorros).*
10. *Eliminar o cambiar indicadores que lo requieran.*

1.5.2. Indicadores básicos del servicio de mantenimiento.

Para evaluar el servicio del mantenimiento se cuenta con dos tipos de indicadores: Básicos y Elaborados. Los básicos son: fiabilidad, disponibilidad y coste. Estos forman el pilar fundamental de la Gestión del Mantenimiento.

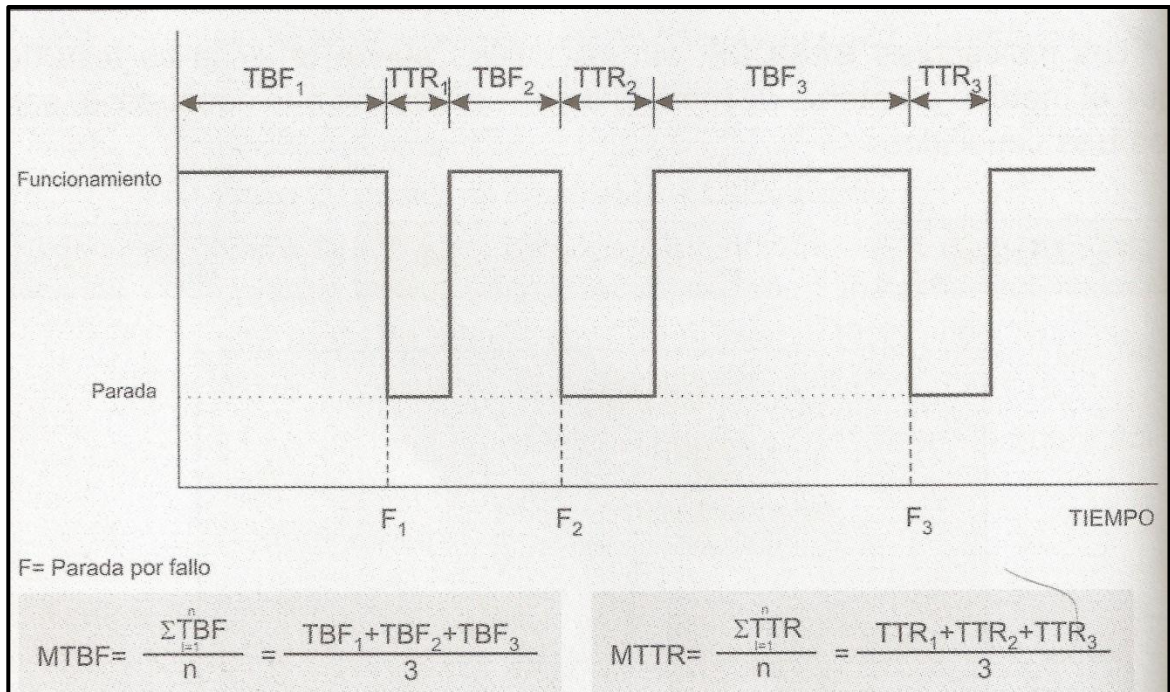
1.5.2.1. Fiabilidad.

Es la media de tiempos de buen funcionamiento y está relacionada con la media de tiempo para revisar o reparar. Se expresa según conveniencia con el equipo evaluado.¹⁴

La figura siguiente ilustra cómo medir la fiabilidad de forma general, en este caso como indicador de tiempo.

¹⁴ Kilómetros, horas de vuelo, piezas producidas, etc.

Figura 4. Medida de la fiabilidad.



Fuente: GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. ARTEGRAF S.A. España, 2007. Página 50.

MTBF = Media de tiempos de buen funcionamiento.

TBF = Tiempos de buen funcionamiento.

MTTR = Media de tiempos técnicos de reparación. Se debe indicar si corresponde a reparaciones o a ejecución de actividades preventivas.

TTR = Tiempos técnicos de reparaciones (preventivas o correctivas).

1.5.2.2. Disponibilidad.

Es uno de los indicadores más representativos para el departamento de mantenimiento y se puede definir como el porcentaje de tiempo en que el equipo es apto para producir.

Se calcula como:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Como se puede apreciar, la disponibilidad se ve bastante afectada por los tiempos técnicos de reparación (correctivos y preventivos); son estos en los que el profesional de mantenimiento debe trabajar con su equipo para aminorarlos tanto como sea posible.

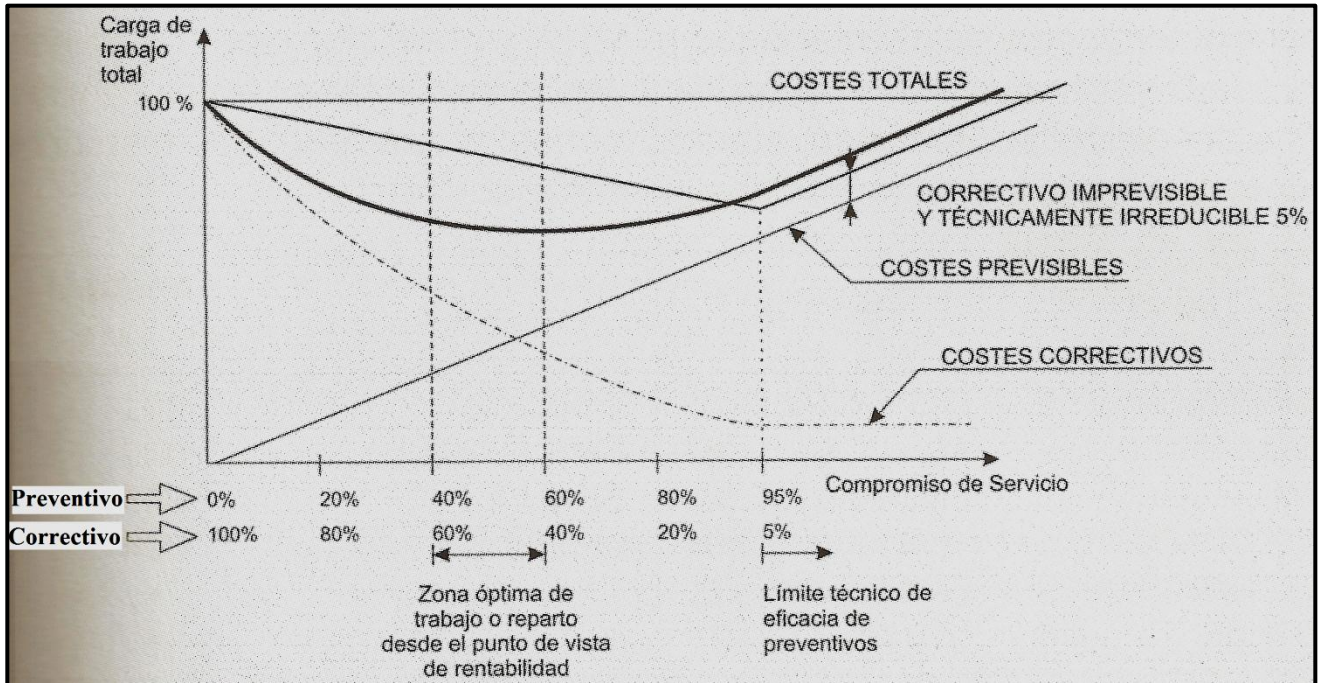
1.5.2.3. Coste.

Permite saber cuánto invierte la empresa en Mantenimiento e identifica el proceso a aumentar/disminuir inversión. Se deben registrar las inversiones para seguimiento y análisis costo/beneficio del área.

Lo que debe procurar el profesional de mantenimiento es tratar de conseguir un punto de equilibrio óptimo entre los factores que generan costos para el área de mantenimiento, en especial los vinculados a las actividades de carácter correctivo y preventivo/predictivo/similares.

En la figura siguiente se indica el comportamiento o equilibrio general de los costos de mantenimientos correctivos y preventivos que debería procurarse para el área de mantenimiento.

Figura 5. Equilibrio de costos mantenimientos correctivos/preventivos.



Fuente: GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. ARTEGRAF S.A. España, 2007. Página 55.

1.5.3. Indicadores elaborados del servicio de mantenimiento.

Relacionan dos medias para aportar una visión complementaria y evaluar aspectos de gestión del mantenimiento; se les llama “*Indicadores de Gestión*” de los cuales se reconocen cuatro grupos: Indicadores de Eficacia Global del Departamento, del Avance Tecnológico y Utilización de Recursos, de Gestión Económica y, de Calidad y Desarrollo de Recursos Humanos.

Figura 6. Indicadores de gestión.

INDICADOR DE GESTIÓN	ASPECTO VALORADO
A1, A2, A3 y A4	Eficacia global del Departamento
B1, B2, B3 y B4	Avance tecnológico y utilización de recursos
C1, C2, C3 y C4	Gestión económica
D1, D2, D3 y D4	Calidad y desarrollo recursos humanos

Fuente: GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. ARTEGRAF S.A. España, 2007. Página 59.

1.5.3.1. Indicadores de eficacia del departamento.

Tratan de reflejar la eficacia del equipo de personal directo, indirecto, mandos y técnicos.

Figura 7. Indicadores de eficacia.

(A1) = $\frac{\text{Número de averías repetitivas}}{\text{Número de averías totales}}$
(A2) = $\frac{\text{Número de averías sin localizar fallo justificativo}}{\text{Número de averías totales}}$
(A3) = $\frac{\text{Paradas de producción por averías}}{\text{Horas teóricas de producción}}$
(A4) = $\frac{\text{Número averías tras mantenimientos preventivos}}{\text{Número de averías totales}}$

Fuente: GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. ARTEGRAF S.A. España, 2007. Página 60.

1.5.3.2. Indicadores del avance tecnológico y utilización de recursos.

Analizan las paradas de producción para ejecución de PM, relación de correctivos Vs PM, utilización de recursos y personal.

Figura 8. Indicadores del avance tecnológico y uso de recursos.

$$\begin{aligned} \text{(B1)} &= \frac{\text{Paradas de producción por preventivo}}{\text{Horas teóricas de producción}} \\ \text{(B2)} &= \frac{\text{Horas empleadas en preventivos}}{\text{Horas empleadas en correctivo}} \\ \text{(B3)} &= \frac{\text{Horas empleadas en preventivo-predictivo}}{\text{Horas empleadas en preventivo sistemático}} \\ \text{(B4)} &= \frac{\text{Horas justificadas, en órdenes, en preventivo y correctivo}}{\text{Horas de presencia totales del personal}} \end{aligned}$$

Fuente: GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. ARTEGRAF S.A. España, 2007. Página 60.

1.5.3.3. Indicadores de gestión económica.

Figura 9. Indicadores de gestión económica.

$$\begin{aligned} \text{(C1)} &= \frac{\text{Costes operativos totales del Departamento de Mantenimiento}}{\text{Producción valorada a costes industriales}} \\ \text{(C2)} &= \frac{\text{Costes acumulados por actividades / secciones / instalaciones}}{\text{Costes presupuestados en dichos conceptos}} \\ \text{(C3)} &= \frac{\text{Costes operativos más costes de paradas en producción}}{\text{Producción valorada a costes industriales}} \\ \text{(C4)} &= \frac{\text{Costes de personal indirecto, propio e imputado}}{\text{Costes del personal operativo de Mantenimiento}} \end{aligned}$$

Fuente: GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. ARTEGRAF S.A. España, 2007. Página 60.

Relacionan los costos del área de mantenimiento frente a la producción que se vende, comparan valores reales invertidos en actividades contra los presupuestados para ellas, reflejan el daño que las averías o las paradas de mantenimiento infieren en la empresa, el costo del personal operativo de mantenimiento contra el personal indirecto o reasignado al área (como minusválido y similar).

1.5.3.4. Indicadores de calidad y desarrollo de recursos humanos.

Permiten conocer la respuesta que mantenimiento ofrece a los diversos clientes internos, comparar tiempos de reparación contra los paros de producción, el cumplimiento de la capacitación respecto a la planificación de la misma, las piezas reparadas respecto a las utilizadas.

Cada empresa emplea los indicadores que aporten la información o el seguimiento que mantenimiento requiera, ya que ellos dependen de factores asociados a la producción, nivel de desarrollo y competencia.

Figura 10. Indicadores de calidad y desarrollo de recursos humanos.

$$\begin{aligned} \text{(D1)} &= \frac{\text{Quejas de producción o explotación}}{\text{Número de operaciones preventivas y correctivas}} \\ \text{(D2)} &= \frac{\text{Tiempo medio de reparación efectiva}}{\text{Tiempo medio de paralización de la producción}} \\ \text{(D3)} &= \frac{\text{Horas de formación impartidas}}{\text{Horas de formación planificadas}} \\ \text{(D4)} &= \frac{\text{Número de piezas defectuosas (reparadas o nuevas)}}{\text{Número de piezas utilizadas}} \end{aligned}$$

Fuente: GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. ARTEGRAF S.A. España, 2007. Página 60.

1.6. COSTOS DEL MANTENIMIENTO

Las acciones de ingeniería consideran razones y efectos financieros; las cosas deben hacerse bien y económicas¹⁵. En mantenimiento los costos deben traducirse en beneficios a corto, mediano y largo plazo, incluso indicar los costos de no realizar acciones oportunas.

A continuación se expone un listado de las consideraciones que implican costos en mantenimiento:

- **Costos Directos por Mantenimiento.** Comprenden: materiales, refacciones no reutilizables, mano de obra empleada, alquiler de equipos especiales, trabajos externos, desmontajes, transporte, embarque y desembarque, impuestos, etc.
- **Costos Indirectos de Mantenimiento.** Los necesarios para poder dar mantenimiento: mano de obra no productiva y su supervisión, mano de obra auxiliar requerida (vigilancia), seguros de equipos, servicios públicos, arrendamientos, inventarios excesivos, etc.
- **Costos Directos por No dar Mantenimiento.** Producción no hecha, transporte de producto final detenido, accidentes del personal, litigios, quejas y demandas de clientes por incumplimientos.
- **Indirectos por No dar Mantenimiento.** A corto plazo: no facturación o retrasos, multas, sobrepagos por seguros. A mediano plazo: reducción de ventas, desmotivación del personal. A largo plazo: pérdida de penetración en el mercado, mala imagen ante clientes.
- **Costos de la Calidad por No Mantenimiento.** Material dañado no vendible, diferencia en ventas por multas (o bajo nivel de calidad) en productos, re-trabajos y selección por mala calidad.

¹⁵ Correctas, completas, a tiempo y acorde a objetivos.

2. TENDENCIA DEL MANTENIMIENTO EN COLOMBIA Y EL MUNDO

Las normas de calidad y la competitividad han obligado a los departamentos de mantenimiento a ser una unidad con alto valor en la productividad de las empresas mediante la aplicación de técnicas y prácticas. A continuación se exponen modelos y metodologías para el área de mantenimiento de los últimos 40 años con el fin de señalar su evolución como marco de referencia para la industria santandereana.

2.1. COSTO DE CICLO DE VIDA (LIFE CYCLE COST-LCC)

En los 70's surge en Estados Unidos el *Life Cycle Cost – LCC* (Costo de Ciclo de Vida) que se centra en la rentabilidad de los equipos y el costo integral del servicio obtenido incluyendo costos de adquisición, puesta en servicio, explotación, mantenimiento, desmontaje y retirada.¹⁶

2.2. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE-TPM)

En Japón a principios de los 70's, aparece el *Total Productive Maintenance – TPM* (Mantenimiento Productivo Total), que busca máximo rendimiento global de producción con máximo aprovechamiento humano. Para esta metodología se

¹⁶ MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. *Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control*. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009. p. 32.

definen cinco metas claves: **a)** Maximizar la eficacia global del equipo, **b)** Aplicar enfoque sistemático para confiabilidad, factibilidad y LCC, **c)** Integrar a otras áreas en el control del equipo, **d)** Involucrar niveles gerenciales, trabajadores y operadores, **e)** Mejorar el rendimiento del equipo.

Los operarios son artífices del TPM, luego es importante instruirlos sobre el funcionamiento del equipo (mecánicamente)¹⁷ para identificar problemas; los gastos de capacitación oscilan entre 5% - 8% del presupuesto de mano de obra. Los tiempos muertos se reducen y aumenta la productividad al promover el trabajo en equipo. Para la implantación del TPM se recomiendan las siguientes fases:

- 1) Introducción de TPM, se forman comites y equipos, se fijan metas, principios y un plan maestro.
- 2) Inauguración del TPM en la empresa.
- 3) Establecer sistemas de: desempeño (producción), administración de nuevos equipos del TPM, calidad, mejoramiento de administración y supervisión, seguridad (ISO 18000) y MA¹⁸ (ISO 14000).
- 4) Implementación de TPM, replanteamiento de objetivos, monitoreo total del plan y aplicación del TPM.

La eficacia global del equipo esta directamente ligada con el número de productos de buena calidad. Se deben optimizar los equipos a un estado de máxima eficacia.

El TPM es útil en empresas con dificultades en recurso humano de producción y mantenimiento o en empresas en crecimiento rápido.¹⁹

¹⁷ Para desarrollar limpieza, lubricación, ajustes menores y similares.

¹⁸ MA: Medio Ambiente.

¹⁹ MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009. p. 439-443.

2.3. MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE-RCM)

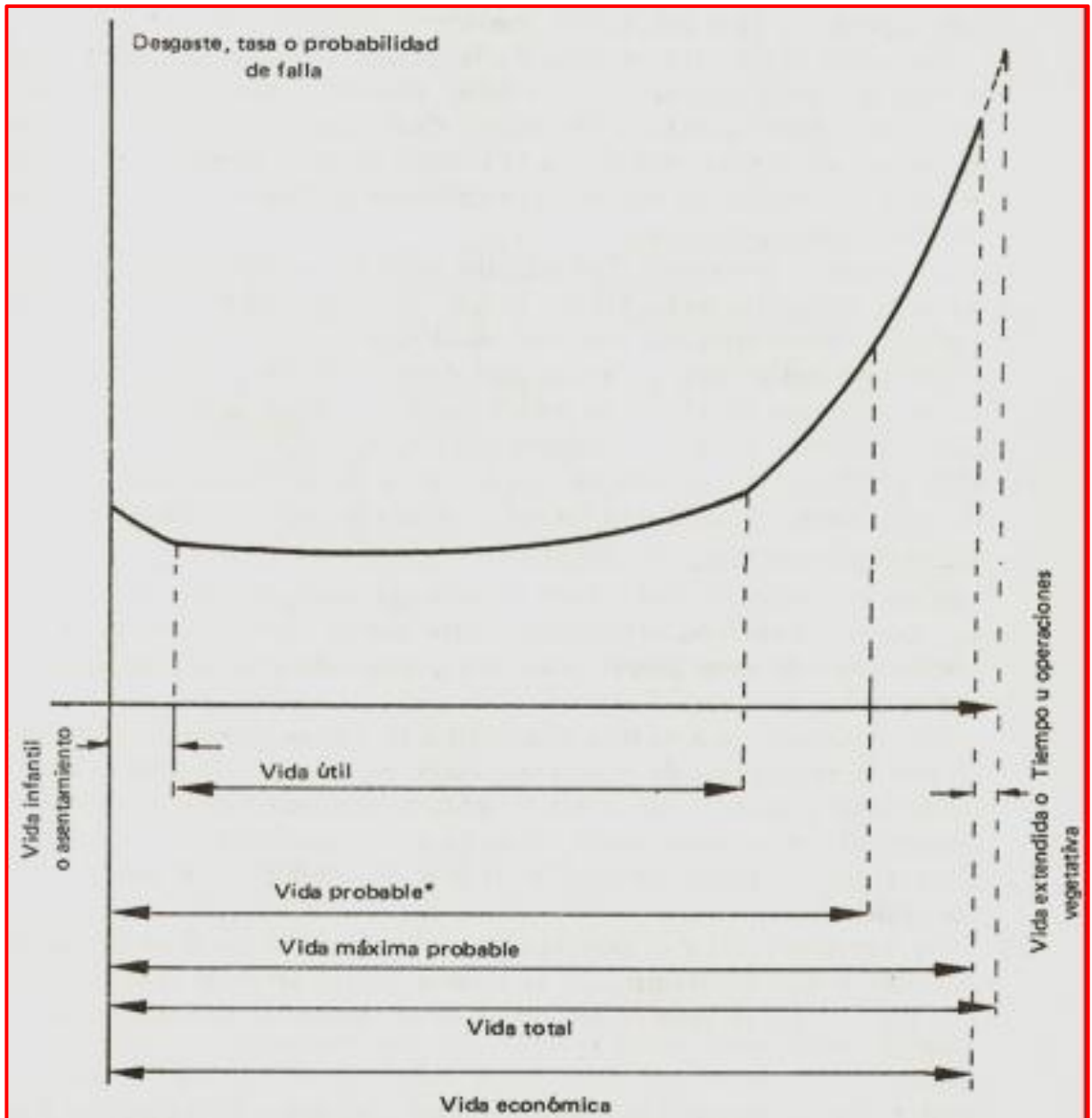
A finales del siglo XX toma fuerza en Estados Unidos el *Reliability Centered Maintenance – RCM* (Mantenimiento Basado en la Fiabilidad); es parecido al Análisis de Modos de Fallos de Equipos - AMFE, solo que integra equipos y sistemas y los interrelaciona.

Se demostró que reparaciones generales de equipos complejos, basados en el tiempo, no afectaban la frecuencia de fallas y en algunos la frecuencia de fallas era mayor una vez realizada la reparación general; es decir, la máxima probabilidad de falla ocurría en los primeros períodos de edad del equipo, luego disminuye hasta una tasa constante.

Ese comportamiento lo denominaron “la tina de baño” y sus zonas representativas son:

- **Zona de vida infantil:** el equipo tiene alta probabilidad de falla debido a defectos de calidad u operaciones indebidas.
 - **Zona de vida útil:** el equipo mantiene una fiabilidad estable. El mantenimiento es más o menos constante en esta zona.
 - **Zona de vida probable:** vida media recomendada por el fabricante; es el promedio de vidas de falla del equipo.
 - **Zona de vida extendida:** (o de emergencia); se opera el equipo en contra de todas recomendaciones técnicas presentes.
 - **Zona de vida total:** termina al retirar el equipo por cualquier causa.
- Zona de vida económica:** lapso costeable al operar un equipo. La zona varía día a día por ajustes a programas de mantenimiento, cambios de precios de combustibles, refacciones, materiales, obsolescencias de diseños, cambios de la economía industrial o cambios políticos.

Figura 11. Probabilidad condicional de falla contra edad (tina de baño).



Fuente: AVILA E., Rubén. Fundamentos de Mantenimiento: Guías Económicas, Técnicas y Administrativas. LIMUSA, Noriega Editores. México, 1995. Página 87.

El RCM identifica actividades a los activos operacionales más importantes señalando componentes críticos, aplicando mantenimiento proactivo y predictivo y

realizando chequeos en sitio y operación del estado funcional. Su limitación (RCM) es el factor humano y sus ventajas más representativas se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 1. Ventajas del RCM.

Calidad	Tipo de servicio	Costo	Tiempo	Riesgo
<p>Aumenta la disponibilidad en al menos un 8%, por el sólo hecho de implementar.</p> <p>Elimina las fallas crónicas y elimina causas raíces.</p> <p>Aumenta la flexibilidad operacional.</p> <p>La programación de mantenimiento se basa en hechos reales.</p> <p>Proporciona el completo conocimiento de las fallas reales y potenciales de las máquinas, así como de sus causas</p>	<p>Proporciona un mejor clima organizacional para el trabajo en equipo.</p> <p>Ayuda a entender mejor las necesidades y los requerimientos de los clientes.</p> <p>Disminuye las paradas imprevistas.</p> <p>Genera un ambiente de investigación y desarrollo al rededor de los análisis de fallas.</p>	<p>Reduce los niveles de mantenimiento al menos en un 40%</p> <p>Optimiza los programas de mantenimiento.</p> <p>Reduce los costos planeados o no de mantenimiento al menos en un 40%.</p> <p>Alarga la vida de los equipos para propósitos especiales.</p> <p>Todas las actividades de mantenimiento se analizan en un contexto de costo/beneficio.</p>	<p>Mejora los tiempos medios de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad al menos en un 25%.</p> <p>Aumenta los tiempos de funcionalidad de los equipos al menos en un 150% en promedio.</p> <p>Reduce o elimina los tiempos de demora en suministros o búsqueda de recursos o repuestos.</p> <p>Jerarquiza las actividades de mantenimiento, logrando su reducción en el tiempo.</p>	<p>Brinda seguridad e integridad ambiental en todo el desarrollo del proceso, a niveles muy superiores de los que se tienen antes de implementarlo.</p> <p>Las fallas con consecuencias sobre el medio ambiente o la seguridad son las que más se atacan y eliminan.</p> <p>Reduce al mínimo la posibilidad de fallas en cadena o superpuestas.</p> <p>Su razón de calificación al riesgo la hace como una de las tácticas más seguras.</p>

Fuente: AVILA E., Rubén. Fundamentos de Mantenimiento: Guías Económicas, Técnicas y Administrativas. LIMUSA, Noriega Editores. México, 1995. Página 446.

Algunas empresas combinan TPM y RCM, ya que TPM mejora la productividad y RCM aumenta la confiabilidad y competitividad. Se recomienda implementar primero TPM (superación del recurso humano) y luego RCM (énfasis técnico y logístico).²⁰

2.4. MANTENIMIENTO PROACTIVO

²⁰ MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009. p. 443-451.

Táctica de mantenimiento dirigida a detectar y corregir causas de desgaste que inducen falla del equipo; la vida de sus componentes depende de conservar parámetros de causas de falla en límites aceptables²¹ ahorrando costos de mantenimiento y reposición de equipos.

Según la revista *Fluidos, Oleohidráulica, Neumática y Automación* de la organización OILTECH ANALISIS, en su artículo titulado *Mantenimiento Proactivo de Sistemas Mecánicos Lubricados* en 1995 publica:

“La causa raíz de las fallas resulta cuando una o más condiciones del sistema no están normales, y causan inestabilidad en éste [...] la falla condicional depende de las causas raíces inestables en el sistema [...] Cuando ocurre una falla incipiente se produce una degradación de material, pero no se alcanza un estado en cual el sistema se vea afectado [...] Si el usuario no ha corregido las causas raíces de la falla detectada, ésta es inminente [...] y el sistema debe ser parado y revisado.

Finalmente, si se continúa la operación del equipo, se produce la falla catastrófica, donde la máquina pierde la funcionalidad y se requiere una reparación mayor de carácter urgente para que pueda volver a producir bienes o servicios” (*Oiltech, 1995 Analysis, 1995*).

El mantenimiento proactivo realiza correctivos según criticidad y efectos en los sistemas, desarrolla predictivos y preventivos para detectar y analizar causas de falla. Estas acciones incluyen rediseño o modificación de equipos.

El mantenimiento proactivo incita al ahorro, al mejoramiento de la imagen del cliente, mayor garantía de calidad de equipos, alta seguridad y economía en costos en la empresa.²²

²¹ Límites aceptables: parámetros de causa de fallas dentro del rango de operacional.

²² MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. *Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control*. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009. p.451-456.

2.5. OPTIMIZACION DEL MANTENIMIENTO PLANEADO-PMO

Metodología a largo plazo para mejorar la confiabilidad, mantenibilidad y reducir horas de trabajo para mantenimiento; es una opción para una empresa en la que no se ha podido instaurar el RCM.²³

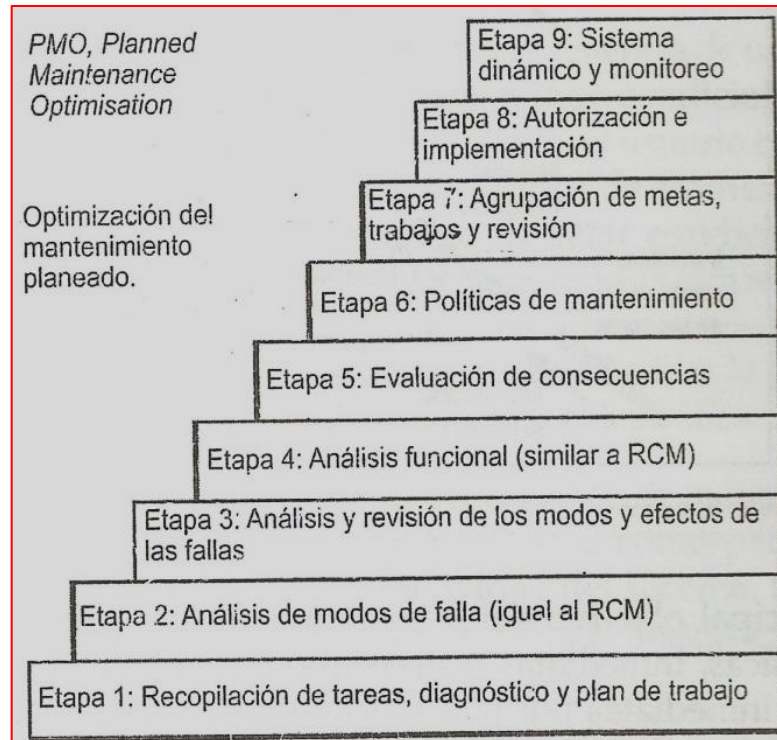
La clave para análisis de fallas, falla funcional, modos de fallas, efectos y consecuencias de ellas es el manejo de la información²⁴ sistematizada, centralizada y con datos de parámetros de personal, administración y demás para equipos y recurso humano.

Los pasos para su implementación se pueden resumir en la siguiente ilustración.

²³ Debido a su complejidad; es recomendable en empresas con equipos o maquinaria nueva.

²⁴ Recolección, manejo y obtención en tiempo real.

Figura 12. Pasos para implementación del PMO.



Fuente: MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009. p. 456.

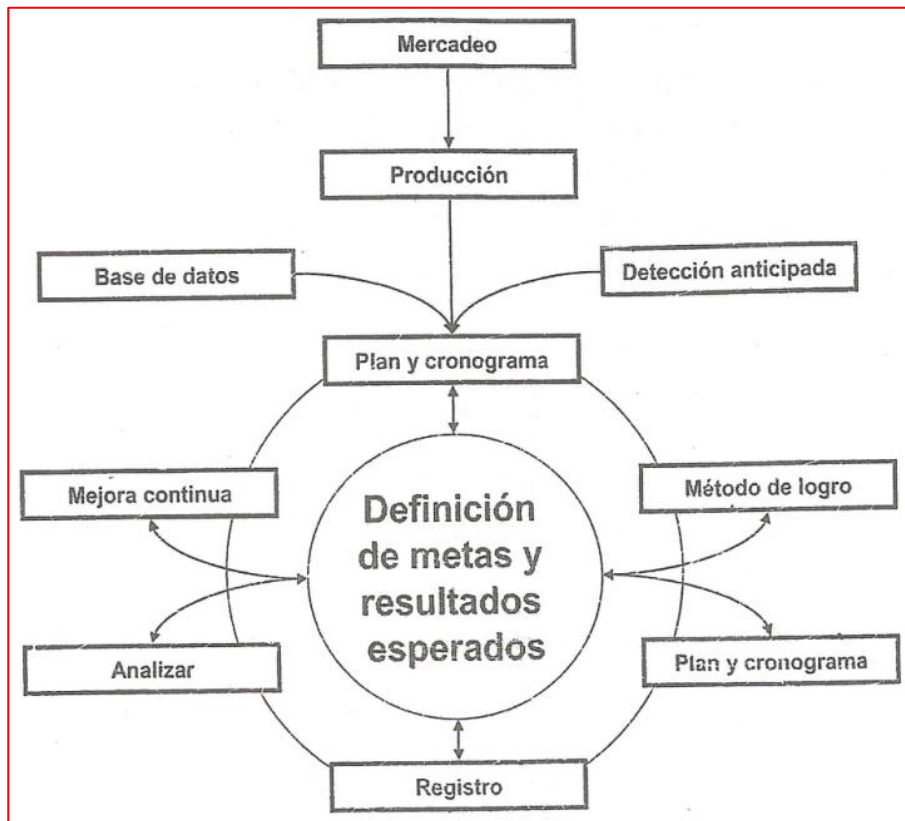
La eficacia del PMO se basa en sistemas de gestión y operación del mantenimiento bajo enfoque de procesos. El tratamiento y análisis estadístico de la información es en tiempo real; en comparación con RCM, PMO es más simple y fácil de controlar.²⁵

²⁵ MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009. p.456-458.

2.6. MANTENIMIENTO ORIENTADO A RESULTADOS

Se basa en la intuición, en soluciones de sentido común para problemas recurrentes; la usan personas con experiencia en la empresa. Esta táctica ve a mantenimiento como actividad de mejora continua y es conveniente para empresas sin tiempo para organizarse; su uso debe ser temporal (para emergencias), se debe definir una técnica de mantenimiento más estable²⁶.

Figura 13. Líneas de acción de la táctica por resultados.



Fuente: MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009. p. 460.

²⁶ TPM, RCM, TPM y RCM combinadas o Proactiva.

Esta táctica se centra en las necesidades finales del cliente y desde allí desarrolla metas o resultados a obtener.²⁷

2.7. BENCHMARKING (COMPARACION POR PATRONES)

Comenzó en los 80's, se fundamenta en la administración de la calidad total. Se define como un proceso sistemático continuo para evaluar productos, servicios y el proceso de trabajo de las organizaciones de las que se reconoce que representan las mejores prácticas con fines de mejora de la organización.

Al elegir socios en Benchmarking se puede contar con áreas internas de la misma u otras empresas con altos estándares de calidad en procesos a mejorar. La metodología comienza con la comprensión total del desempeño de la planta anfitriona y los procesos elementales. Esta es la referencia que debe fijarse.

En la administración del mantenimiento, se evalúan diez áreas susceptibles para Benchmarking:

1. Planeación a largo plazo e iniciativas de mejora.
2. Organización y planeación de la fuerza laboral.
3. Planeación, programación y control del trabajo.
4. Compras, almacenes y control de inventarios.
5. Mantenimiento preventivo y predictivo.
6. Medidas y estadísticas de desempeño.
7. Administración y sistemas de información.
8. Ingeniería de confiabilidad.
9. Interface de comunicación mantenimiento/producción.

²⁷ MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009. p. 459-460.

10. Administración y procesos administrativos.²⁸

2.8. MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL (WCM)

Se basa en anticiparse a eventos futuros con reparaciones o actividades planeadas. El benchmarking se usa para mejorar costos, productividad y competitividad. Implementar WCM implica planeación, prevención, programación, anticipación, fiabilidad, análisis de pérdidas de producción y repuestos, información técnica y cubrimiento de turnos de operación con información computarizada.

Algunos principios estratégicos de ésta técnica son:

- WCM es un proceso a largo plazo a implementar sobre la situación real de la empresa; su iniciativa no debe ser lanzada de improviso.
- Sistemas basados en cambios estructurales, culturales y organizacionales de la empresa duran más tiempo y son de mediano y largo plazo.
- Preferiblemente escoger un modelo simple, pero bien estructurado.²⁹
- Las personas deben ser capacitadas, entrenadas y prácticas para afrontar cambios culturales y actitudinales.
- WCM se centra en normas y solución de problemas, requiere estudio del mercado objetivo (continentes, países, regiones, normas y costumbres).
- Debe haber alto nivel de compromiso y apropiación de las personas que forman parte del proceso.

²⁸ DUFFUAA Salih, RAOUF A. y CAMPBELL John Dixon. Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control. LIMUSA, Noriega Editores. México, 2000. p. 368-370.

²⁹ Requiere menos entrenamiento y es más duradero.

Empresas con sedes en varios países o que realizan exportaciones son ideales para implementar WCM.³⁰

2.9. MANTENIMIENTO CENTRADO EN HABILIDADES Y COMPETENCIAS (CCM)

CCM es concentrar a mantenimiento en pocas personas con muchas habilidades, conocimientos y competencias para aumentar la efectividad del área y usar subcontratación en actividades no fundamentales; es decir, mantenimiento se centra en la ciencia³¹ y no en la reparación de equipos. Esta técnica no depende del nivel de mantenimiento con el que cuente una empresa para su implementación.³²

2.10. REINGENIERIA DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO

Es un nuevo comienzo de los procesos de producción centrados en agregar valor al producto con calidad, rapidez, servicio a bajo costo y nivel de riesgo aceptable; se usa cuando, pese a automatizar, no se consiguen mejoras del producto final. La reingeniería hace optimizar procesos a las áreas de la empresa.

³⁰ MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009. p. 460-463.

³¹ En este contexto entiéndase “ciencia” como las ciencias que imperan en el servicio de mantenimiento de equipos: robótica, mecatrónica, electrónica, eléctrica, mecánica, etc.

³² MORA GUTIERREZ. Op. Cit, p. 463-464.

Una de sus técnicas, **Análisis de Procesos**, fija límites del proceso, dibuja su flujo central, determina entradas y salidas³³, rendimiento e identifica a proveedores, clientes y gerentes claves. El dibujo del proceso facilita identificar ineficiencias.

Otra técnica, **Costeo Basado en las Actividades**, recopila costos por procesos de mantenimiento y determina actividades claves, costo por actividad y su determinante, rastrea este costo a objetivos, evalúa eficacia y eficiencia comparando costo de actividad contra objetivos del proceso.

Otra técnica, **Benchmarking Competitivo** crea visión de desempeño futuro con lluvia de ideas para adaptar prácticas a las realidades de la organización.³⁴

2.11. CONCEPTO DE MEJORA CONTINUA

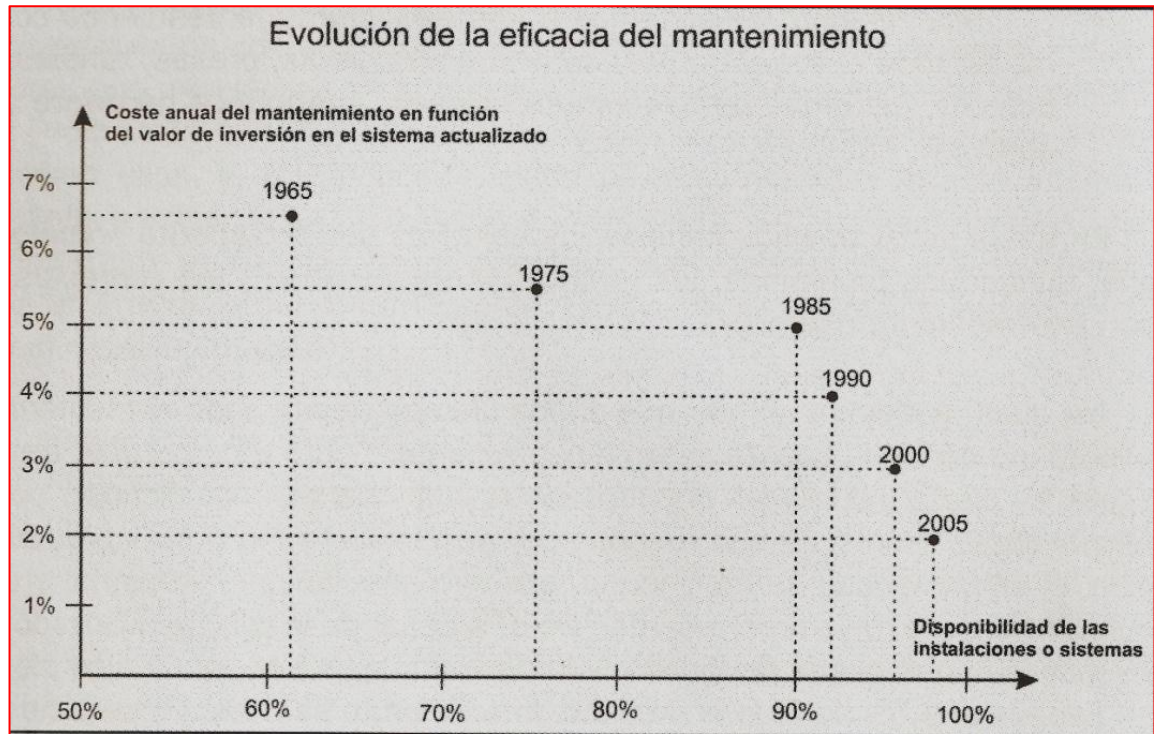
Mejora continua es resultado de mejoras discretas teniendo como guía la visión empresarial con objetivos e indicadores claros dados al departamento. Estas mejoras discretas implican establecer planes de acción que se materialicen, se prueben y después de analizar sus resultados se extiendan a toda la planta o áreas necesarias.

Las estrategias de mejora continua del mantenimiento generan disminución de costos e incrementan disponibilidad. En la gráfica siguiente se aprecian disponibilidades cercanas al 98% en equipos con costos equivalentes al 2% del valor de la inversión inicial de mantenimiento para el 2005 en empresas modernas.

³³ Entrada: identificación de una falla o falla incipiente. Salida: reparación de la falla.

³⁴ DUFFUAA Salih, RAOUF A. y CAMPBELL John Dixon. Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control. LIMUSA, Noriega Editores. México, 2000. p. 370-373.

Figura 14. Evolución de la eficacia del mantenimiento.



Fuente: GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. ARTEGRAF S.A. España, 2007. Página 24.

Algunas empresas contratan asesoría externa para evaluar o modificar los planes de acción que involucran cambios en la planta o áreas afines.³⁵

2.12. TEROTECNOLOGIA

En Inglaterra (1976), se desarrolla la terotecnología integrando la gestión, operación y costos del mantenimiento bajo orientación de LCC (Costo del Ciclo de

³⁵ GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. ARTEGRAF S.A. España, 2007. p. 23-26.

Vida), donde los índices de rendimiento son por confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y costos de mantenimiento. A partir de los 80's, mantenimiento comienza a emplear sus propios programas con su propio lenguaje técnico.

Para auditar el mantenimiento, los ingleses crearon la metodología *Flash Audit System* que evalúa parámetros empresariales, de gestión y operación de mantenimiento con un grupo de trabajo³⁶ coordinado por el director de Ingeniería de Fábricas (IF)³⁷.

La terotecnología plantea el cuidado integral de la tecnología; su propósito es plantear bases y reglas para la creación de un modelo de la gestión y operación del mantenimiento orientada por la técnica y la logística integral de los equipos.

La terotecnología está relacionada con la especificación y el diseño para la confiabilidad y mantenibilidad de equipos; es una alternativa técnica capaz de combinar medios financieros, estudios de confiabilidad, evaluaciones técnico-económicas y métodos de gestión para obtener ciclos de vida de los equipos cada vez menos dispendiosos y costosos.³⁸

2.13. TENDENCIA DEL MANTENIMIENTO

Se ha logrado ver el mantenimiento como pilar fundamental dentro de la organización de las empresas industriales; el concepto evolutivo del mantenimiento está vinculado a la producción y ésta a su vez, a las necesidades directas del cliente.

³⁶ Asesorado o no por consultores externos, con personal de varias áreas de la empresa.

³⁷ IF: Ingeniería de Fábricas, agrupa a mantenimiento, proyectos, producción y calidad.

³⁸ MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009. p. 22-26.

En la etapa I (antes de 1950) aparecen instrumentos del mantenimiento³⁹, se contrata/entrena personal para tareas correctivas de fallas imprevistas. La prioridad de producción es generar productos o servicios.

En la etapa II (entre 1950 – 1959) el objetivo es solucionar paradas imprevistas de equipos con tecnologías de prevención y predicción de fallas (inspecciones y mediciones) analizando el antes y después de la falla registrando datos de monitoreo y control. Los equipos se llevan (en su vida útil) hasta la falla para reposición de piezas dañadas.

La etapa III (entre 1960 – 1980) adopta tácticas de mantenimiento (TPM, RCM, MCC, PMO, Proactivo, WCM y otros) para estructurar y organizar acciones de mantenimiento. Lo importante para producción es maximizar la explotación; mantenimiento se independiza de producción.

En la etapa IV (entre 1981 – 1995) las empresas quieren medir resultados de operación y mantenimiento con sistemas de costos (LCC), registro de fallas, curva de la bañera. Producción desarrolla terotecnología⁴⁰ para mejorar eficiencia y reducir costos.

En la etapa V (entre 1996 – 2003) se desarrollan competencias en el personal, se profundiza en las etapas anteriores, se consolidan FMECA (análisis de modos de falla), RCFA (análisis de causa raíz de fallas), RPN (número de riesgo prioritario) y el sistema de información de mantenimiento y producción. Se implementan indicadores para tiempo, calidad y costos de mantenimiento. Producción implementa tecnologías de punta ajustadas a la demanda trabajando con mantenimiento (equipos como activos).

³⁹ OT, herramientas, almacenes de repuestos de mantenimiento, bases de datos.

⁴⁰ Terotecnología: mantenimiento integral logístico, donde la competitividad es reemplazada por la innovación tecnológica.

La etapa VI (desde 2004) se manejan con éxito los activos⁴¹, mantenimiento y producción generan mayor productividad y adaptación al mercado. Se disminuyen tiempos de reparación y el mantenimiento planeado baja costos. Todo esto incrementa la confiabilidad y mantenibilidad de equipos.

En resumen, los inicios del mantenimiento se ven marcados por acciones correctivas (que generan gastos); posteriormente se minimizan fallas y paradas imprevistas mediante PM con recomendaciones del fabricante.

Surgen después otro tipo de formas de organización del mantenimiento enfocadas en la estructura de las acciones y aparecen tácticas de mantenimiento productivo independizando a mantenimiento de producción.

Luego el TPM integra la producción con el mantenimiento para mejorar la productividad, evolucionando en otras tácticas que permiten más análisis y desarrollo de la ingeniería del mantenimiento.

La automatización, control y seguimiento en tiempo real para los equipos en sus actividades cotidianas conlleva a la predicción de daños en los procesos que afecten la producción.

La concepción del liderazgo del mantenimiento en las empresas tiende a avanzar hacia niveles jerárquicos directivos, bien sea por medio de contratación directa o de terceros que abarquen el área de mantenimiento.⁴²

2.13.1. Evolución del mantenimiento en la empresa CONSTRUVICOL S.A.

Con base en las descripciones de las diferentes metodologías vistas en éste capítulo, la empresa Construvicol S.A en sus primeros meses, realizaba para sus volquetas y maquinaria mantenimiento netamente correctivo (en campo,

⁴¹ Activo: bienes de la empresa asociados a producción de riqueza.

⁴² MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009. p. 13-39.

especialmente) lo cual redundaba en un alto presupuesto de inventarios, costos del área de mantenimiento, baja disponibilidad y confiabilidad de equipos; adicionalmente, la información generada para el área era manejada por su sede principal (en Girón, Santander) hecho que dificultaba aún más la labor de análisis por parte del personal de mantenimiento que se encontraba en campos en otras zonas del departamento de Santander (incluso fuera de él).

Posteriormente, se fueron incorporando simultáneamente acciones preventivas (programas de PM) gracias a la experiencia de profesionales, personal técnico y operativo contratados en esa época, lo cual permite decir que a partir de su primer año y durante los 5 años siguientes la empresa ejecutaba un mantenimiento orientado a resultados, pero conservando al área de mantenimiento separada de la productiva.

No obstante, en la medida en que crecía su parque automotor y de maquinaria se notó un fuerte incremento del presupuesto del área de mantenimiento (cerca de 200 millones de pesos de cada 400 millones facturados como ganancias eran consumidos por mantenimiento y almacén), pero con rendimientos muy bajos aún a nivel productivo (disponibilidades cercanas al 60% e incluso en algunos proyectos alejados de Santander menores aún) lo que conllevó a realizar un análisis interno por parte del área mantenimiento y se decide manejar cada equipo (vehículo y/o maquinaria) bajo el concepto de costo de ciclo de vida.

De esta manera, mantenimiento comienza a reunir, analizar y evaluar el desempeño productivo de cada equipo⁴³, llevando un control desde el mismo momento de su adquisición (usado o nuevo) y retroalimentando información con el departamento de producción. De igual manera, se implementan cambios en la estructura organizacional y administrativa de la empresa que sitúan a mantenimiento como parte esencial de los procesos primarios de la entidad⁴⁴. La

⁴³ Hecho que permite acercar a las áreas de mantenimiento y producción.

⁴⁴ Mantenimiento estaba catalogado como un proceso de apoyo en la empresa; los procesos primarios están por encima de los de apoyo y debajo de las directivas y socios de la empresa.

empresa inicia sus procesos de certificación ISO 9001 (Gestión de Calidad), ISO 14001 (Gestión Ambiental), OHSAS 18001 (Gestión Salud Ocupacional y Seguridad Industrial) en los que la gestión del mantenimiento es evaluada por la entidad SGS COLOMBIA S.A .

Este enfoque se ha conservado hasta ahora, solo que a partir del año 2013 la empresa tomó la decisión de manejar el área de mantenimiento por contratación externa (con la empresa AMEP LTDA).

Aprovechando éste cambio, en opinión del autor de este trabajo de grado, la empresa podría implementar la metodología CCM (Mantenimiento Centrado en Competencias) que le permitiría al personal de mantenimiento centrarse en el análisis y optimización de sus procesos y procedimientos y delegar (a la empresa sub-contratada) las tareas rutinarias como PM y reparaciones correctivas.

Se han descartado otro tipo de metodologías (RCM, TPM, PMO)⁴⁵ debido a que éstas incorporan métodos predictivos y ello implicaría inversiones onerosas, ya que la empresa posee un parque de maquinaria y vehículos cercano a los 800 equipos. Un enfoque de Mantenimiento de clase Mundial (WCM) estaría fuera de lugar, ya que la empresa no es exportadora de bienes ni posee sedes internacionales⁴⁶.

⁴⁵ RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), TPM (Mantenimiento Productivo Total), PMO (Optimización del Mantenimiento Planeado).

⁴⁶ La empresa cuenta con representación comercial en EEUU, pero solamente para facilitar importaciones de repuestos y/o maquinaria.

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL PM DE LOS MOTORES DE LA FLOTA DE VOLQUETAS KODIAK DE LA EMPRESA CONSTRUVICOL S.A

En este capítulo se desarrollará la propuesta de mejoramiento del programa de mantenimiento preventivo (PM) de los motores de la flota de volquetas marca KODIAK de la empresa Construvicol S.A; dicho capítulo consta de información general sobre la empresa, de su flota de volquetas Kodiak y sus motores marca CATERPILLAR, su programa de PM actual, los aspectos susceptibles de mejora y finalmente un resumen de la propuesta.

3.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA CONSTRUVICOL S.A Y SU FLOTA DE VOLQUETAS KODIAK

CONSTRUVIAS DE COLOMBIA (CONSTRUVICOL S.A) es una empresa en expansión a nivel nacional para brindar servicios integrales en minería, adecuación de locaciones petroleras, movimiento de tierras, concesiones viales, construcción de rellenos sanitarios e ingeniería civil entre otros legalmente constituida en 1995 con NIT: 804000752.

Su filosofía es ver cada proyecto como un reto asumido para “Hacer liviano el trabajo pesado, donde lo necesiten y cuando lo necesiten”.⁴⁷

En la figura siguiente se ilustra la página de inicio (WEB) de la empresa.

⁴⁷ Tomado de CONSTRUVICOL S.A. Página web pública de la empresa Construvicol SA [On Line]. Página de inicio. Internet: (<http://www.construvicol.com>).

Figura 15. Página WEB de la empresa.



Fuente: CONSTRUVICOL S.A. Página web pública de la empresa Construvicol SA [On Line]. Página de inicio. Internet: (<http://www.construvicol.com>).

3.1.1. Misión y visión de la empresa.

Misión: “Somos una empresa que presta servicios en el sector de infraestructura y minería que ejecuta proyectos con calidad y excelencia operativa, generando valor

a nuestros aliados estratégicos y accionistas, contribuyendo de manera integral al bienestar, progreso, protección del ambiente y desarrollo del entorno”.⁴⁸

Visión: “Para el año 2017 ser el referente del sector de infraestructura y minería como empresa líder por su calidad y excelencia en la ejecución de soluciones integrales, generando positivamente valor a los accionistas, trabajadores y grupos de interés”.⁴⁹

3.1.2. Sistema de gestión integral de la empresa.

Cuenta con certificaciones avaladas por SGS COLOMBIA SA: ISO 9001 (Gestión Calidad), ISO 14001 (Gestión Ambiental), OHSAS18001 (Gestión Salud Ocupacional y Seguridad Industrial y RUC 2011 (Gestión SSOMA⁵⁰ contratistas de hidrocarburos).

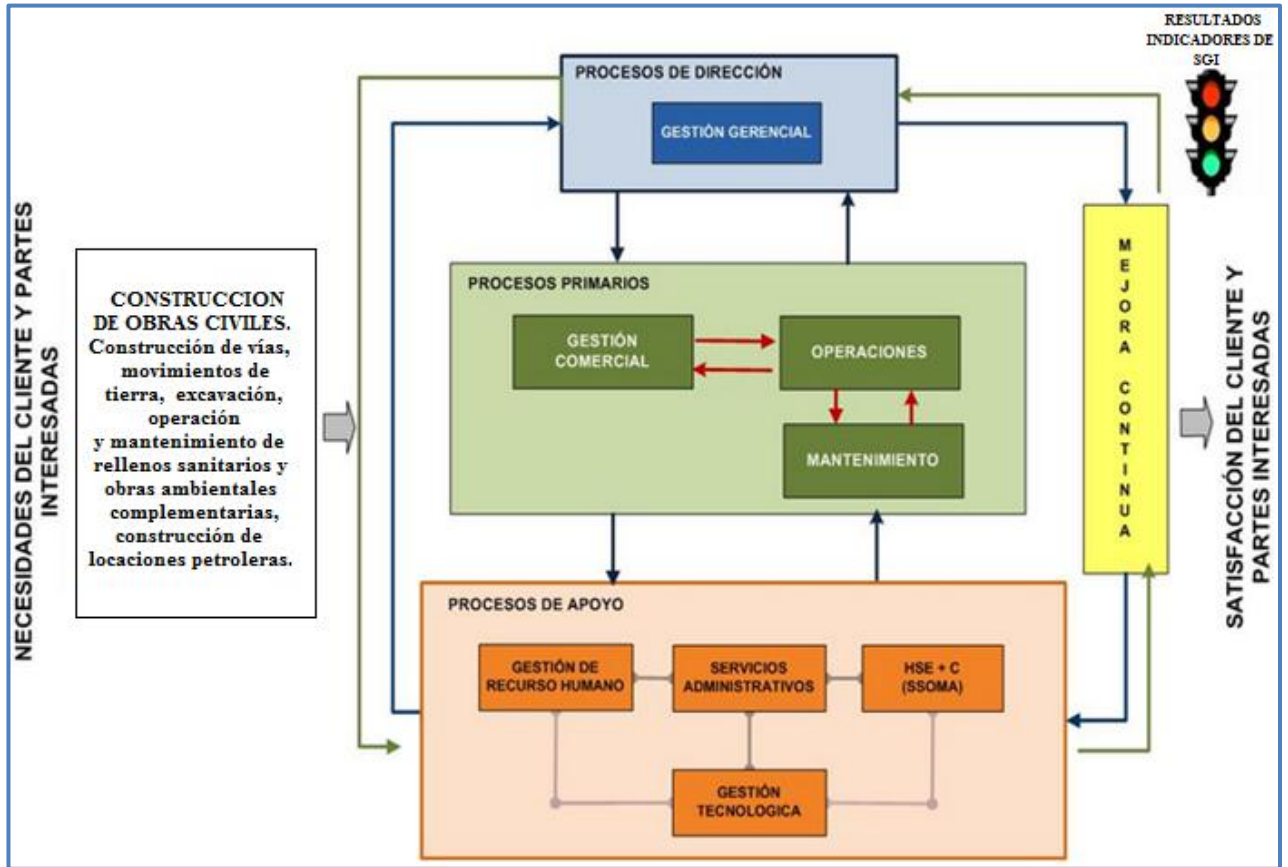
El sistema de gestión integral (SGI) cuenta con tres procesos: Dirección, Primarios y de Apoyo los cuales son evaluados frecuentemente. Mantenimiento pertenece a los procesos primarios.

⁴⁸ Tomado de CONSTRUVICOL S.A. Página web pública de la empresa Construvicol SA [On Line]. Internet: (<http://www.construvicol.com>).

⁴⁹ Ibíd.

⁵⁰ SSOMA: Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

Figura 16. Sistema de gestión integral de la empresa.



Fuente: CONSTRUVICOL S.A. Red de comunicación por internet de la empresa Construvicol SA [On Line]. Internet: (<http://www.intranet.construvicol.com>).

3.1.3. Ubicación y sedes de la empresa.

Tiene sedes en donde desarrolla proyectos; la principal en Girón, Santander (Carrera 15 # 56 – 245 Kilometro 7 vía Girón) con oficinas administrativas, bodega de equipos, almacén y Taller Principal. Posee además sede administrativa y de negocios en Bogotá D.C.

El Taller de mantenimiento cuenta con tres mecánicos 1A (maquinaria) y uno para vehículos (con sus asistentes), herramientero, soldador y latonero-pintor (con sus ayudantes), Jefe de Taller y digitadores bajo control del Supervisor o Ingeniero de Mantenimiento encargado.⁵¹

Figura 17. Ubicación satelital sede principal girón de la empresa.



Fuente: El autor. Información suministrada por el departamento de mantenimiento de la empresa Construvicol S.A.

⁵¹ Oficinas, almacén y Taller entre líneas rojas; bodega de equipos entre líneas amarillas en figura 17.

Figura 18. Fachada de sede girón de la empresa.



Fuente: El autor, permitida por Construvicol S.A.

3.1.3.1. Sedes provisionales de la empresa.

Poseen oficinas y taller con mecánicos 1A, soldador, lubricadores (Taller y campo), Supervisor de Patio y Campo (con vehículo) y digitadores bajo control del Ingeniero de Mantenimiento. Algunas poseen zona de suministro de combustible. Sedes importantes: LCI⁵² (Barrancabermeja, Santander), CLM⁵³ (Araucita, Arauca), MECL⁵⁴ (Puerto Boyacá, Boyacá), HOLCIM (Nobsa, Boyacá) y MESA (Concesión Vial Mesa de los Santos, Santander).

3.1.4. Organigrama de la empresa.

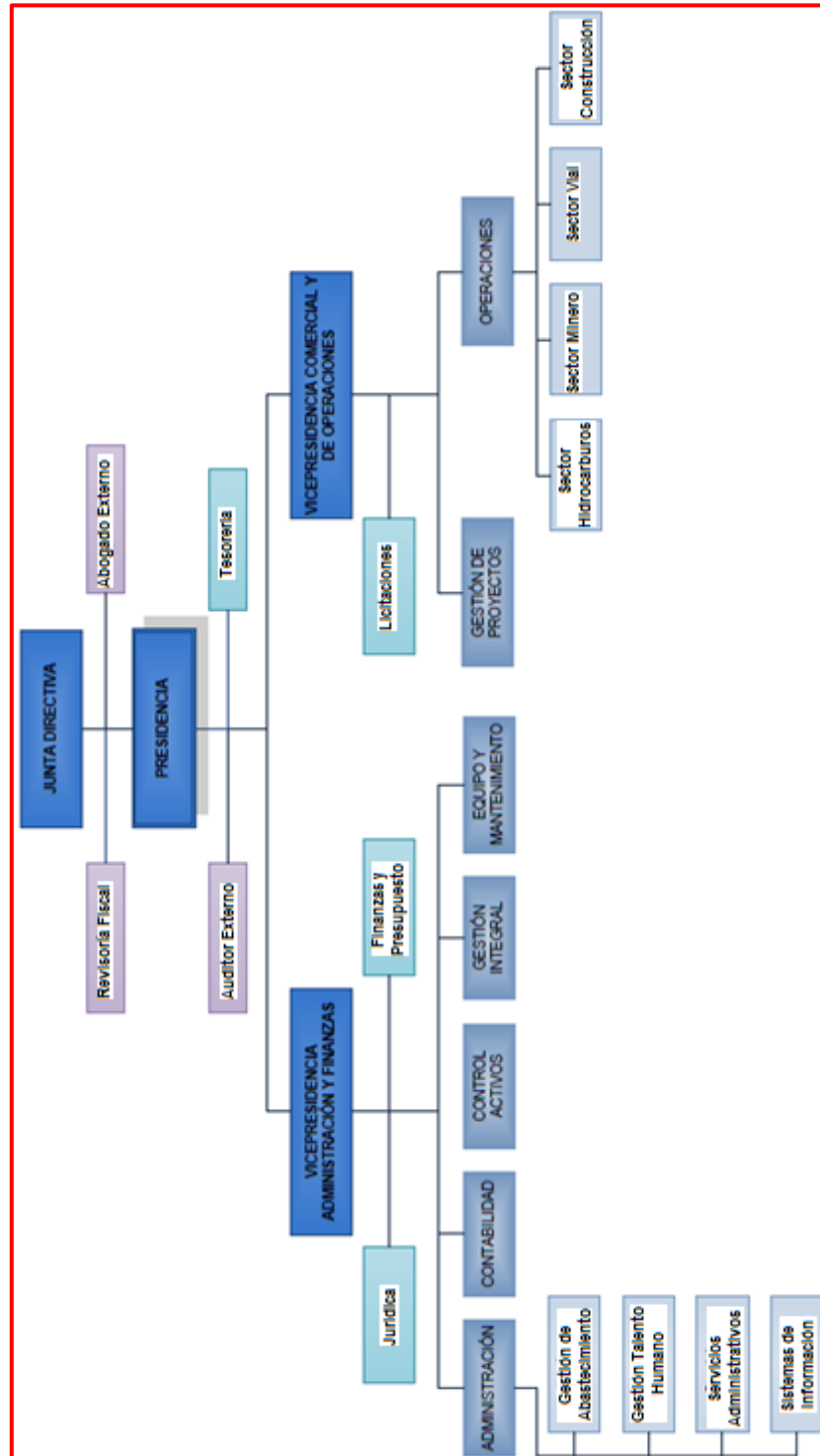
En la página siguiente se ilustra el organigrama general de la empresa.

⁵² LCI: Proyecto La Cira Infantas.

⁵³ CLM: Proyecto Caño Limón, yacimiento petrolífero cerca de los límites con Venezuela.

⁵⁴ MECL: Mansarovar Energy Colombia Ltd. Consorcio que explota yacimientos petrolíferos.

Figura 19. Organigrama general de la empresa.

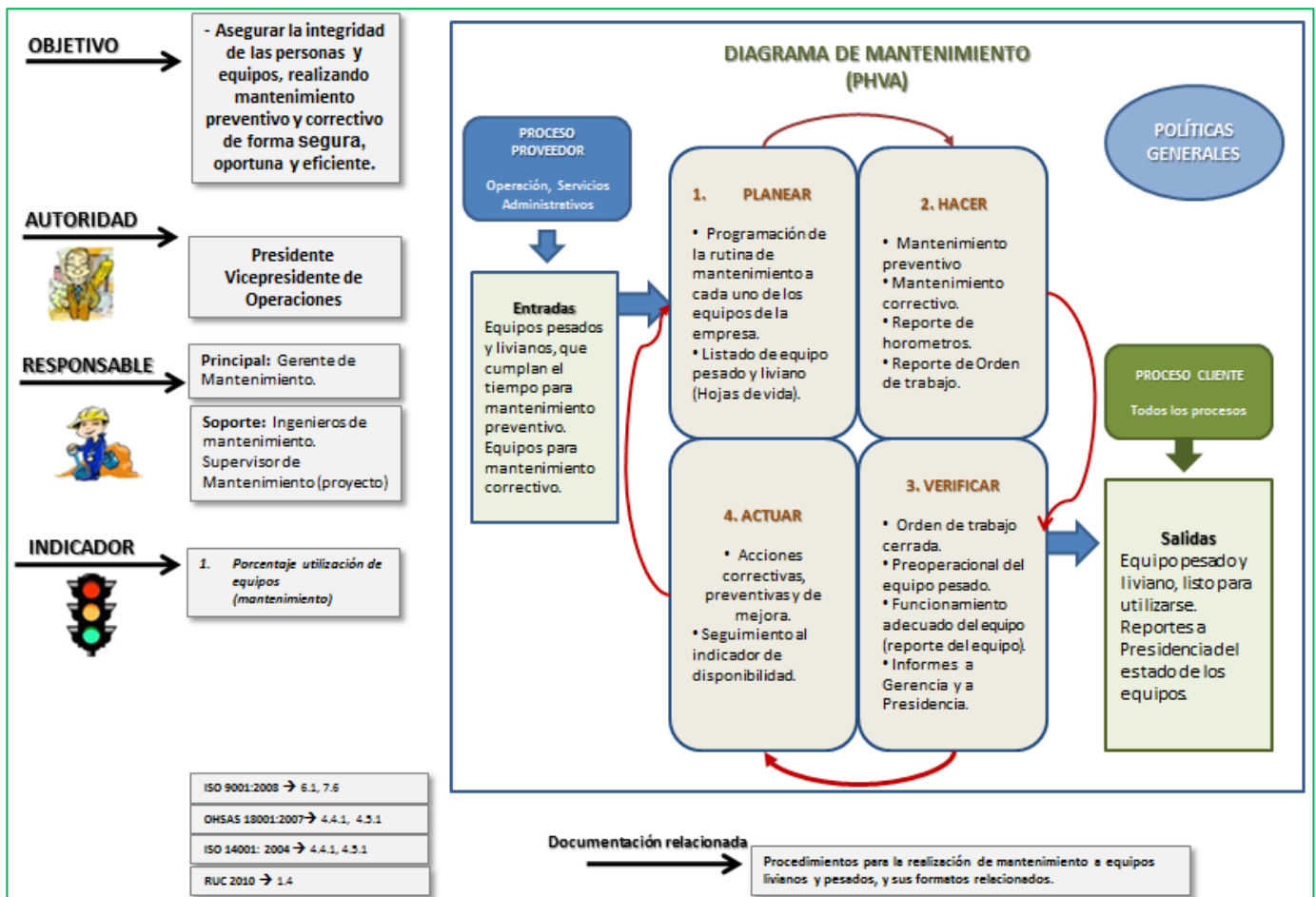


Fuente: CONSTRUVICOL S.A. Red de comunicación por internet de la empresa Construvicol SA [On Line]. Internet: (<http://www.intranet.construvicol.com>).

3.1.4.1. Ubicación del mantenimiento dentro de la empresa.

Se encuentra al mismo nivel de: Administración, Contabilidad, Control de Activos y Gestión integral resaltando su importancia. Su objetivo es asegurar la integridad de personas y equipos realizando PM y correctivos de forma segura; su indicador principal es el porcentaje de utilización de equipos.

Figura 20. Diagrama de proceso del mantenimiento de la empresa.



Fuente: CONSTRUVICOL S.A. Red de comunicación por internet de la empresa Construvicol SA [On Line]. Internet: (<http://www.intranet.construvicol.com>).

El Gerente de Mantenimiento cuenta con Ingenieros, Supervisores y personal de apoyo en cada Proyecto. Además, la empresa renueva continuamente su equipo pesado y vehículos y tiene infraestructura y logística propia para el mantenimiento de equipo y vehículos con sistema de control y seguimiento.

3.1.5. Maquinaria y equipos.

La empresa cuenta con una flota de maquinarias (buldóceres, retro-excavadoras, cargadores, motoniveladoras, compactadoras) y vehículos (volquetas, tracto-camiones, vehículos de carga y transporte y de apoyo) de varias marcas que suman cerca de 800 equipos.

3.1.6. Experiencia de la empresa.

Desde 1995 cuenta con experiencia en los campos de explotación en minas (cielo abierto), mantenimiento/construcción de vías rurales y privadas, movimiento de tierras, construcción de obras civiles para explotación petrolera, operación y administración de rellenos sanitarios y administración, control y ejecución de Concesiones Viales.

Como referencia de la calidad de los servicios y trabajos prestados se destacan entre otros los siguientes clientes satisfechos expuestos en la Tabla 2 de la página siguiente.

Tabla 2. Listado de algunos clientes que ha tenido la empresa.

OCCIDENTAL DE COLOMBIA	OCCIDENTAL ANDINA LLC	FENOCO S.A
PRODECO S.A	DRUMMOND LTDA	MANSAROVAR
FERROATALNTICO	EMAP S.A E.S.P	CMU S.A
VOTORANTIM SIDERRUGIA PAZ DEL RIO	ALCALDIA DE CABRERA	MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA DEPARTAMENTO DE SANTANDER
REDIBA S.A E.S.P	ECOPETROL S.A	MUNICIPIO DE SAN VICENTE
CARI CARE (ARAUCA)	INDEPENDENCE DRILLING S.A	GRUPO ICT II SAS
MUNICIPIO DE GUAVATA	HOLCIM	
SRC INGENIEROS CIVILES S.A	CONALVIAS	

Fuente: CONSTRUVICOL S.A. Página web pública de la empresa Construvicol SA [On Line]. Página de inicio. Internet: (<http://www.construvicol.com>).

3.1.7. Generalidades sobre la flota de volquetas Kodiak.

La empresa tiene en total 94 volquetas: 32 sencillas (un solo eje o troque trasero, modelo 2009) y 62 doble-troques (modelos 2006 a 2009). Las sencillas tienen capacidad de carga aproximada de 11 toneladas y cerca de 7 metros cúbicos (m³); las doble-troque pueden transportar cerca de 22 toneladas y entre 13 m³ a 16 m³.

Todas las volquetas usan motores marca CATERPILLAR modelo 3126E.⁵⁵

En la página siguiente se ilustran dos ejemplos de las volquetas de la empresa.

⁵⁵ GENERAL MOTORS COLMOTORES. Manual del Conductor: CHEVROLET KODIAK. Impreso en Santafé de Bogotá, Derechos Reservados, 2005. p. 45.

Figura 21. Volquetas sencilla y doble-troque de la empresa.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

3.2. GENERALIDADES SOBRE LOS MOTORES CAT 3126E

Son motores Diesel para servicio mediano; poseen post-enfriamiento aire-aire, inyección directa de combustible, ciclo de cuatro tiempos y 6 cilindros en línea.

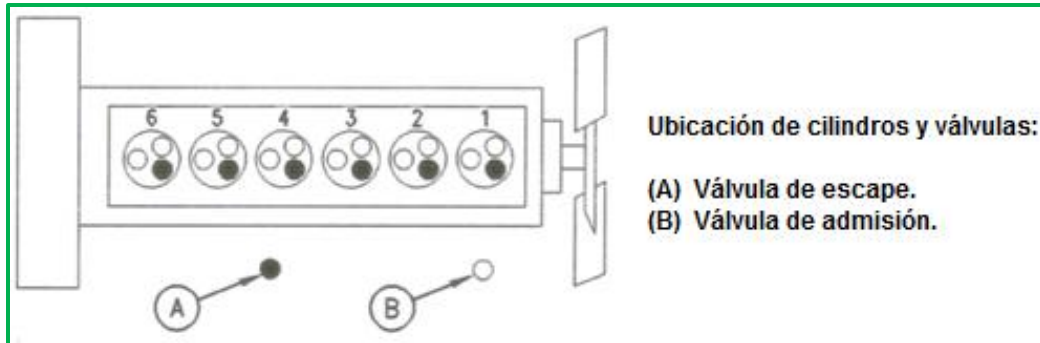
Figura 22. Motor CAT 3126E.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

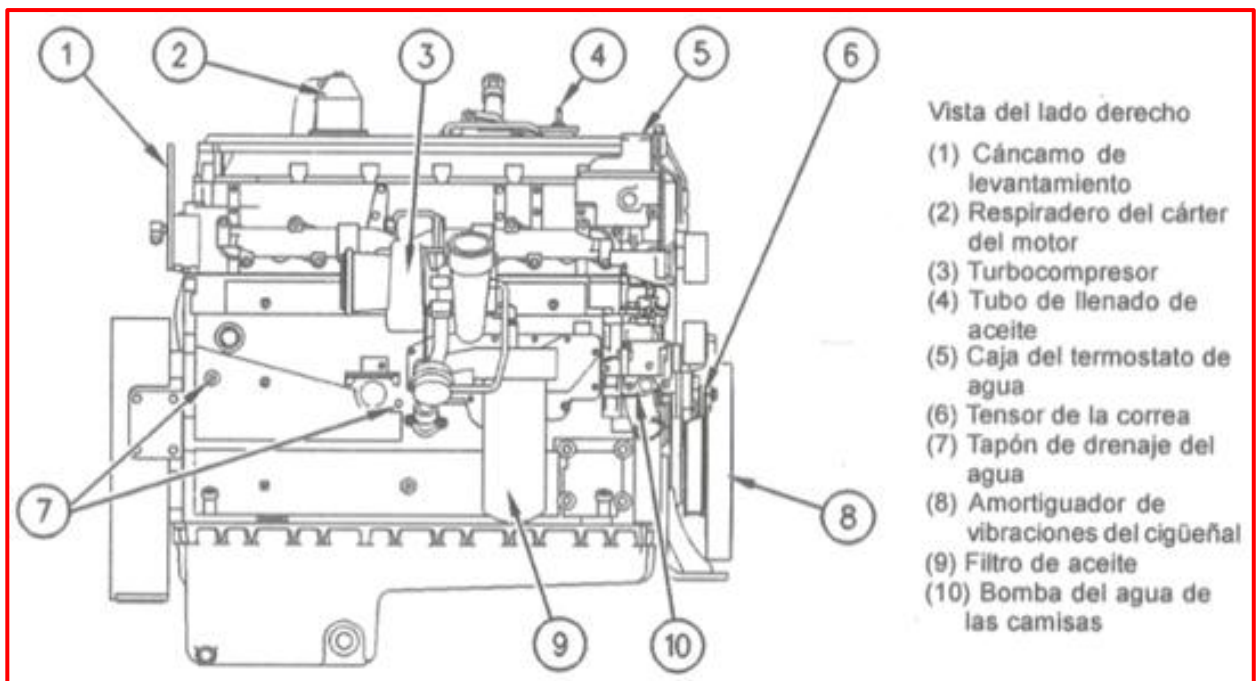
Para determinar lados derecho/izquierdo del motor, se debe mirar desde la cabina (detrás de él); el extremo delantero es el del ventilador.

Figura 23. Ubicación de Cilindros y Válvulas del Motor.



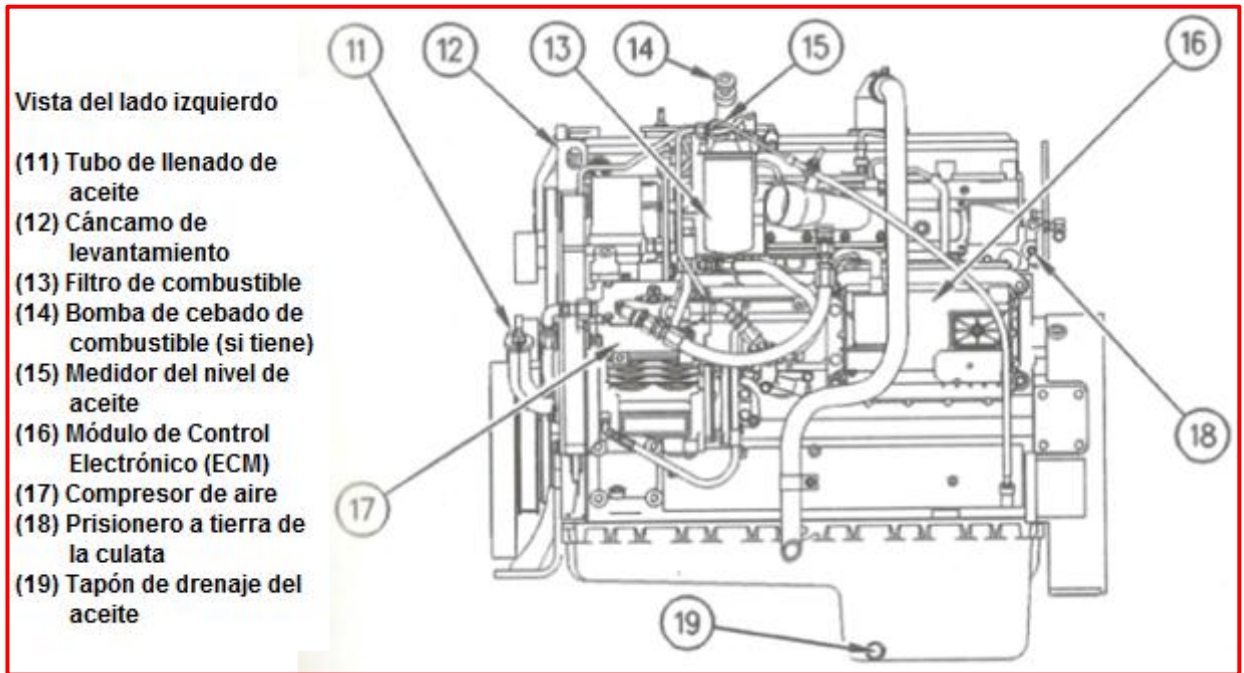
Fuente: CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 30.

Figura 24. Vista del lado derecho del motor.



Fuente: CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 28.

Figura 25. Vista del lado izquierdo del motor.



Fuente: CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 29.

3.2.1. Especificaciones y características del motor CAT 3126E.

Los motores Caterpillar 3126E han sido diseñados para usar controles electrónicos; la computadora integral a bordo controla la operación del motor. Se vigilan las condiciones actuales de operación y el Módulo de Control electrónico (ECM) controla las respuestas del motor a estas condiciones y a las demandadas por el operador; estas dos condiciones determinan el control preciso de la inyección de combustible por el ECM. El sistema de control electrónico del motor proporciona las características siguientes:

- Regulador de velocidad del motor.
- Control automático de la relación aire-combustible.
- Conformación de la reserva de par.
- Control de sincronización de la inyección.

- Funciones de diagnóstico del sistema.

Las siguientes características programables se incluyen en el control electrónico:

- Control de velocidad de cruceo.
- Regulación de la toma de fuerza.
- Limitador de velocidad de desplazamiento.
- Parada en vacío.
- Control de la operación de freno de compresión.

La siguiente tabla resume algunas de sus especificaciones básicas.

Tabla 3. Especificaciones básicas del Motor 3126E.

Especificaciones de los Motores de Camión 3126B y 3126E	
Configuración y cilindros	6 cilindros en línea
Calibre	110 mm (4,3 pulg)
Carrera	127 mm (5,0 pulg)
Aspiración	ATAAC ⁽¹⁾
Cilindrada	7,2 L (440 pulg ³)
Orden de encendido	1-5-3-6-2-4
Rotación (extremo del volante)	Hacia la izquierda
Juego de las válvulas (admisión)	0,38 mm (0,015 pulg)
Juego de las válvulas (escape)	0,64 mm (0,025 pulg)
⁽¹⁾ Posenfriamiento de aire a aire	

Fuente: CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 31.

Estos motores pueden producir potencias nominales entre 190 HP (142 KW) a 207 HP (154 KW), pueden detectar alteraciones, tienen capacidad de arranque en frío, pueden hacer diagnósticos y enlace de datos (ATA) (SAE J1587)⁵⁶.

Utilizan inyectores HEUI⁵⁷ que bombean, dosifican y sincronizan combustible controlados por ECM y datos de posición del árbol de levas, rpm y señales de sensores de velocidad/sincronización y presión de aire de admisión. La eficiencia y rendimiento del motor dependen de las recomendaciones de operación y mantenimiento acatadas, calidad de combustible, refrigerantes y aceites.⁵⁸

En la figura de la página siguiente, se aprecian datos obtenidos de la prueba standard 0K-2220 de desempeño (realizada por Caterpillar) a un motor 3126E⁵⁹ en Marzo de 2008 donde se compara su comportamiento con el acelerador a fondo y al tope máximo contra los datos nominales; resaltan entre otros los siguientes datos reales de la prueba:

- Rangos de potencia entre 204 y 209 HP.
- Velocidad a carga plena de 2290 a 2310 RPM y en ralentí de 690 a 710 RPM.
- Temperatura de inyección de combustible de 77 a 95°F.
- Presión de combustible de 22 a 102 PSI.
- Rata de consumo de combustible corregida de 10.2 a 11.2 GAL/HORA.
- Torque de 504 a 536 LB-FT (a 1430 y 1450 RPM respectivamente).
- Presión de aceite entre 26.1 y 87.0 PSI y para ralentí entre 14.5 y 58.0 PSI.
- Presión de aire de admisión de 13 a 15 PSI.
- Temperatura de aire de admisión de 50 a 122°F.

⁵⁶ J1587: Protocolo de diagnóstico SAE (Society of Automotive Engineers) para vehículos de trabajo mediano y pesado construidos después de 1985. ATA: American Truck Association.

⁵⁷ HEUI: Inyectores Unitarios Electrónicos activados Hidráulicamente.

⁵⁸ CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 28-32.

⁵⁹ Los datos obtenidos corresponden a motores empleados en camiones de carga, buses o volquetas. Para camiones de atención de emergencias (bomberos, ambulancias, etc.) Caterpillar modifica los motores para obtener potencias entre 275 y 330 HP.

Figura 26. Datos de prueba de desempeño motor CAT 3126E.

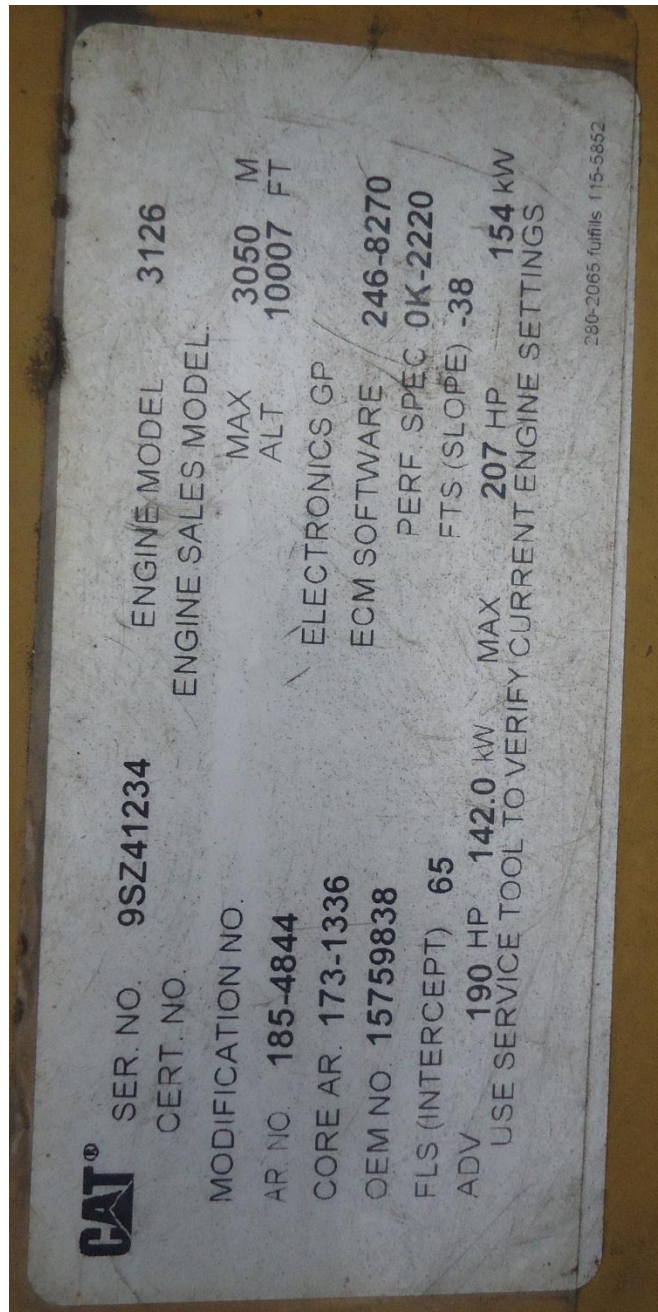
Test Specification Data			
Description	Nominal	Ceiling	Floor
Corr Full Load Power	207 HP	209 HP	204 HP
Full Load Speed	2300 RPM	2310 RPM	2290 RPM
High Idle Speed	2640 RPM	2650 RPM	2630 RPM
Low Idle Speed	700 RPM	710 RPM	690 RPM
Governor Setting Speed	2382 RPM	2382 RPM	2381 RPM
FL Static Fuel Setting	0.400 IN		
FT Static Fuel Setting	0.417 IN		
FLS (Intercept)	50		
FTS (Slope)	-26		
Adjusted Boost	25.4 PSI	29.2 PSI	21.6 PSI
Adj Boost at TC RPM	13.8 PSI	15.9 PSI	11.7 PSI
Power Loss/cyl	26.8% C FL PWR	34.9% C FL PWR	13.4% C FL PWR
Inlet Fuel Pressure		7 PSI	0 PSI
Inlet Fuel Temp	86 DEG F	95 DEG F	77 DEG F
Fuel Pressure	78 PSI	102 PSI	22 PSI
Fuel Density		36 DEG API	34 DEG API
Boost Constant	1		
Governor Setting Constant	0		
Gov Setting Torq	0% RTD TRQ	0% RTD TRQ	0% RTD TRQ
Corrected Fuel Rate	10.7 GAL/HR	11.2 GAL/HR	10.2 GAL/HR
CSFC	0.375 LB/HP-HR	0.396 LB/HP-HR	0.352 LB/HP-HR
Torque Check Speed	1440 RPM	1450 RPM	1430 RPM
Corr Torq Rise AT TC RPM	9.2%	0%	0%
Corr Torq AT TC RPM	520 LB/FT	536 LB/FT	504 LB/FT
C Fuel Rate At TC RPM	6.9 GAL/HR	7.3 GAL/HR	6.6 GAL/HR
CSFC AT TC RPM	0.350 LB/HP-HR	0.373 LB/HP-HR	0.327 LB/HP-HR
Temp Jacket Water Pump Inlet	192 DEG F	198 DEG F	187 DEG F
Delta T Jacket Water(Out-In)	11 DEG F	20 DEG F	2 DEG F
Temp Engine Water Outlet	0	0	0
Inlet Manifold Temp	109 DEG F	120 DEG F	99 DEG F
Water Temp To SCAC	32 DEG F	32 DEG F	32 DEG F
SCAC Water Flow	0 GAL/min	0 GAL/min	0 GAL/min
Oil Pressure	45.0 PSI	87.0 PSI	26.1 PSI
Oil Pressure Low Idle	18.1 PSI	58.0 PSI	14.5 PSI
Inlet Air Pressure		15 PSI	13 PSI
Inlet Air Restriction		0.58 PSI	0.00 PSI
Inlet Air Temperature		122 DEG F	50 DEG F

Fuente: CATERPILLAR. Página de consulta interactiva para equipos CATERPILLAR [On Line]. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa CONSTRUVICOL SA. Internet: (<http://www.sis.cat.com>).

3.2.2. Identificación del motor CAT 3126E.

Las gráficas siguientes ilustran las placas de identificación del motor.

Figura 27. Placa de identificación del motor CAT 3126E.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

Figura 28. Placa de identificación del motor.



9SZ41234

ADR 80-00 / EXPORT ONLY

IMPORTANT ENGINE INFORMATION			
ENGINE MODEL: 3126	DISPLACEMENT: 7.2 L	VALVE LASH: 0.38 mm	INTAKE 0.64 mm EXHAUST
MAXIMUM ADVERTISED kW (HP): 246 (330)	MAXIMUM RATED SPEED (RPM): 2400	MAXIMUM LOW IDLE SPEED (RPM): 800	FUEL RATE @ MAX KW (mm ³ /STROKE): 157
ENGINE FAMILY: 2CPXH0442HRK	MAXIMUM INITIAL TIMING DEGREES BTDC: ELECTRONIC	EXHAUST EMISSION CONTROL SYSTEM: EM,DI,TC,ECM,CAC	

ENGINE NOT FOR SALE IN THE UNITED STATES

THIS ENGINE CONFORMS TO AUSTRALIAN DESIGN RULE 80-00 AND HAS BEEN TESTED IN ACCORDANCE WITH THE PROVISIONS OF 40 CFR 86, AND MEETS THE U.S. EPA STANDARDS SPECIFIED FOR MODEL YEAR 2002. THIS ENGINE HAS A PRIMARY INTENDED SERVICE APPLICATION AS A MEDIUM HEAVY-DUTY ENGINE AND IS CERTIFIED TO OPERATE ON DIESEL FUEL.

DATE OF MANUFACTURE 03 - 2008

Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

3.2.3. Medidores e Indicadores del Motor CAT 3126E.

Los medidores dan indicaciones del rendimiento del motor; se debe verificar que estén funcionando adecuadamente y se debe determinar su rango de operación normal como parámetro de referencia observándolos durante cierto tiempo. Las variaciones en las lecturas pueden ser por problemas del motor o del medidor; algunos motores incorporan luces (testigos)⁶⁰ en la cabina que pueden ser de color amarillo (para “diagnóstico”) o rojos (para “advertencias” de mal funcionamiento del motor)⁶¹.

Figura 29. Ejemplo de testigos de diagnóstico y advertencia en cabina.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

3.2.4.1. Indicadores de Presión de aceite y Temperatura de refrigerante del Motor.

La presión típica del aceite motor (SAE 10W30 o SAE 15W40) a velocidad nominal es de 235 a 395 KPa (30 a 60 PSI). A velocidad baja en vacío es normal menos presión de aceite. El testigo se enciende por debajo de 35 KPa (5 PSI) a velocidad (RPM) baja en vacío. El código se registrará en el ECM. Una temperatura de aceite del motor más alta de lo normal indica recalentamiento en sistema de lubricación y/o de enfriamiento.

⁶⁰ Las luces o testigos incorporados en cabina varían según el fabricante del vehículo.

⁶¹ Ejemplos de Advertencias: presión baja aceite, temperatura alta refrigerante, etc.

Si no se corrige la falla, puede generar daño en las culatas, camisas de cilindros, pistones y cojinetes de bancada.

Figura 30. Indicadores de presión de aceite y temperatura de refrigerante del motor.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

La gama típica de temperatura del refrigerante del motor es de 88 a 102°C (190 a 215°F) y la máxima permisible en el sistema de enfriamiento es de 105°C (220°F); lo importante es no exceder el punto de ebullición del sistema de presión.

Si se excede el rango normal y se hace visible vapor, se recomienda reducir carga y RPM, corregir posibles fugas y determinar si el motor debe pararse o no.⁶²

3.2.4.2. Tacómetro y Horómetro del Motor.

El tacómetro indica la velocidad del motor (en RPM). Cuando el acelerador se pone en posición de plena aceleración sin carga, el motor está a velocidad alta en vacío; si el acelerador está en posición de plena aceleración con la carga nominal

⁶² CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 50.

máxima el motor está a RPM de plena carga. Estas velocidades están estampadas en la placa de información del motor.

Figura 31. Tacómetro (RPM) y horómetro del motor.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

El Horómetro indica horas de operación del motor y éstas quedan registradas en el ECM; se requiere una herramienta de servicio CAT para recuperar las horas del ECM. En algunos motores viene incluido un Horómetro de servicio o el usuario del vehículo lo instala (como el ilustrado en la figura 31).⁶³

3.2.4.3. Amperímetro.

Indica el estado del circuito de carga de la batería; el indicador debe estar en el lado derecho del cero, es decir, con carga.⁶⁴

En la página siguiente se aprecia el amperímetro con que cuentan las volquetas en la cabina del operario. Indica estado de carga de cero a 9 Amperios.

⁶³ CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 51.

⁶⁴ *Ibíd.*

Figura 32. Amperímetro del motor.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

3.2.4.4. Indicadores de Presión y Nivel de Combustible.

El primer medidor indica presión de combustible que llega a los inyectores; debe estar indicando gama “normal”. La disminución de presión puede deberse a taponamiento del filtro de combustible. El segundo, indica el nivel de combustible en el tanque de combustible. El medidor sólo registra nivel con el interruptor de encendido “ON”.⁶⁵

Figura 33. Indicador de nivel de combustible.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

Las volquetas de la empresa no tienen instalados en cabina indicadores de presión de combustible, solamente de nivel.

⁶⁵ CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 51.

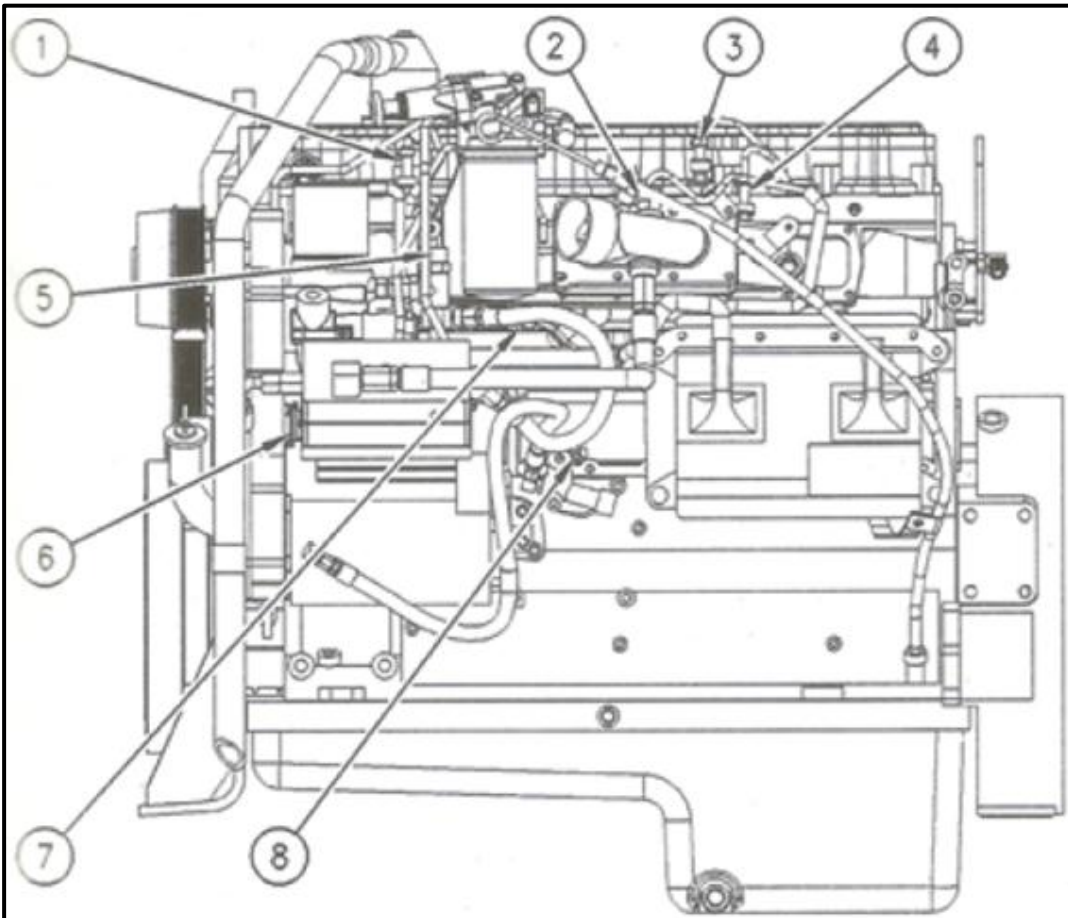
3.2.4. Sensores del Motor CAT 3126E.

Una avería de los sensores puede deberse a que la salida del sensor está abierta o tiene corto-circuito con “(-) o (+) Batería” o que la lectura medida está fuera de la gama de especificaciones.

Los sensores más comunes de éstos motores son:

- **De presión atmosférica.** La miden en el cárter enviando señal al ECM. Su rango de trabajo es de 0 - 116 KPa (0 – 16.8 Psi).
- **De presión de refuerzo.** Envía señal al ECM de presión de salida del turbo-compresor; esta señal junto con las RPM del motor controlan la relación aire/combustible. Al fallar, ECM acciona el testigo, desactiva estrategias para el refuerzo y la potencia del motor se ve disminuida severamente. Esta clase de problema no causa parada del motor.
- **De temperatura del refrigerante.** ECM manifiesta el incremento de la misma a través de relé o testigo; este sensor se emplea para arranque en frío. Su rango de activación por alta temperatura es 103°C – 106°C (217°F – 229°F). ECM detecta falla del sensor, emite un testigo al operario y desactiva las estrategias de arranque en frío. El daño de este sensor no causa parada del motor ni pérdidas de potencia.
- **De presión del aceite del motor.** Mide la presión en un conducto de aceite principal, es un sensor de diagnóstico y envía señal a ECM; su gama de presiones es de 0 – 690 KPa (0 – 100 Psi). Cuando se baja la presión, la falla estará activa y se registra si el motor ha funcionado durante 15 segundos. El punto de ajuste dependerá de RPM. Cuando se daña, ECM envía señal a usuario y deshabilita estrategias alusivas a presión de aceite del motor; el daño del sensor no causa parada del motor ni pérdidas de potencia.

Figura 34. Ubicación de los sensores del motor (lado izquierdo).



Vista Lateral Izquierda:

- (1) Sensor de presión de accionamiento de la inyección.**
- (2) Sensor de Temperatura del aire de admisión.**
- (3) Sensor de Presión atmosférica.**
- (4) Sensor de Presión de Refuerzo.**
- (5) Sensor de Temperatura del aceite del motor.**
- (6) Sensor de velocidad de sincronización del motor.**
- (7) Sensor de Temperatura del Refrigerante.**
- (8) Sensor de Presión de aceite del motor.**

Fuente: CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 57.

- **De temperatura del aceite del motor.** ECM usa la señal para ajustar sincronización y presión de inyección de combustible; su gama es de -40°C a 120°C (-40°F a 258°F).
- **De velocidad/sincronización del motor.** Si ECM no recibe lectura del sensor primario, se encenderá luz de diagnóstico al usuario, la falla queda grabada en memoria del ECM y toma lectura del sensor secundario. Si cualquiera de los dos falla, se debe cambiar para evitar el comportamiento errático del control del motor.
- **De presión de accionamiento de inyección.** Proporciona señal al ECM y éste modifica la válvula de control de presión respectiva en concordancia con otros parámetros del motor.
- **De temperatura del aire de admisión.** Envía señal al ECM para iniciar arranque en frío; su rango es -40°C a 120°C (- 40°F a 258°F).
- **Primario y secundario de nivel de combustible.** Son dados por el fabricante del equipo y ubicados en tanque de combustible; estos sensores se ofrecen solo en aplicaciones específicas.
- **De posición del acelerador (TPS).** Envía señal al ECM para regular RPM; se calibra durante instalación inicial del motor. Cuando se avería (intermitente) causa irregularidades en RPM, ECM detecta la avería, advierte al operador (luz de diagnóstico) y fija RPM deseada del motor a baja en vacío.⁶⁶

⁶⁶ CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 56-62.

3.2.5. Diagnóstico motores CAT 3126E.

El motor tiene funciones de auto-diagnóstico incorporadas para asegurar que todos los componentes funcionen correctamente. Si hay una desviación de los límites programados, el operador será alertado sobre la condición mediante una luz de “diagnóstico” montada en el tablero de instrumentos por parte del fabricante del vehículo.

Bajo ciertas condiciones, se puede limitar la potencia (HP) del motor y la velocidad de desplazamiento; una herramienta electrónica de servicio Caterpillar o los conmutadores de velocidad de cruce del vehículo (estas volquetas no los tienen) se pueden usar para mostrar el código de diagnóstico.

Figura 35. ECM volquetas Kodiak.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

Hay tres códigos de diagnóstico: *activos*, *registrados* y *de sucesos*. La mayoría de los códigos de diagnóstico están registrados y almacenados en el ECM⁶⁷.

Los **códigos activos** representan problemas que existen en ese momento; estos problemas deben investigarse primero. Si un código está activo, la luz de

⁶⁷ ECM: Módulo de Control Electrónico.

diagnóstico (generalmente amarilla) se encenderá y mostrará el código de destellos con intervalos de 5 segundos. Si la luz permanece encendida después del arranque, hay un problema que ha sido detectado por el ECM. En su mayoría, estos códigos no implican reparaciones, indican un problema y ayudan a ubicarlo. Una vez resuelto, los códigos deben ser borrados.

Para identificar códigos (de dos dígitos) se cuentan destellos consecutivos para el primero y después de una pausa de dos segundos se vuelven a contar para el segundo; si hay varios códigos, se producirá una pausa más extensa para iniciar la otra secuencia. Caterpillar ofrece un listado de códigos, descripción, repercusiones en el motor y posibles correcciones.

Si la luz de diagnóstico empieza a destellar códigos durante la operación del motor, indica una situación subestándar y debe comprobarse. Solucionado el problema y solo hay un código activo, la luz de diagnóstico se apagará. La operación/rendimiento del motor pueden verse limitados como consecuencia del código activo generado (ratas de aceleración menores, por ejemplo).

Los ***códigos registrados y de sucesos*** representan problemas intermitentes, sucesos registrados anteriormente e historiales de rendimiento. Los problemas pueden haberse reparado desde que se registró el código; estos códigos no indican que sea necesario hacer una reparación, sino que son guías o indicaciones de que existe un problema y pueden ser útiles para localizarlo.

Si la luz de diagnóstico empieza a destellar códigos durante la operación del motor y luego se apaga, indica falla intermitente y ésta quedará registrada en memoria del ECM. En su mayoría, no es necesario parar el motor; sin embargo, el operario debe recuperar los códigos de falla emitidos, tener en cuenta cambios que haya

notado en el desempeño del motor (ruidos, presencia de humos, etc.) y dar aviso para identificar el suceso.⁶⁸

La tabla siguiente describe algunos de los códigos de diagnóstico guardados en el ECM. Se pueden ver los dígitos con una herramienta de servicio Caterpillar.

Tabla 4. Códigos de diagnóstico Flash.

Códigos de Diagnóstico Flash		
PID-FMI	Código Flash	Descripción del Código
1-11	72	Falla del cilindro 1
2-11	72	Falla del cilindro 2
3-11	73	Falla del cilindro 3
4-11	73	Falla del cilindro 4
5-11	74	Falla del cilindro 5
6-11	74	Falla del cilindro 6
22-13	42	Compruebe la calibración del sensor de sincronización
30-08	29	Señal del acelerador de la PTO no válida
30-13	29	Calibración del sensor del acelerador de la PTO

Fuente: CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 15.

⁶⁸ CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 33, 63-73.

3.2.6. Subcomponentes del motor CAT 3126E.

Son componentes o sistemas que cumplen una función específica para garantizar el normal funcionamiento del motor; Caterpillar ofrece una serie de recomendaciones de uso y mantenimiento para cada uno de ellos.

3.2.6.1. Sistema de arranque.

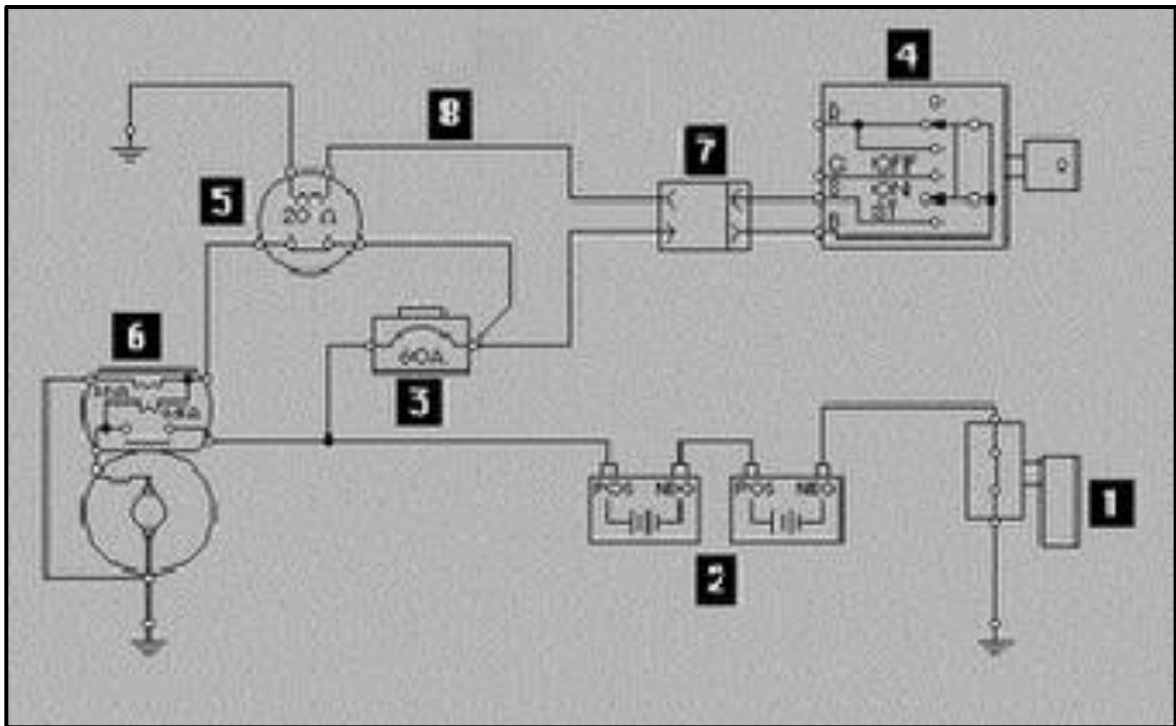
Contribuye a la puesta en marcha inicial del motor empleando energía eléctrica de las baterías; cada vez que va a dar ignición al motor, éste automáticamente realiza un chequeo previo de su estado.

Consta de los siguientes componentes:

- 1) **Interruptor de desconexión de baterías (llamado “máster”)**: permite abrir los circuitos desconectando las baterías cuando no es necesaria la energía.
- 2) **Baterías de 12 Voltios**: suministran corriente a los circuitos; se proporcionan vías eléctricas paralelas a la llave de contacto, al relé de arranque y al motor de arranque. El circuito de arranque sitúa una alta demanda en las baterías cuando hace girar el motor.⁶⁹
- 3) **Interruptor de circuito**: limita la cantidad de corriente que fluye a través de los circuitos de control del motor de arranque. Esto protege al mazo de cables y a otros componentes en caso de un cortocircuito.
- 4) **Llave de contacto**: es un interruptor manual capaz de activar dos circuitos a la vez. Cuando se gira hacia el centro o la posición de conectado (ON), el interruptor activa el circuito principal de potencia. Cuando se gira hacia el final o posición de arranque (START), el interruptor también permitirá que la corriente fluya a través de la bobina del relé de arranque.

⁶⁹ Las volquetas utilizan dos baterías de 12 voltios conectadas en paralelo para contribuir a la alta exigencia de energía del arranque. Todos los circuitos son de 12 voltios.

Figura 36. Esquema del circuito de arranque Caterpillar.



Fuente: CATERPILLAR. Curso de electricidad aplicada maquinaria Caterpillar [On Line]. Publicada por Víctor Guti. Julio 2010. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/34823457/Curso-de-Electricidad-Aplicada-maquinaria-Caterpillar>). p. 148.

- 5) **Relé de arranque:** cuando es activado por la corriente que fluye a través de la bobina de él, los contactos del relé de arranque se cierran y permiten que la corriente fluya a través de las bobinas del solenoide de arranque.
- 6) **Solenoide de arranque:** está montado en el motor de arranque. Juntos conforman el conjunto de arranque. Primeramente, el solenoide conecta el engranaje del piñón de arranque con el volante del motor y entonces permite que la corriente fluya a través del motor de arranque para hacer girar el motor. El motor de arranque que es un potente motor eléctrico cuya única función es hacer girar el motor. Requiere de alta corriente para poder desarrollar la

potencia necesaria que lleve al motor a la velocidad de encendido. El motor comparte una conexión a tierra con el solenoide de arranque.

- 7) **Conector (relé):** cierra el circuito entre la llave de contacto en la cabina del operador, y el relé de arranque junto con el disyuntor en el compartimiento del motor. Los conectores se usan normalmente entre la cabina y el motor para facilitar su ensamblaje en la fábrica así como su mantenimiento en el terreno.

Figura 37. Batería, motor y relé de arranque CAT.



Fuente: CATERPILLAR. Curso de electricidad aplicada maquinaria Caterpillar [On Line]. Publicada por Víctor Guti. Julio 2010. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/34823457/Curso-de-Electricidad-Aplicada-maquinaria-Caterpillar>). p. 66, 151.

- 8) **Mazos de cables:** trazan la vía de la electricidad y la conducen a los componentes del circuito.

El **funcionamiento normal del circuito de arranque** se explica así:

- Con la llave de contacto en la posición OFF, no puede fluir corriente alguna en el circuito; cuando está en la posición ON, proporciona energía al resto de los sistemas eléctricos de la máquina, pero ello no hace que el motor arranque.

- El arranque se produce cuando la llave de contacto se coloca en la posición START. Primero, la corriente fluye desde las baterías a través de la bobina del relé de arranque y regresa a las baterías.
- La corriente que pasa a través de la bobina del relé de arranque produce un campo magnético que atrae al inducido del relé, cerrando los contactos del relé. La corriente puede fluir entonces desde las baterías a través de las bobinas del solenoide de arranque y regresar a las baterías.
- En el momento en que se cierra el relé de arranque, ambas bobinas reciben voltaje. En ese instante fluyen cerca de 46 amperios a través de las bobinas del solenoide de arranque. Unos 6 amperios fluyen a través de la bobina de retención de corriente directamente a tierra. Cerca de 40 amperios fluyen a tierra a través de la bobina tomacorriente a través del enrollado del motor de arranque.
- Estas corrientes producen un campo magnético alrededor del solenoide de arranque, el que mueve al piñón de arranque para engancharse al volante del motor y al mismo tiempo cierra los contactos del solenoide de arranque.
- Esto conecta directamente al motor de arranque a las baterías y al voltaje en ambos extremos de la bobina tomacorriente. La corriente continua fluyendo a través de la bobina de retención de corriente para conservar el campo magnético y mantener los contactos cerrados durante el giro.
- A partir de este momento la corriente puede fluir a través del motor de arranque desde las baterías, y comienza el giro del motor. El giro continuará hasta que se corta la energía al conjunto del motor de arranque al colocar el interruptor de arranque en la posición ON.
- A través de esta secuencia de acción, este circuito de arranque permite que fluya a través de la llave de contacto, una corriente de cerca de 1 amperio para

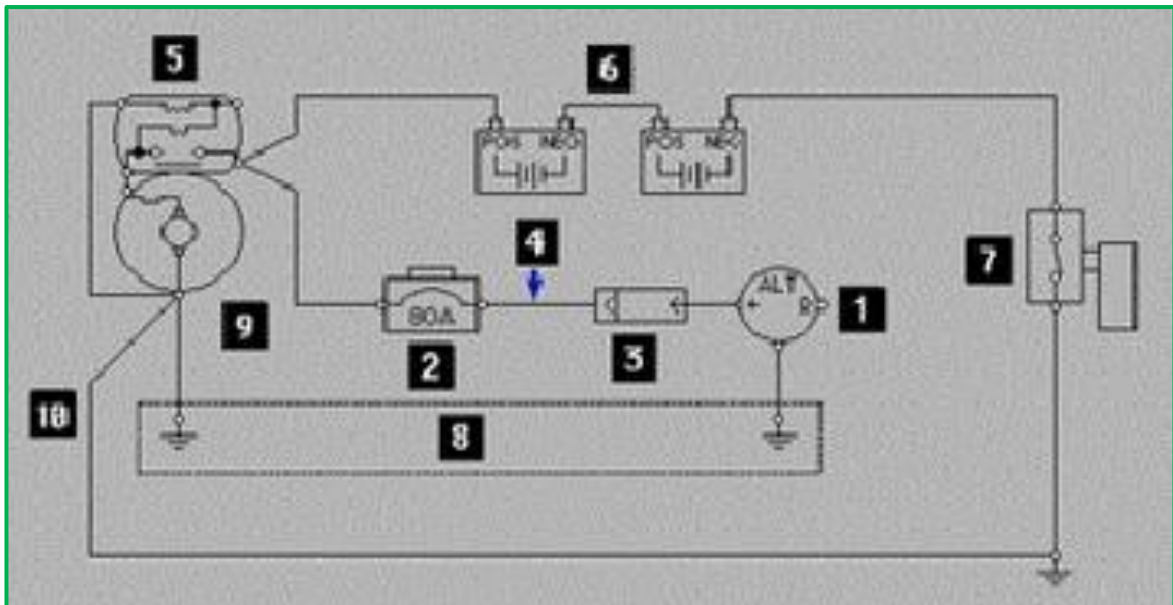
controlar una corriente de giro de 400 a 1200 amperios a través del motor de arranque.⁷⁰

3.2.6.2. Sistema o circuito de carga eléctrica.

El sistema de carga tiene dos funciones: recargar las baterías que se usan para hacer girar el motor y suministrar corriente a todos los sistemas eléctricos durante el funcionamiento de la máquina.

El sistema de carga incluye los siguientes componentes:

Figura 38. Esquema del circuito de carga CAT.



Fuente: CATERPILLAR. Curso de electricidad aplicada maquinaria Caterpillar [On Line]. Publicada por Víctor Guti. Julio 2010. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/34823457/Curso-de-Electricidad-Aplicada-maquinaria-Caterpillar>). p. 174.

⁷⁰ CATERPILLAR. Curso de electricidad aplicada maquinaria Caterpillar [On Line]. Publicada por Víctor Guti. Julio 2010. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/34823457/Curso-de-Electricidad-Aplicada-maquinaria-Caterpillar>). p. 148-149, 153.

- 1) **Alternador:** proporciona suficiente corriente para todas las cargas continuas durante el funcionamiento de la máquina y proporciona corriente de carga a las baterías; el alternador auto-limita la corriente. El regulador de voltaje integral establece el nivel de voltaje de carga del sistema eléctrico.
- 2) **Interruptor del alternador:** protege a las baterías de la extracción excesiva de corriente en caso de un cortocircuito a tierra dentro del alternador o entre el interruptor del alternador y el alternador.
- 3) **Conector (relé):** desconecta al alternador del resto del circuito, bien sea para localizar una avería o para reemplazar el alternador.
- 4) **Mazos de cables y cables:** distribuyen energía a través de todo el circuito.

Figura 39. Alternador, cables y mazo de cables CAT.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

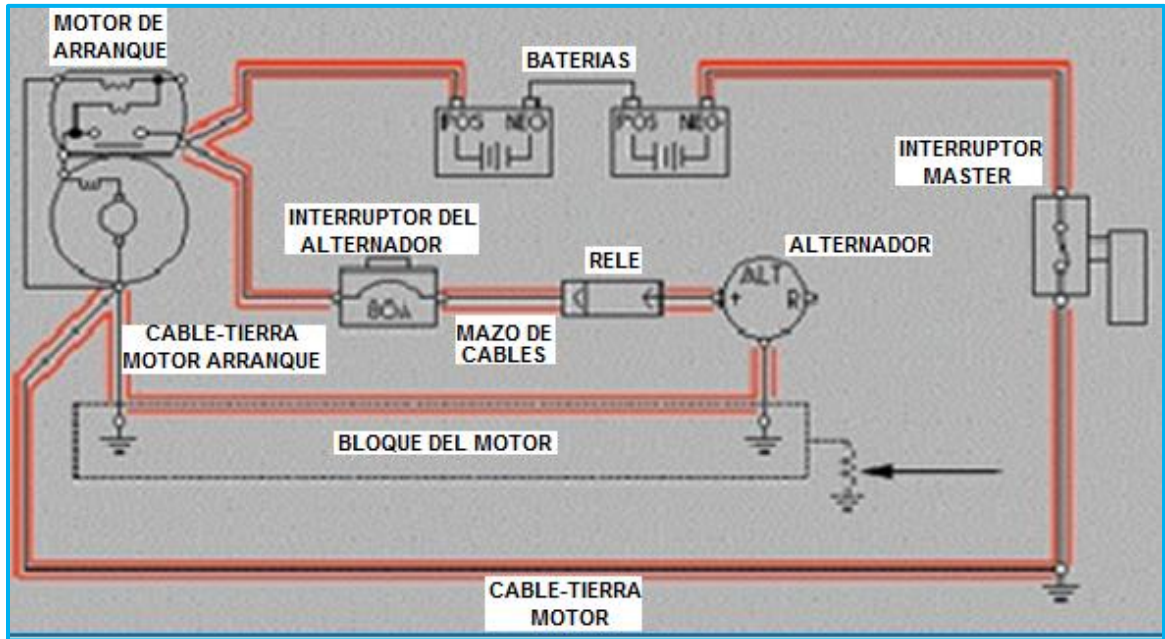
- 5) **Conjunto del motor de arranque:** aunque es parte de un sistema diferente, provee al sistema de carga con importantes conexiones de las baterías.
- 6) **Baterías de 12 voltios (2 unidades):** proporcionan energía para hacer girar al motor de la máquina.

- 7) **Interruptor máster:** desconecta del terminal negativo de la batería a todos los circuitos eléctricos, incluyendo el circuito de carga. Cuando el interruptor está en la posición OFF, el alternador no puede cargar las baterías y estas no pueden ser descargadas por una carga eléctrica involuntaria o una falla en el circuito de la máquina.
- 8) **Bloque del motor:** sirve de tierra para el alternador y a veces para otros circuitos del motor. El bloque del motor está normalmente conectado al borne a tierra del motor de arranque a través del cable a tierra del motor, lo cual completa la vía a tierra de retorno del alternador hacia la tierra del bastidor de la máquina y el borne negativo de la batería.
- 9) **Cable a tierra del motor:** es una parte esencial del circuito de carga. Si se quita, el alternador puede aún funcionar, pero la vía a tierra de carga se produciría entonces a través de los cojinetes principales del motor y a través de la transmisión y otros engranajes al bastidor de la máquina.
- 10) **Cable a tierra del motor de arranque:** conecta el borne a tierra del motor de arranque (y el bloque del motor) con la tierra del bastidor de la máquina.

El **funcionamiento normal del circuito de carga** se explica así:

- Los componentes del circuito de carga están conectados en serie. Aunque no sea evidente, existe una vía adicional de retorno a tierra en paralelo para la corriente de carga a través de los cojinetes principales del motor; es importante conocer esta vía para poder localizar algunas fallas.
- Cuando el motor no está funcionando no fluye ninguna corriente por el circuito de carga.
- Cuando se arranca la máquina, las baterías suministran la corriente para poner en marcha el motor.
- Una vez que arranca el motor y comienza a funcionar el alternador, la corriente de carga fluye a través de las baterías en dirección opuesta a la corriente suministrada por las baterías durante la puesta en marcha del motor.

Figura 40. Esquema de funcionamiento del circuito de carga CAT.



Fuente: CATERPILLAR. Curso de electricidad aplicada maquinaria Caterpillar [On Line]. Publicada por Víctor Guti. Julio 2010. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/34823457/Curso-de-Electricidad-Aplicada-maquinaria-Caterpillar>). p. 180.

- Ahora es el alternador, y no las baterías, el que suministra la corriente que necesita el sistema. La corriente fluye del alternador para cargar las baterías y para suministrar la corriente a todos los demás sistemas eléctricos de la máquina que la necesitan.⁷¹

⁷¹ CATERPILLAR. Curso de electricidad aplicada maquinaria Caterpillar [On Line]. Publicada por Víctor Guti. Julio 2010. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/34823457/Curso-de-Electricidad-Aplicada-maquinaria-Caterpillar>). p. 173-180.

3.2.6.3. Sistema de inyección de combustible.

El motor tiene sistema de inyección directa HEUI⁷² el cual trabaja controlado electrónicamente y actuado hidráulicamente. El sistema HEUI elimina componentes mecánicos tales como bomba inyectora y líneas de combustible. Este sistema también aumenta el control del tiempo de inyección y la relación aire-combustible. El control del tiempo de avance es logrado exactamente por unidad inyectora. Este sistema (HEUI) aprovecha la variación de la fuerza hidráulica que ofrece un pistón situado en sus inyectores que le permite controlar presiones desde 65 a 23500 PSI con solo variar la presión de entrada en los mismos; estas altas presiones en la inyección, están disponibles desde el ralentí hasta las altas velocidades del motor, lo que redundará en mejoras de economía de combustible, desempeño y capacidad de emisiones.

Sus principales componentes son:

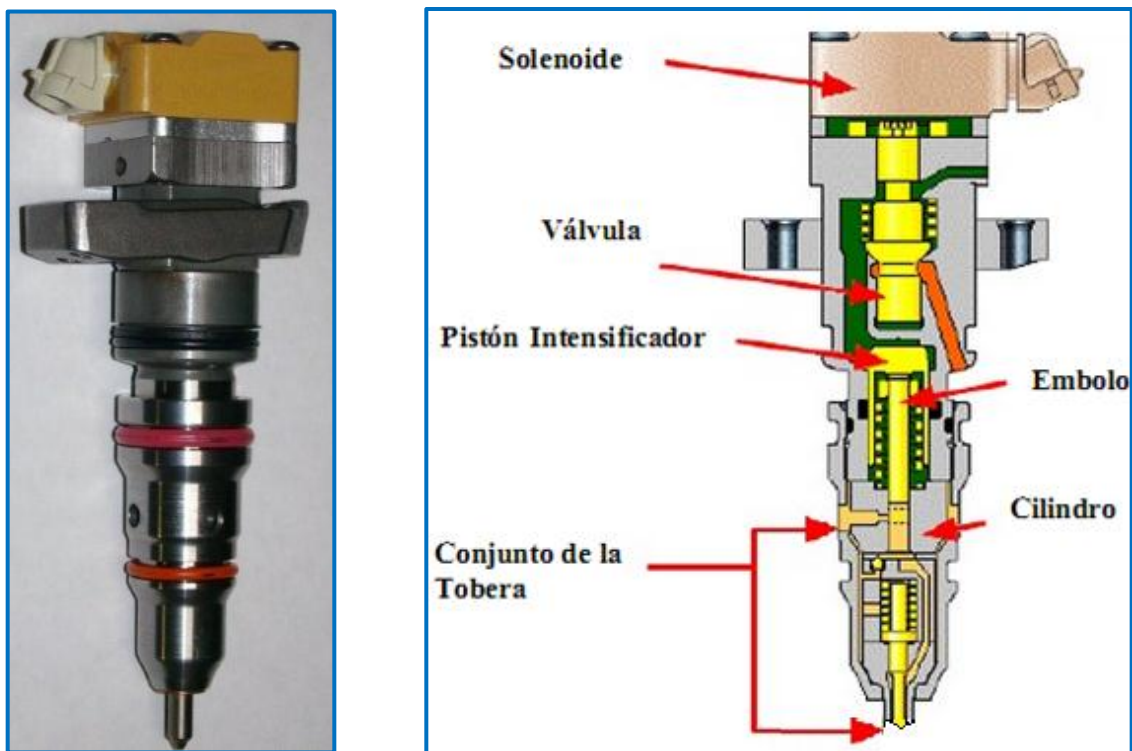
- 1) **Inyectores HEUI:** el inyector utiliza la energía hidráulica de un aceite presurizado para causar la inyección; la presión del aceite de entrada controla la velocidad del pistón elevador y el movimiento del émbolo y así, la rata de inyección. La cantidad de combustible inyectado es determinado por la duración del pulso eléctrico enviado por el ECM y que tanto energiza éste al solenoide del inyector.

Sus principales componentes son: **solenoide** que es un actuador rápido electromagnético cuya función es la de tirar la cabeza de la válvula una vez energizado; **válvula** está sujeta a su asiento por un resorte, en esa posición el aceite que entra a alta presión es bloqueado y la cavidad del pistón elevador está en drenaje, cuando se energiza el solenoide la válvula se mueve de su asiento deteniendo el drenaje del elevador y permitiendo la entrada de aceite a alta presión; **pistón elevador y émbolo** cuando el aceite a alta presión entra, actúa sobre el pistón elevador y empuja el émbolo, el elevador es seis veces

⁷² HEUI: Unidad Inyectora Hidráulica controlada Electrónicamente.

mayor en área que el émbolo (lo que genera 6 veces más fuerza) en la cavidad del émbolo abriendo la tobera para la inyección de combustible a altas presiones; **conjunto de la tobera** tiene un diseño convencional excepto por el check de llenado que tiene una bola que sella durante el movimiento de avance del émbolo para evitar fugas de alta presión de combustible, al retroceder se sale de su asiento preparando la cavidad para el llenado, la válvula de la tobera es abierta en su interior con lo cual se libera de su asiento cuando la presión vence la fuerza del resorte y el combustible es atomizado por la punta de la tobera.

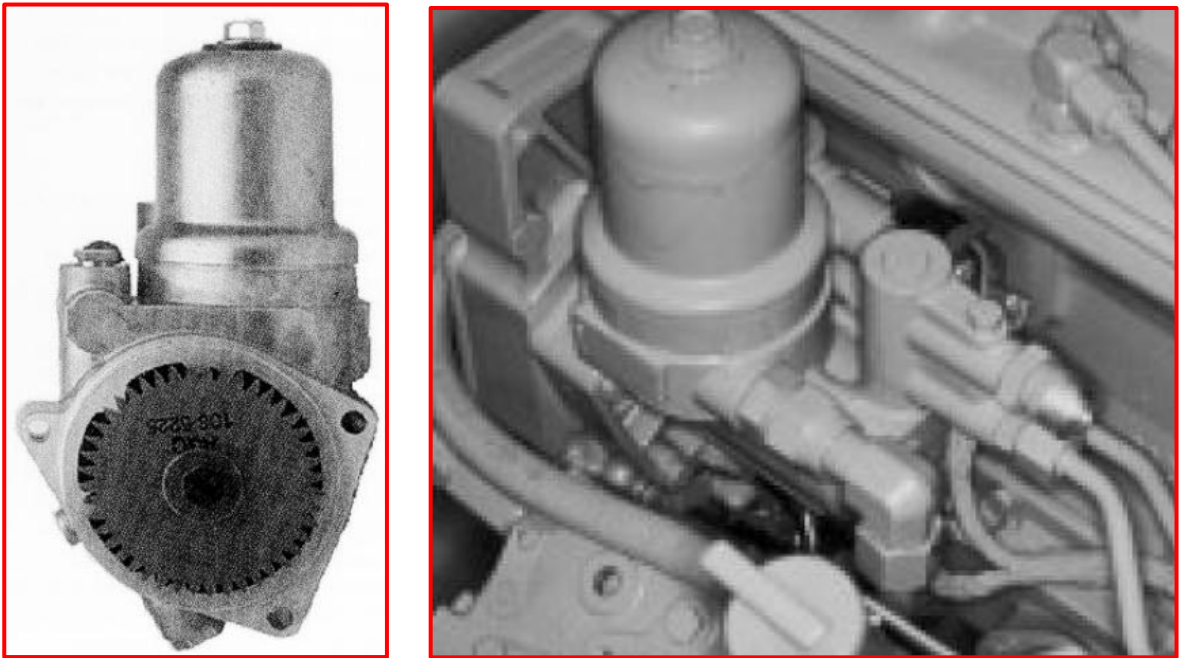
Figura 41. Inyector HEUI y sus componentes.



Fuente: CATERPILLAR. Curso de inyección directa EUI-HEUI-Caterpillar [On Line]. Publicada anónimamente. Abril 2011. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/53254599/Curso-de-Inyeccion-Dlr-EUI-HEUI-CATERPILLAR>). p. 45.

2) **Bomba Hidráulica:** es una bomba de pistones axiales que incrementa el nivel de presión del aceite desde la presión típica de operación del motor (cerca de 40 PSI) a la presión de actuación requerida por los inyectores (entre 870 – 3500 PSI); durante la operación normal del motor la salida de presión es controlada por la válvula de control de presión de inyección (IAPCV) la cual vierte el exceso de flujo al circuito de retorno. Las condiciones específicas de presiones para el motor están determinadas por el ECM.

Figura 42. Bomba hidráulica del sistema de inyección.

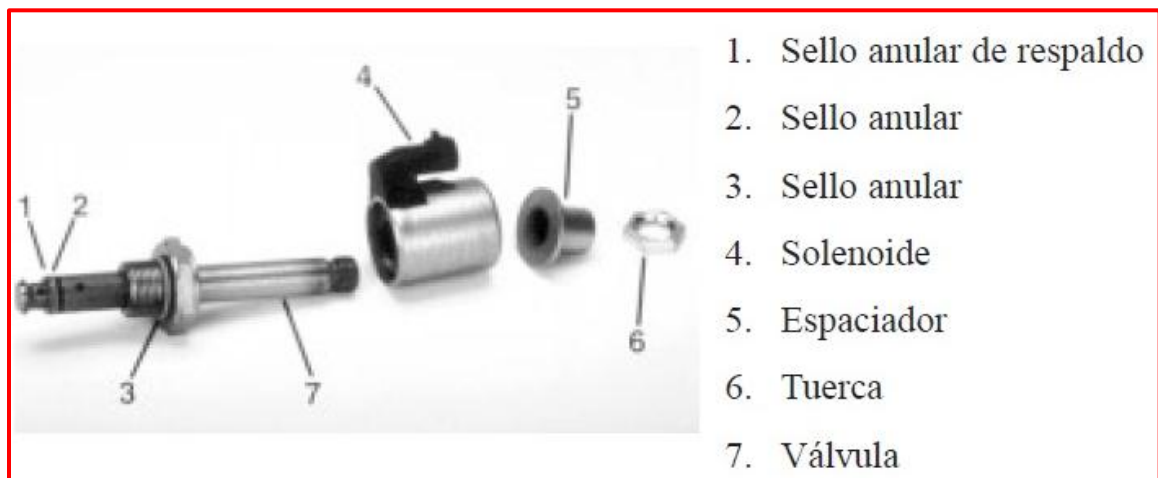


Fuente: CATERPILLAR. Curso de inyección directa EUI-HEUI-Caterpillar [On Line]. Publicada anónimamente. Abril 2011. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/53254599/Curso-de-Inyeccion-DIr-EUI-HEUI-CATERPILLAR>). p. 43.

3) **Válvula de Control de Presión de Inyección (IAPCV):** es una válvula de descarga operada eléctricamente (por señales que salen del ECM al solenoide

de la válvula) que controla la salida de presión de la bomba vertiendo el exceso de fluido al sumidero de la misma.

Figura 43. Válvula IAPCV y sus partes.



Fuente: CATERPILLAR. Curso de inyección directa EUI-HEUI-Caterpillar [On Line]. Publicada anónimamente. Abril 2011. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/53254599/Curso-de-Inyeccion-Dlr-EUI-HEUI-CATERPILLAR>). p. 39.

4) **Bomba de Transferencia de Combustible:** es de un solo pistón accionado por leva ubicada en la parte trasera de la bomba hidráulica; se encarga de suministrar el combustible desde el tanque hasta los inyectores a una presión entre 58 a 72 PSI durante operaciones normales del motor con carga.

5) **Módulo de Control Electrónico (ECM):** es un sistema basado en un microprocesador que monitorea varias entradas y sensores del motor y del vehículo para controlar la operación completa del sistema de inyección de combustible; contiene información precisa que define los parámetros operacionales óptimos para dicho sistema. El ECM tiene también otras

entradas operacionales externas de mandos mecánicos como velocidad del motor, timing, presión de riel de inyectores, etc., que le permiten controlar el suministro de combustible óptimo para cada necesidad de inyección enviando la señal precisa que energiza los solenoides de los inyectores. El ECM además, guarda datos de información en horas de operación, combustible consumido y kilometraje.

- 6) **Sensores y actuadores:** los sensores vigilan permanentemente todas las funciones esenciales del motor y suministran esta información en forma de señales eléctricas al ECM. Los actuadores por su parte, son dispositivos que usan la corriente eléctrica suministrada desde el ECM para ejecutar labores según la cantidad de energía suministrada (por ejemplo los solenoides de los inyectores o los de la válvula IAPCV).

El **funcionamiento normal del sistema de inyección** se explica así:

- El aceite del motor es tomado por la bomba de aceite y fluye a través del filtro de aceite y del enfriador de aceite a la bomba de suministro de presión alta.
- La bomba de suministro presuriza el aceite entre 725 y 3335 PSI. La presión de salida de la bomba depende de la IAPCV y esta a su vez depende de la corriente eléctrica variable suministrada por el ECM.
- El aceite de presión alta pasa a un múltiple de aceite común y a los tubos de conexión de puente de cada inyector.
- Para que un inyector inyecte el combustible, el ECM envía una señal al solenoide del inyector, lo activa y produce un campo magnético. El campo

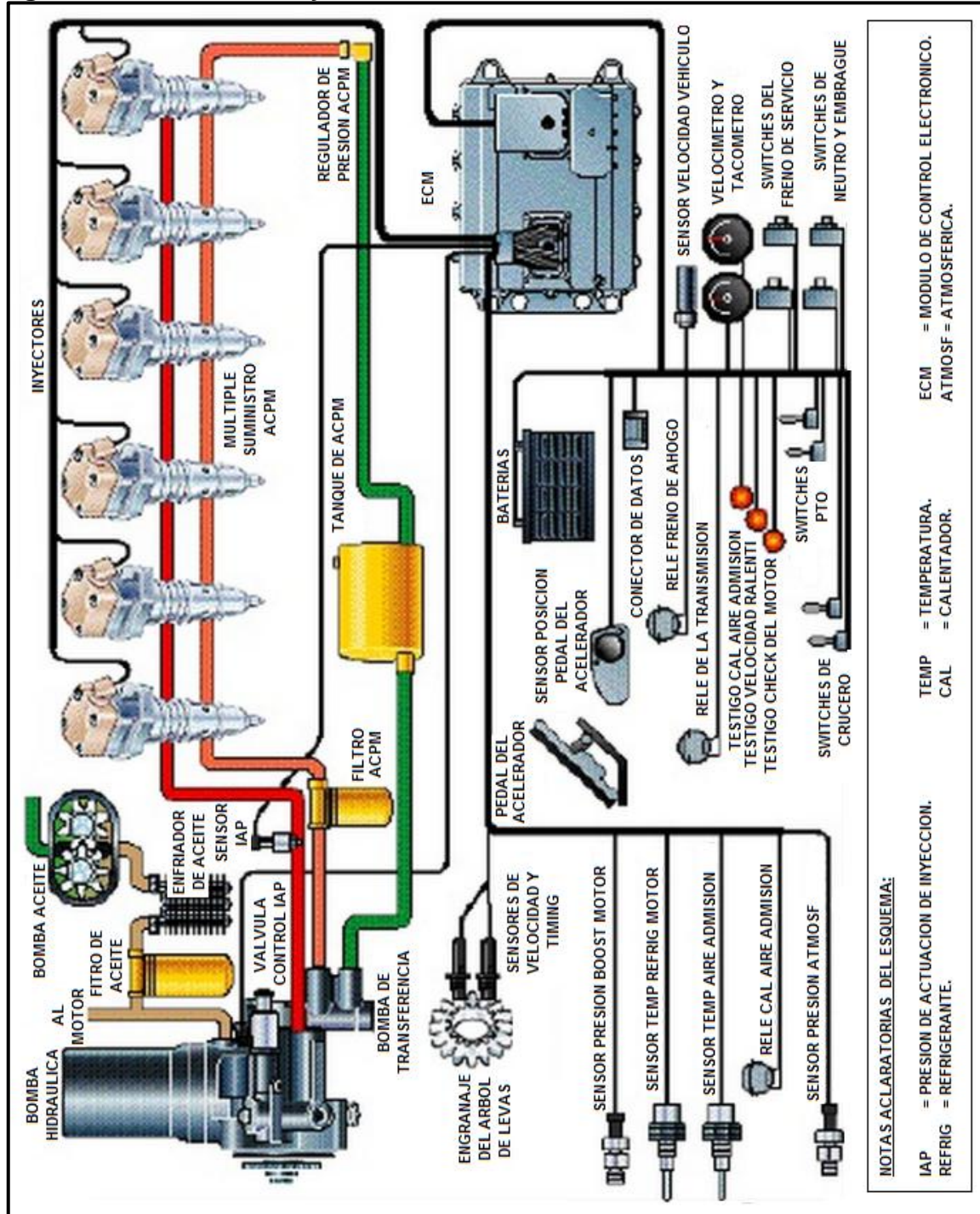
magnético atrae un inducido de inyección y hace que la válvula de disco del inyector se levante de su asiento. El aceite de presión alta del múltiple de aceite entonces entra al inyector y ocurre la inyección.

- La inyección se detiene cuando el ECM no envía más corriente al solenoide. El campo magnético se disipa rápidamente y los resortes de la válvula de disco hacen que la válvula de disco se cierre. El asiento inferior de la válvula de disco no permite que entre más aceite de presión alta al inyector y se abre el asiento superior al drenaje.
- La fuerza hacia abajo del pistón intensificador se elimina y la presión de inyección bajo el émbolo detiene el movimiento hacia abajo del émbolo. La presión del inyector trata de devolverse a la cavidad del émbolo, pero la plancha de retención de flujo inverso (RFC) se cierra y evita este flujo inverso.
- La presión disminuye en el inyector y rápidamente alcanza la VCP (presión de control de la válvula), la bola de retención del inyector se cierra y se completa la inyección. Con el asiento inferior de la válvula de disco abierto, el resorte del émbolo empuja el émbolo y el pistón intensificador a la parte superior del orificio del pistón.
- A medida que el émbolo se mueve hacia arriba, la bola de retención de llenado de entrada se sale de su asiento y permite que la cavidad del émbolo se vuelva a llenar. La plancha RFC permanece cerrada, lo cual evita que el combustible drene del inyector.⁷³

A continuación se ilustra el esquema del funcionamiento normal del sistema de inyección.

⁷³ CATERPILLAR. Curso de inyección directa EUI-HEUI-Caterpillar [On Line]. Publicada anónimamente. Abril 2011. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/53254599/Curso-de-Inyeccion-Dlr-EUI-HEUI-CATERPILLAR>), p. 37-49.

Figura 44. Sistema de Inyección de combustible HEUI.



Fuente: CATERPILLAR. Curso de inyección directa EUI-HEUI-Caterpillar [On Line]. Publicada anónimamente. Abril 2011. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/53254599/Curso-de-Inyeccion-Dlr-EUI-HEUI-CATERPILLAR>). p. 37.

3.2.6.4. Sistema de admisión y escape.

La función del sistema de admisión es suministrar aire limpio al motor para la combustión; el sistema de escape guía la salida de los gases producidos en la combustión regulando sus ruidos.

Los principales componentes del sistema de admisión y escape son:

- 1) **Filtros de aire y múltiple de admisión:** los filtros recogen los contaminantes del aire y evitan que estos lleguen al turbo-compresor; los hay secos, húmedos y algunos motores están equipados con un manómetro para medir la diferencia de presión del aire de admisión. El múltiple de admisión guía y distribuye el aire filtrado, comprimido y post-enfriado hacia las cámaras de combustión (o cilindros) del motor.

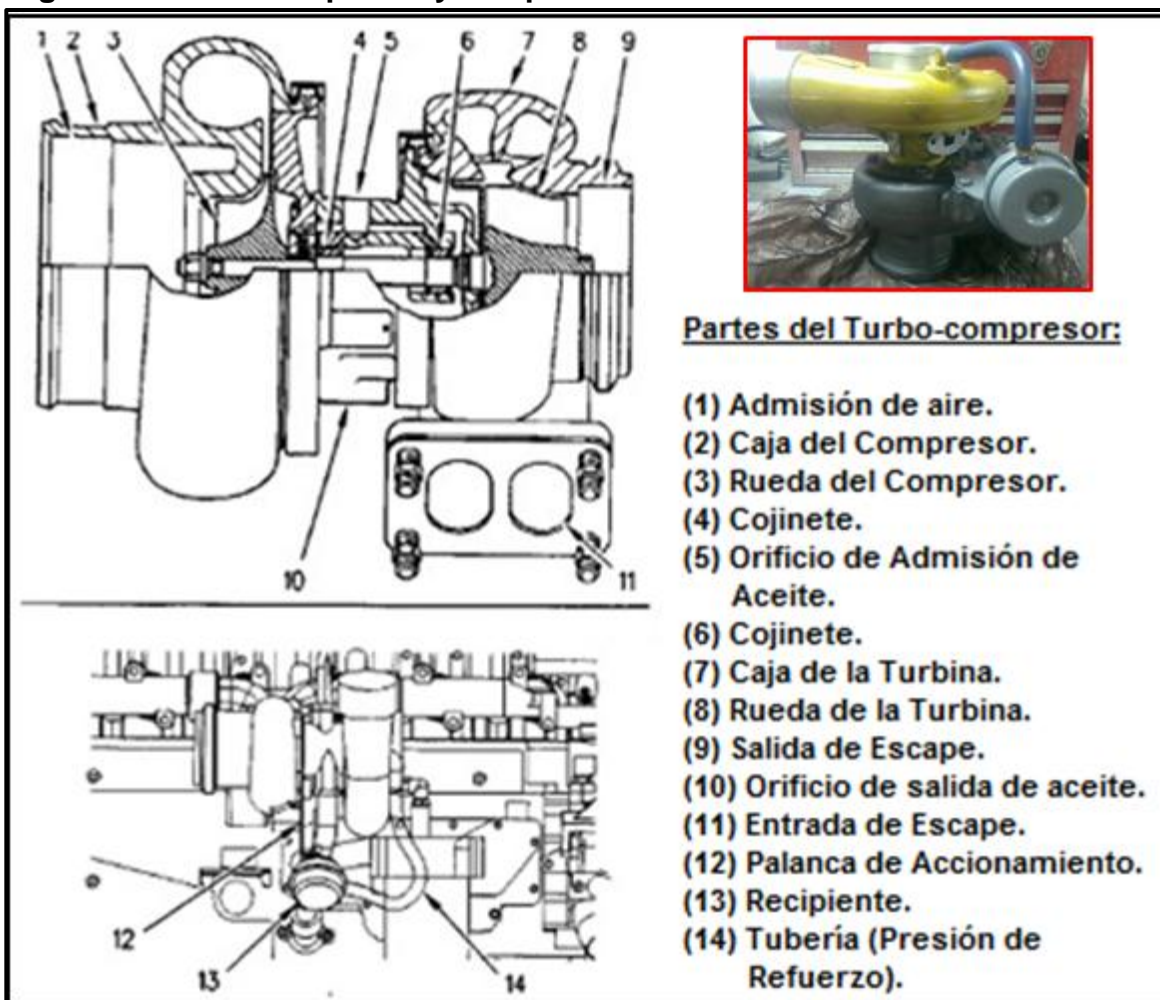
Figura 45. Filtros de aire interno y externo CAT.



Fuente: El autor. Permitido por Construvicol S.A.

2) **Turbo-compresor:** está instalado en la sección central del múltiple de escape, todos los gases de escape pasan a través del turbo-compresor; el lado del compresor del turbo-compresor está conectado al post-enfriador a través de un tubo. Los gases de escape pasan a la caja de la turbina a través de la entrada del escape empujando los álabes de la rueda de la turbina que está conectada a la rueda del compresor (por medio de un eje).

Figura 46. Turbocompresor y sus partes.



Fuente: CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 48-49.

La rotación de la rueda del compresor hace pasar aire limpio comprimido desde los filtros a través de la admisión de aire de la caja del compresor. La compresión del aire que entra al motor le permite quemar más aire (y combustible) al motor. Los turbo-compresores cuentan con una válvula de derivación de los gases de escape que le permite graduar el flujo de los gases de escape según condiciones de funcionamiento del motor para hacerlo mas eficiente. El turbo-compresor posee rodamientos que son lubricados por el sistema de lubricación del motor.

- 3) **Post-enfriador:** es un intercambiador de calor, similar al radiador. Su función es enfriar el aire caliente después de que es comprimido por el turbo-compresor.

Figura 47. Post-enfriador aire-aire.

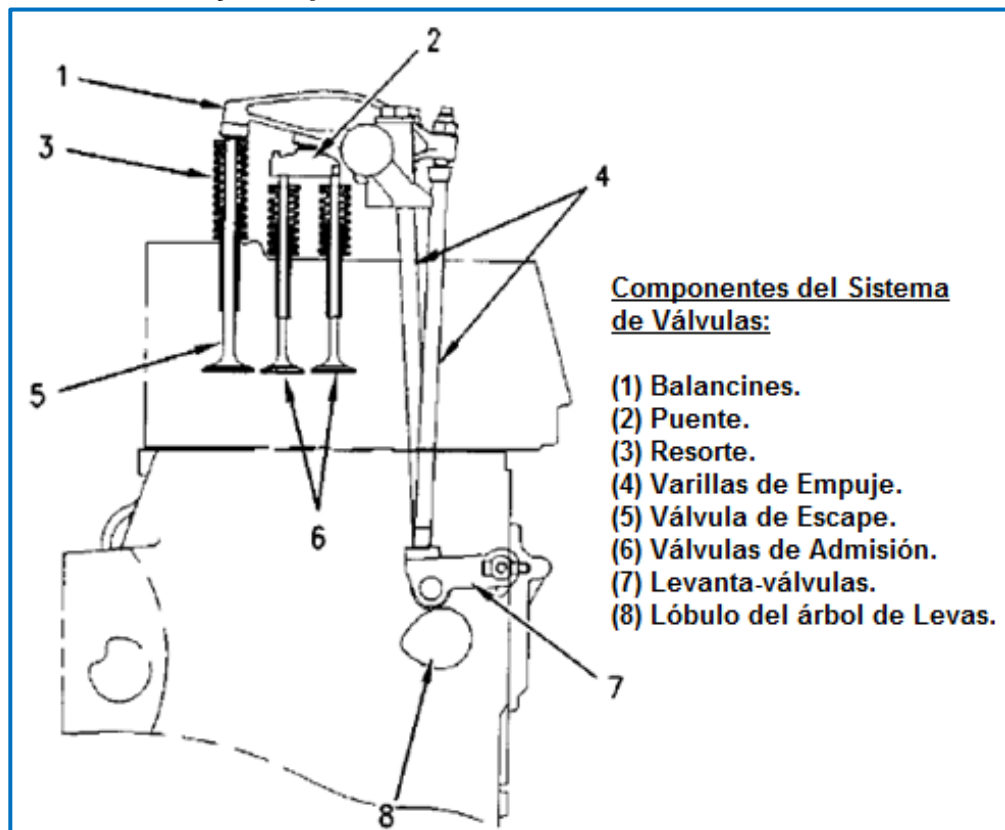


Fuente: PEREZ BELLO, Miguel Ángel. Sistemas auxiliares del motor. Ediciones Parainfo S.A. Madrid, España. 2011. p. 126.

Los tipos de post-enfriadores dependen del método para enfriar un núcleo metálico que disipa el calor del aire que fluye a través de él, luego se pueden encontrar post-enfriadores tipo JWAC (Post-enfriamiento con agua de las camisas), SCAC (Post-enfriamiento de Circuito Separado) y el usado por los motores 3126E, ATAAC (Post-enfriamiento aire a aire) que usa el aire ambiente para enfriar un núcleo ubicado cerca del radiador.

- 4) **Válvulas y Componentes del Sistema de Válvulas:** controlan el flujo de aire de admisión a los cilindros y el flujo de los gases de escape de los mismos durante la operación del motor.

Figura 48. Válvulas y componentes del sistema de válvulas.



Fuente: CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p.

El engranaje del cigüeñal impulsa el engranaje del árbol de levas por medio de un engranaje loco. El árbol de levas tiene que estar sincronizado con el cigüeñal para obtener la relación correcta entre el movimiento de los pistones y el movimiento de las válvulas. Por cada cilindro el árbol de levas tiene dos lóbulos y estos operan las válvulas de admisión y escape; a medida que el árbol de levas gira, los lóbulos del mismo hacen que los levanta-válvulas muevan las varillas de empuje hacia arriba y hacia abajo. El movimiento ascendente de las varillas de empuje contra los balancines produce un movimiento descendente (apertura de válvulas). Cada cilindro tiene dos válvulas de admisión y una de escape. Los resortes de las válvulas las cierran cuando los levanta-válvulas se mueven hacia abajo.

- 5) **Pistones y Cilindros:** el motor 3126E CAT tiene seis cilindros. Los pistones de aluminio de este motor son de una pieza⁷⁴ de aluminio y tienen una banda de hierro para los dos anillos superiores, lo cual ayuda a reducir desgaste en las ranuras del anillo de compresión. El aceite de las boquillas de enfriamiento de pistón rociará el lado inferior del pistón; esto enfriará el pistón mejorando su vida útil y de los anillos. El pistón tiene dos anillos de compresión y un anillo de aceite y los tres anillos están ubicados por encima del orificio del pasador de biela. El anillo de aceite es del tipo convencional o estándar. El aceite regresará al cárter a través de agujeros que están ubicados en la ranura para el anillo de aceite. El diseño de los anillos de compresión es del tipo cuña que se reduce gradualmente. También se reduce gradualmente la ranura del pistón. Demasiados depósitos de carbono pueden causar atascamiento de los anillos de pistón. La acción de los anillos en las ranuras del pistón evita esto. Los cilindros son las cámaras cilíndricas que permiten el desarrollo de los ciclos de la combustión necesarios para la producción de energía mecánica del motor y están hechos en acero tratado especialmente para ello.

⁷⁴ Para aplicaciones con presiones más altas del cilindro se usan pistones de dos piezas.

Los ciclos (o carreras) de la combustión se definen brevemente de la siguiente manera: **carrera de admisión**, cuando el pistón desciende las válvulas de admisión se abren y el aire comprimido enfriado de la lumbrera de admisión se envía al cilindro y después las válvulas de admisión se cierran; **carrera de compresión**, el pistón empieza a subir, el aire del cilindro se comprime y cuando el pistón está cerca de la parte de arriba de la carrera de compresión, se inyecta combustible en el cilindro; **carrera de combustión** el combustible se mezcla con el aire comenzando la combustión, cuya fuerza empuja el pistón hacia abajo y después de completarse el tiempo de combustión, el pistón se mueve hacia arriba; **carrera de escape**, durante este movimiento ascendente la válvula de escape se abre y se empujan los gases a través de la lumbrera de escape en el múltiple de escape. Después de que el pistón completa la carrera de escape, la válvula de escape se cierra y el ciclo empieza otra vez.

- 6) **Múltiple de Escape:** generalmente son fundiciones de hierro y otras aleaciones que guían los gases de escape de la combustión de los cilindros hacia el turbo-compresor para accionar el movimiento de su turbina, la cual va solidariamente unida por un eje al compresor del mismo.⁷⁵

Figura 49. Múltiple de escape.



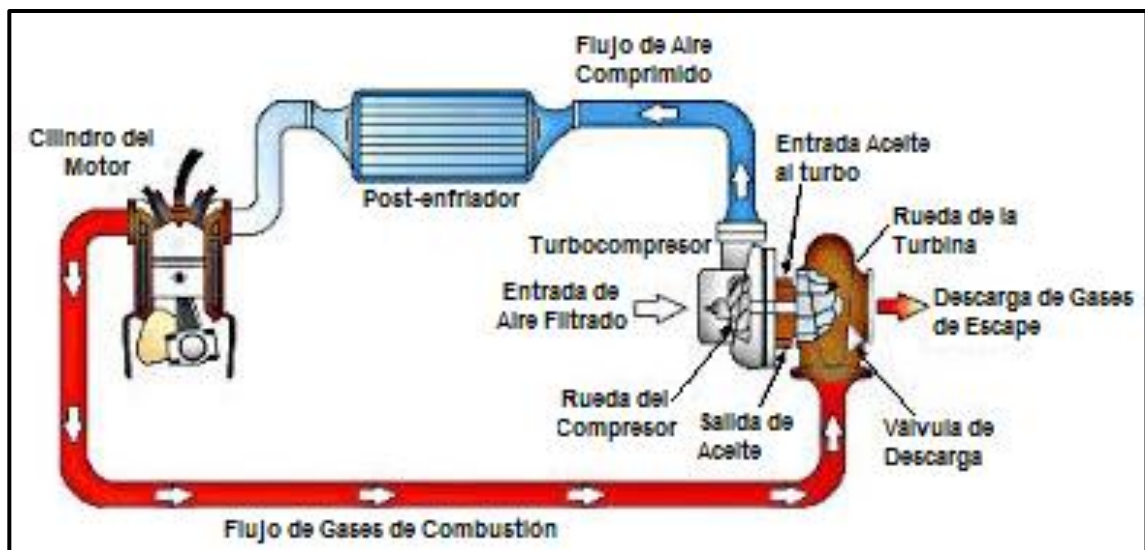
Fuente: El autor. Permitido por Construvicol S.A.

⁷⁵ CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 47-53.

El **funcionamiento normal del sistema de admisión y escape** se explica así:

- El aire primero se mueve a través de los filtros de aire hacia el turbocompresor y el giro de la rueda del compresor (del turbocompresor) hace fluir aire dentro de él.
- La rueda del compresor comprime el aire y también lo calienta (aproximadamente a 150°C). El post-enfriador reduce la temperatura del aire y lo hace más denso. Así, puede haber más aire en los cilindros para mejorar la potencia del motor.
- La temperatura del aire en el múltiple de admisión es aproximadamente de 43°C. El enfriamiento del aire de admisión aumenta la eficiencia de la combustión lo que permite disminuir el consumo de combustible. La mayor eficiencia de la combustión aumenta la potencia de salida.

Figura 50. Esquema del sistema de admisión y escape.



Fuente: PEREZ BELLO, Miguel Ángel. Sistemas auxiliares del motor. Ediciones Parainfo S.A. Madrid, España. 2011. p. 89.

- Desde el múltiple de admisión, se hace pasar el aire a la culata para llenar las lumbreras de admisión. El flujo de aire del orificio de admisión al cilindro es controlado por las válvulas de admisión.
- Una vez en los cilindros, comienzan las carreras o ciclos de combustión descritos en la página 88 de este trabajo de grado.

Los gases de escape del múltiple de escape entran por el lado de la turbina del turbocompresor para hacer girar la rueda de la turbina. La rueda de la turbina está conectada a un eje que impulsa la rueda del compresor. Los gases de escape procedentes del turbocompresor atraviesan el tubo de salida de escape, el silenciador y el tubo de escape.⁷⁶

3.2.6.5. Sistema de lubricación.

Este sistema tiene como finalidad: **a)** lubricar las partes móviles con el fin de atenuar el desgaste, impidiendo el contacto directo de las superficies metálicas; **b)** refrigerar las partes lubricadas evacuando el calor de esta zona; **c)** aumentar la estanqueidad en los acoplamientos mecánicos. Con la película de aceite interpuesta entre el pistón y el cilindro, mejora notablemente el “sellado” entre ambos; **d)** amortiguar y absorber los choques de los cojinetes.

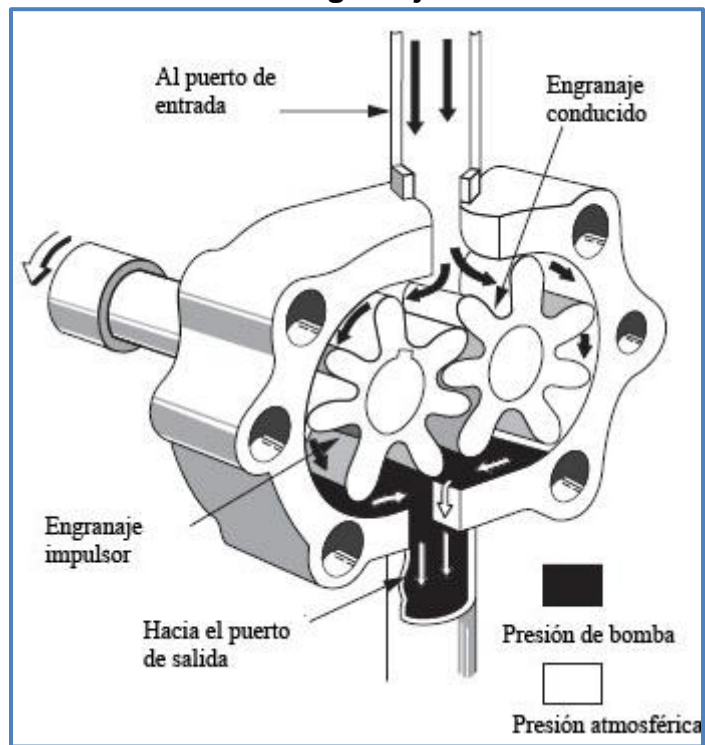
Los principales componentes del sistema de lubricación son:

- 1) **Bomba de Aceite:** su misión es la de enviar el aceite a presión y en una cantidad determinada por los ductos de lubricación. Se sitúa en el interior del cárter y toma movimiento por el árbol de levas mediante un engranaje. Dentro de una bomba se pueden distinguir varias partes: colador de succión (es el

⁷⁶ CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 47-53.

lugar por donde la bomba aspira el aceite del cárter, lleva una rejilla metálica que impide que entren en la bomba restos o impurezas que arrastre el aceite), eje motriz (va unido por un piñón al sistema de distribución del motor que hace funcionar la bomba, arrastra una bomba de piñones que aspira por el colador de succión y envía el aceite por la tubería de presión), tubería a presión (es la que lleva la presión de aceite al motor).

Figura 51. Esquema de bomba de engranajes.



Fuente: PEREZ BELLO, Miguel Ángel. Sistemas auxiliares del motor. Ediciones Parainfo S.A. Madrid, España. 2011. p. 146.

Existen distintos tipos de bombas de aceite, la que emplea este motor es la de engranajes, la cual es capaz de suministrar una gran presión, incluso a bajo régimen del motor; está formada por dos engranajes situados en el interior de

la misma, toma movimiento una de ellas del árbol de levas y la otra gira impulsada por la otra. Lleva una tubería de entrada proveniente del cárter y una salida a presión dirigida al filtro de aceite.

- 2) **Válvula limitadora de Presión:** también llamada de descarga o reguladora, va colocada en la salida de aceite de la bomba de aceite. Su misión “abrirse” para liberar presión cuando existe demasiada en el circuito. Consiste en un pequeño pistón de bola sobre el que actúa un muelle. La resistencia del muelle va tarada a la presión máxima que soporte el circuito.
- 3) **Filtros de Aceite:** el aceite en su recorrido va recogiendo partículas como desgaste de piezas y restos de la combustión; los filtros ayudan a que el aceite vaya limpio de vuelta al circuito. Básicamente cuenta con dos filtros: uno tipo rejilla antes de la bomba y otro principal después de ella. Generalmente los filtros se componen de un material poroso textil y van recubiertos en una envoltura metálica.

Figura 52. Filtro de aceite motor.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

- 4) **Enfriador de Aceite:** debido a las altas temperaturas el aceite pierde su viscosidad (se vuelve más líquido) y baja su poder de lubricación. El enfriador de aceite lo refrigera pasándolo por un radiador controlado por una válvula térmica, la cual cuando el aceite esta demasiado caliente deja pasar agua que procede del radiador del sistema de refrigeración de agua (mientras esta fría el aceite no deja pasar agua). El enfriador de aceite es entonces un intercambiador de calor.

Figura 53. Enfriador de aceite.

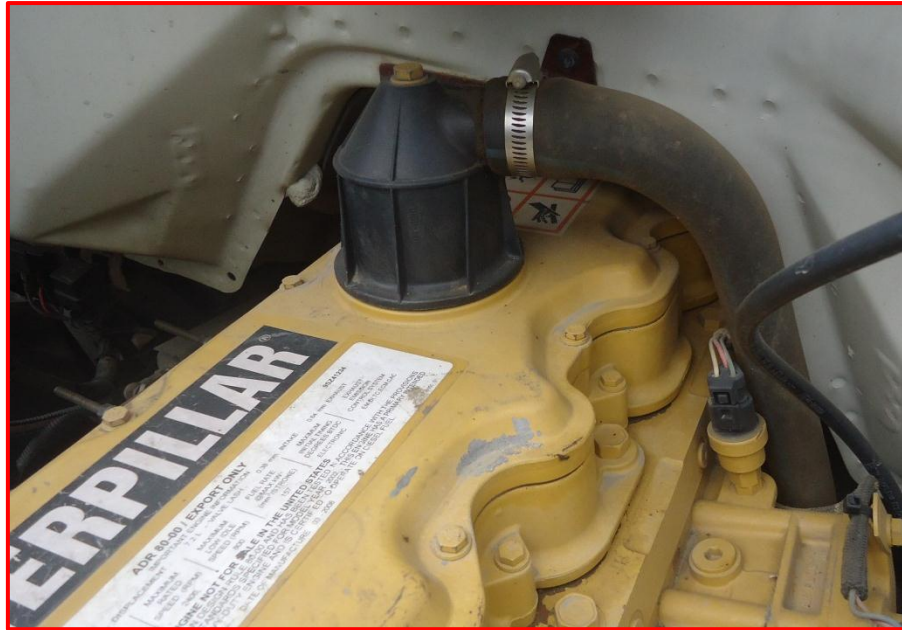


Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

- 5) **Desfogue del Sistema de Lubricación:** permite que los gases de la combustión pasen al cárter; estos gases se descargan a la atmósfera por una manguera, de esta manera el desfogue (o respiradero) impide que aumente la presión hasta un punto que pueda producir fugas en los sellos o en las empaquetaduras.⁷⁷

⁷⁷ CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 54-56.

Figura 54. Respiradero (desfogue) del motor.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

El **del sistema de lubricación** consta de dos circuitos esenciales: alta y baja presión; a continuación se explican:

- **Circuito de Baja Presión:** opera típicamente a una presión entre 35 y 70 PSI, se encarga de suministrar a la bomba hidráulica y al sistema de lubricación el aceite filtrado. El aceite es extraído del colector, se filtra, pasa por el enfriador de aceite y finalmente llega al motor e a la bomba hidráulica.
- **Circuito de Alta presión:** suministra el aceite para el accionamiento de los inyectores; opera típicamente en una gama de presiones entre 581 y 3350 PSI. Este aceite fluye a través de una tubería hasta la culata, en donde se almacena a la presión de accionamiento. Luego de accionar los inyectores, se descarga por debajo de la tapa de válvulas por lo cual no necesita tuberías de retorno.

El esquema de **funcionamiento del sistema de lubricación** se explica así:

- La bomba de aceite del motor (24) está montada en la parte inferior del motor, dentro del colector del cárter (27), se encarga de extraer el aceite del colector y empujarlo a través del enfriador de aceite (23); luego pasa por el filtro de aceite del motor (21) para posteriormente dividirse hacia el turbocompresor (15) y el conducto principal del aceite (14).
- El conducto principal (14) distribuye el aceite a los cojinetes de bancada (11), a las boquillas de enfriamiento del pistón (8) y al cojinete del árbol de levas (12); el aceite del conducto principal (14) sale por la parte delantera del bloque y después entra en una ranura moldeada en la caja delantera (16).
- El aceite entra en el cigüeñal a través de unos agujeros situados en las superficies de rodamientos (muñones) del cojinete de bancada (11); los conductos conectan con la superficie de rodamiento (muñón) del cojinete de bielas.
- El conducto en la caja delantera (16) envía el flujo de aceite den dos direcciones: en el extremo superior del conducto, el aceite se envía el aceite se envía de regreso al bloque y al conducto de la culata (9) a través del conducto (3) al mecanismo del balancín; el conducto (17) envía el aceite al cojinete del engranaje loco de la bomba de aceite.
- El aceite del cojinete de bancada delantero entra por un conducto (19) que va hasta el cojinete del engranaje loco del árbol de levas; los conductos del aceite del cigüeñal envían el aceite desde todos los cojinetes de bancada (11) hasta los cojinetes de bielas.
- Los conductos envían aceite desde el cojinete del árbol de levas (12) hasta un conducto de aceite situado en las tapas laterales; el aceite entra después por un agujero en los ejes, pasando a los levantadores de las varillas de empuje (10) y lubricando los cojinetes de los levantadores también.⁷⁸

⁷⁸ CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 54-57.

Figura 55. Esquema de funcionamiento del sistema de lubricación.

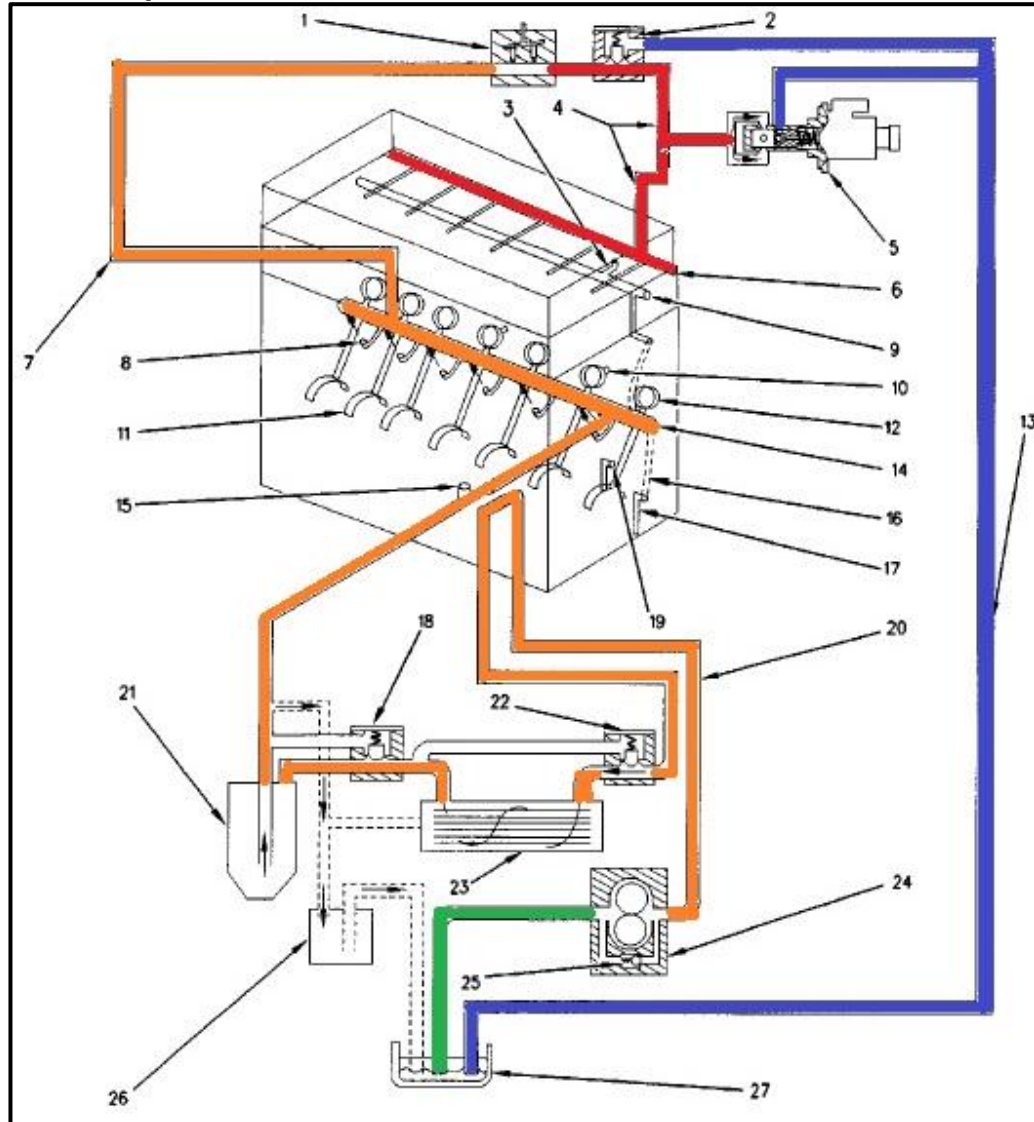


DIAGRAMA DEL SISTEMA DE LUBRICACION:

(1) Bomba Hidráulica. (2) Válvula de Alivio de Alta Presión. (3) Conducto a Iso balancines. (4) Tubería de aceite de Alta Presión. (5) Válvula de Control de la Presión de accionamiento de la Inyección-IAPVC. (6) Múltiple del aceite a Alta Presión. (7) Tubería de suministro de aceite a la bomba hidráulica. (8) Boquillas de enfriamiento de los pistones. (9) Conducto de la culata. (10) Conducto a los levantes de las varillas de empuje. (11) Cojinetes de la bancada. (12) Cojinetes del árbol de levas. (13) Conducto al colector de aceite del motor. (14) Conducto principal del aceite. (15) Tubería de suministro de aceite al turbocompresor. (16) Conducto a la caja delantera. (17) Conducto al cojinete del engranaje loco de la bomba de aceite. (18) Válvula de derivación del filtro de aceite. (19) Conducto al cojinete del engranaje loco del árbol de levas. (20) Conducto. (21) Filtro de aceite del motor. (22) Válvula de derivación del enfriador de aceite. (23) Enfriador de aceite del motor. (24) Bomba de aceite del motor. (25) Válvula de derivación de la bomba de aceite. (26) Filtro de aceite auxiliar del motor (si tiene). (27) Colector de aceite del motor.

Fuente: CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 54.

- Algunos motores poseen un filtro auxiliar adicional (26) que recibe aceite por una lumbrera, lo pasa al enfriador de aceite (23) y el exceso con impurezas lo retorna al colector del cárter (27).
- La presión de salida de la bomba hidráulica (1) es regulada por la válvula de control de presión de inyección (5) y sigue el recorrido descrito como *circuito de alta presión* descrito en la página 94 de este trabajo de grado.
- La válvula de derivación (25) limita la presión suministrada por la bomba de aceite (24); las válvulas de derivación (22) y (18) se abren cuando el motor está en condiciones de arranque en frío para permitir la lubricación inmediata de los componentes del motor. Cuando el aceite se calienta, las válvulas (22) y (18) se cierran y se establece un flujo normal del aceite en el sistema; estas válvulas también se abren si existe una obstrucción en el enfriador de aceite o en el filtro principal de aceite del motor.
- La válvula de derivación de aceite del enfriador (22) se activa si la diferencia de presiones a través del enfriador alcanza 18 PSI (± 4.5 PSI) y la válvula de derivación (18) del filtro principal del motor también se activa si alcanza el mismo valor de presión a través del filtro.⁷⁹

3.2.6.6. Sistema de enfriamiento.

El motor tiene un sistema de enfriamiento tipo presión equipado con una tubería de derivación; éste tipo de sistema permite operar de manera segura a una temperatura mayor a la de ebullición del agua, la tubería de derivación impide la cavitación⁸⁰ dentro de la bomba de agua y proporciona un flujo constante de refrigerante de la misma.

⁷⁹ CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 54-57.

⁸⁰ La cavitación⁸⁰ es la formación súbita de burbujas de baja presión en líquidos debido a fuerzas mecánicas.

En los sistemas post-enfriados aire-aire (como éste) se recomienda usar una mezcla de refrigerante con un mínimo de 30% de anti-congelante a base de etilenglicol para lograr un rendimiento eficiente de la bomba de agua, ya que esta mezcla mantiene la gama de temperaturas de cavitación del refrigerante lo suficientemente alta para evitar ése fenómeno.

El **del sistema de enfriamiento** consta de los siguientes componentes principales:

- 1) **Bomba de agua:** La bomba de agua es el dispositivo centrífugo que hace circular el líquido refrigerante en el sistema de refrigeración del motor a través del bloque, radiador, culata, etc.; es accionada por una correa de transmisión conectada al cigüeñal y sólo funciona cuando el motor se encuentra encendido.

Figura 56. Bomba de agua.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

La bomba de agua se compone de: un rotor con álabes rectos o ligeramente curvos, que actúan como sistema de impulsión del líquido (una especie de

turbina); y el cierre (obturación). Ambas partes están directamente relacionadas y, con que sólo uno de estos dos elementos sea de baja calidad, se condiciona negativamente el funcionamiento de la bomba.

Hoy en día las bombas de agua modernas son de fundición de aluminio o aluminio como los motores de los vehículos.

- 2) **Termóstato:** es una válvula sensible a la temperatura, la cual permanece cerrada hasta que el motor alcanza una temperatura de operación (86 a 98°C). A medida que la temperatura sube, la cera se dilata empujando el vástago, venciendo la fuerza del resorte, entonces el termostato se abre permitiendo que el líquido refrigerante circule a través del radiador. Cuando la temperatura del líquido es más baja que la temperatura de operación, el termostato se cierra impidiendo la circulación del líquido refrigerante hacia las cabezas del cilindro.

Figura 57. Termóstato y sus partes.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

Si el termostato queda abierto o no lo tiene instalado, se pueden presentar mucho consumo de combustible (o humo negro), causar daños en componentes (como bomba de agua, inyectores, turbocompresor, etc.).

- 3) **Radiador:** es un intercambiador de calor que permite enfriar el agua, enviando el calor a la atmósfera para mantener una temperatura apropiada del motor. Cuando en el radiador existen fugas de agua el motor se puede recalentar, y por este motivo se debe inspeccionar periódicamente.

Figura 58. Radiador.

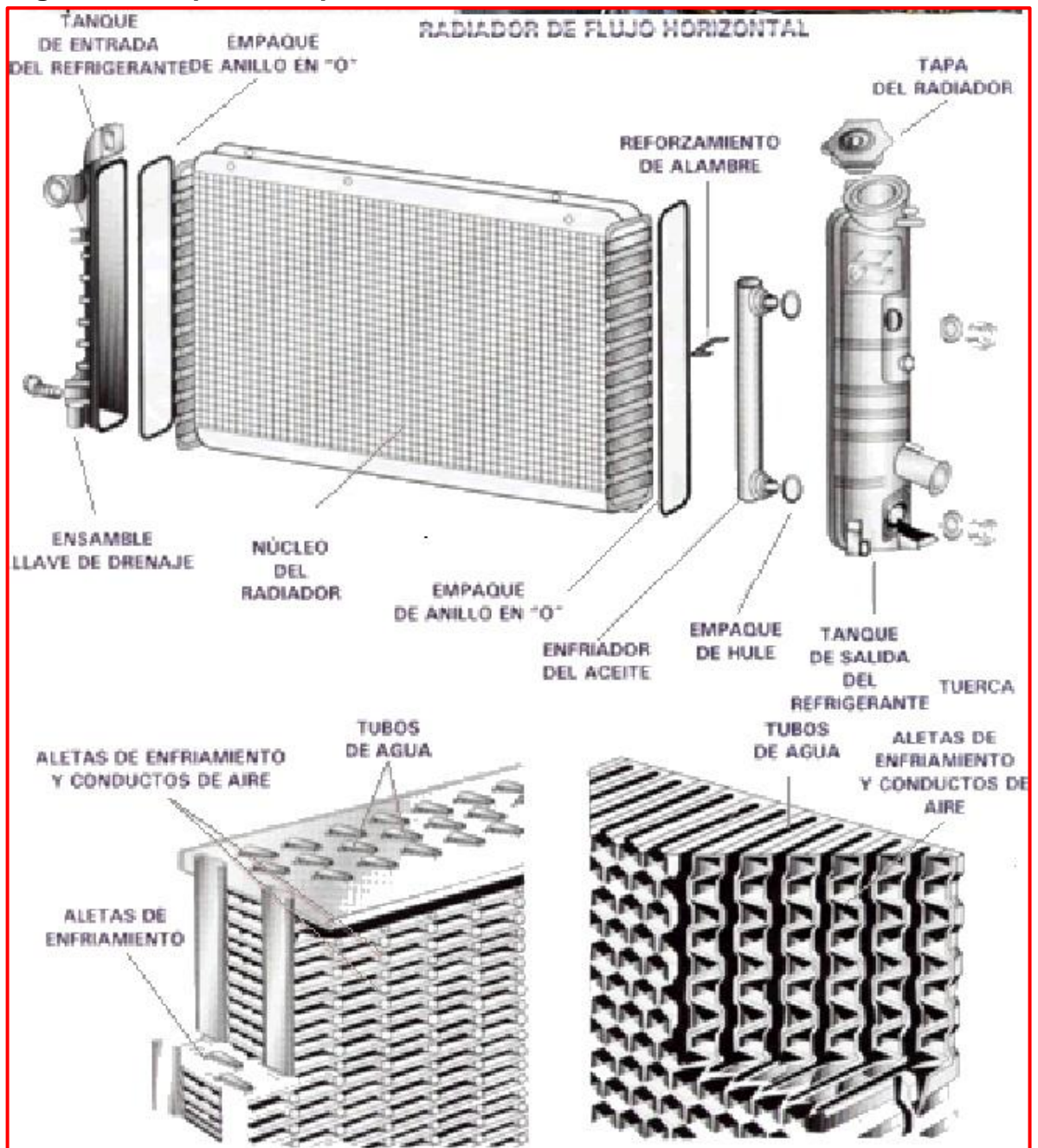


Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

El tanque de entrada está equipado con un cuello llenador, un tapón del radiador y un tubo de sobre-flujo que permite que el exceso de presión escape al piso o al tanque de reserva del líquido refrigerante. Los tubos y aletas radian calor del líquido refrigerante caliente, y el flujo de aire creado por el ventilador o por el aire impulsor disipa calor hacia la atmósfera. El metal ideal en la fabricación de radiadores es el cobre por su facilidad de transmitir calor, pero por razones económicas se utiliza el latón.

La tapa del radiador posee una válvula de alivio de presión (limita la presión del sistema de enfriamiento) y otra de ventilación en vacío (evita sobrepresiones drenando fluido al tanque del refrigerante).

Figura 59. Esquema de partes del radiador.



Fuente: PEREZ BELLO, Miguel Ángel. Sistemas auxiliares del motor. Ediciones Parainfo S.A. Madrid, España. 2011. p. 145.

4) **Líquido refrigerante:** es el medio utilizado para absorber calor en la circulación entre el motor y el radiador, donde se disipa hacia la atmósfera. Es una mezcla de agua, inhibidores y aditivos para evitar la corrosión, formación de sedimentos y para la lubricación del sello de la bomba. Es conveniente el uso de un anticongelante basándose en etilenglicol que tiene un punto de ebullición más alto que el agua.

Los aditivos e inhibidores especiales basados en silicatos se agregan para prevenir la corrosión de partes de aluminio, como las cabezas de cilindros, termostato y radiadores. Una mezcla de 50% de anticongelante y 50% de agua proporcionan la protección anticongelante a aproximadamente $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un punto de ebullición de $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una presión atmosférica de 14.7 PSI. Durante la operación del motor los aditivos anticongelantes e inhibidores pierden efectividad, por ello se recomienda cambiarlos cada 12 y 24 meses.

5) **Tanque del refrigerante:** los radiadores, traen un depósito de recuperación. La función de este depósito consiste en recibir el agua que el radiador expulsa cuando el sistema se calienta y lo recupera cuando lo requiere (si lo no tuviera, el agua se perdería y se tendría que reponer constantemente). Un mal funcionamiento del depósito debido a roturas o goteras puede originar un sobrecalentamiento del motor.

Figura 60. Tanque del refrigerante (depósito).



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

- 6) **Tubería de derivación, mangueras y correas:** la tubería de derivación evita la cavitación en la bomba al proporcionarle fluido re-direccionado por el termóstato; la tubería debe instalarse adecuadamente para no atrapar aire. Las mangueras llevan el líquido refrigerante del radiador hacia el bloque y la traen de regreso al radiador. Estas pueden ser rectas, moldeadas y flexibles (se pueden doblar de acuerdo a las necesidades). La manguera inferior del radiador posee una espiral de alambre lo cual evita que se disloque. Las mangueras pueden deteriorarse interna y externamente, siendo necesario reemplazarlas cuando se dañan. Para asegurarlas, se utilizan diversos tipos de abrazaderas como la de tipo tornillo proporciona una sujeción más efectiva y se pueden retirar y utilizar varias veces.
- Las correas son las encargadas de generar el movimiento de la bomba de agua; se debe tener la precaución de emplear correas de la misma referencia, fabricante y estado (no mezclar una nueva con una vieja, por ejemplo) con la tensión adecuada y revisando que en su trayectoria no tenga contacto alguno con otros componentes o soportes.
- 7) **Ventilador:** se utiliza para activar y asegurar la circulación de gran cantidad de aire a través del radiador para enfriar el líquido refrigerante y favorecer la refrigeración de los órganos anexos al motor como el alternador.

Figura 61. Ventilador.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

El ventilador tipo termo-embrague (fan-clutch) está diseñado para bajas temperaturas del motor; el fluido interno es a base de silicona como elemento de fricción. Un resorte o espiral bimetálica y termostática, sensible a la temperatura, controla el fluido líquido en el acoplamiento. Con el motor frío el ventilador se desliza a la velocidad de calentamiento del motor

- 8) **Enfriador de aceite:** el enfriador de aceite es un intercambiador de calor que refrigera el aceite de lubricación haciéndolo pasar por un radiador controlado por una válvula térmica, la cual cuando el aceite esta demasiado caliente deja pasar agua que procede del radiador del sistema de refrigeración de agua (mientras esta fría el aceite no deja pasar agua).

Figura 62. Enfriador de aceite.



Fuente: El autor. Permitida por Construvicol S.A.

- 7) **Post-enfriador aire-aire:** es un intercambiador de calor, similar al radiador. Su función es enfriar el aire caliente después de que es comprimido por el turbo-compresor dejándolo con una temperatura cercana a los 25°C, lo cual reduce agua y aceite hasta casi 80% en relación a lo que tenía antes.

Figura 63. Post-enfriador aire-aire.



Fuente: PEREZ BELLO, Miguel Ángel. Sistemas auxiliares del motor. Ediciones Parainfo S.A. Madrid, España. 2011. p. 126.

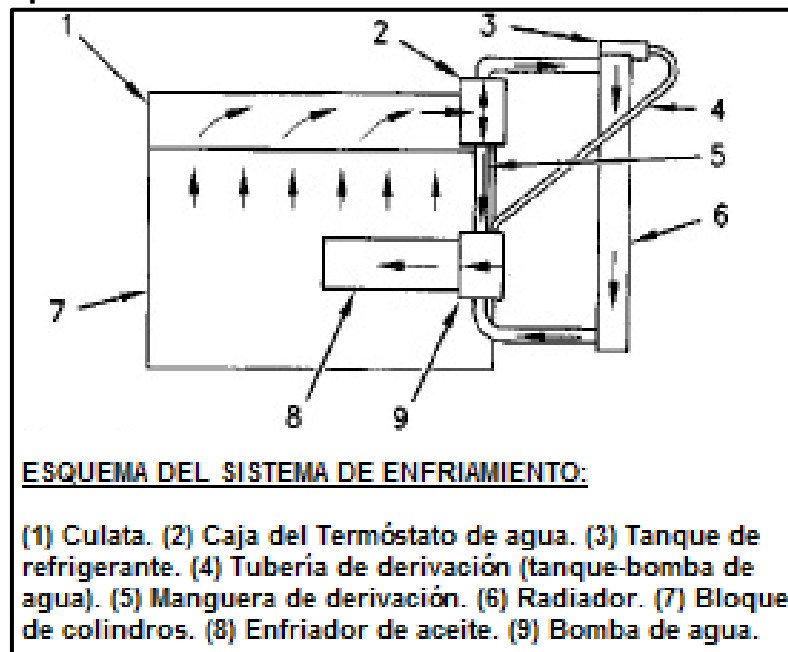
Los tipos de post-enfriadores dependen del método para enfriar un núcleo metálico que disipa el calor del aire que fluye a través de él, luego se pueden encontrar post-enfriadores tipo JWAC (Post-enfriamiento con agua de las camisas), SCAC (Post-enfriamiento de Circuito Separado) y el usado por los motores 3126E, ATAAC (Post-enfriamiento aire a aire) que usa el aire ambiente para enfriar un núcleo ubicado cerca del radiador.⁸¹

El esquema de **funcionamiento del sistema de enfriamiento** se explica así:

⁸¹ PEREZ BELLO, Miguel Ángel. Sistemas auxiliares del motor. Ediciones Parainfo S.A. Madrid, España. 2011. p. 117-157.

- La bomba de agua (9) está ubicada a la derecha del bloque de cilindros y es impulsada por las correas que van al cigüeñal; el refrigerante puede ingresar a la bomba desde tres sitios: entrada por la parte inferior de la bomba, manguera de derivación (5) a la parte superior de la bomba y por la tubería de derivación (4) también a la parte superior de la bomba de agua.
- El refrigerante de la parte inferior del radiador es absorbido por la entrada inferior de la bomba de agua debido a la rotación del rodete y sale por la parte trasera de la bomba pasando al enfriador de aceite; de ahí, el fluido recorre el múltiple de agua interno del bloque de cilindros llegando a las camisas.
- El líquido continúa su recorrido por unos conductos dentro de la culata que envían flujo alrededor de los manguitos de los inyectores unitarios y los conductos de admisión y escape.

Figura 64. Esquema de funcionamiento del sistema de enfriamiento.



Fuente: CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 57-58.

- El refrigerante entra después en la caja del termostato (2) ubicada en el lado delantero derecho de la culata; el termostato de agua (11) controla la dirección del flujo: cuando la temperatura del refrigerante es menor de lo normal en la operación, se dirige hacia la parte superior de la bomba de agua (9) a través de la manguera de derivación (5) y, cuando la temperatura del refrigerante es normal para la operación, se dirige al radiador (6) para enfriamiento por la salida (10).
- La tubería de derivación (4) envía refrigerante del depósito de refrigerante a la bomba para evitar su cavitación.⁸²

3.2.6.7. Sistema de gestión eléctrica/electrónica.

El sistema de control electrónico está diseñado íntegramente dentro de los sistemas de inyección y de admisión y escape del motor para controlar electrónicamente la entrega de combustible y la sincronización de la inyección, lo cual lo hace más eficiente que los controles mecánicos usados anteriormente.

La sincronización de la inyección se logra mediante el control preciso del tiempo de encendido del inyector; las RPM del motor se controlan mediante el ajuste de la duración de la inyección.

El ECM (Módulo de Control Electrónico) energiza/des-energiza los solenoides de los inyectores unitarios para iniciar/detener la inyección.⁸³

El **del sistema de gestión eléctrica/electrónica** consta de los siguientes componentes principales:

- 1) **Componentes de entrada:** es un dispositivo que envía una señal eléctrica al ECM del sistema; la señal que se envía puede variar en voltaje, frecuencia o

⁸² CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 57-58.

⁸³ Una descripción más amplia sobre la inyección de combustible fue abarcada en el capítulo 3.2.6.3 de este trabajo de grado. p. 76-82.

duración del impulso. La variación de la señal se debe a cambios en algún sistema específico del vehículo. Un ejemplo claro de esos componentes son los sensores⁸⁴ e interruptores.

- 2) **Componente de control:** el ECM recibe las señales de los componentes de entrada; los circuitos internos del ECM evalúan las señales y suministran energía eléctrica a los componentes de salida del sistema. La cantidad y duración de la energía suministrada está basada en combinaciones pre-determinadas de los valores de las señales de entrada.
- 3) **Componentes de salida:** dispositivos operados por un control electrónico del cual recibe energía para realizar un trabajo (como los solenoides o actuadores) o para suministrar información (como emitir una luz o sonido de alarma al operario en la cabina).

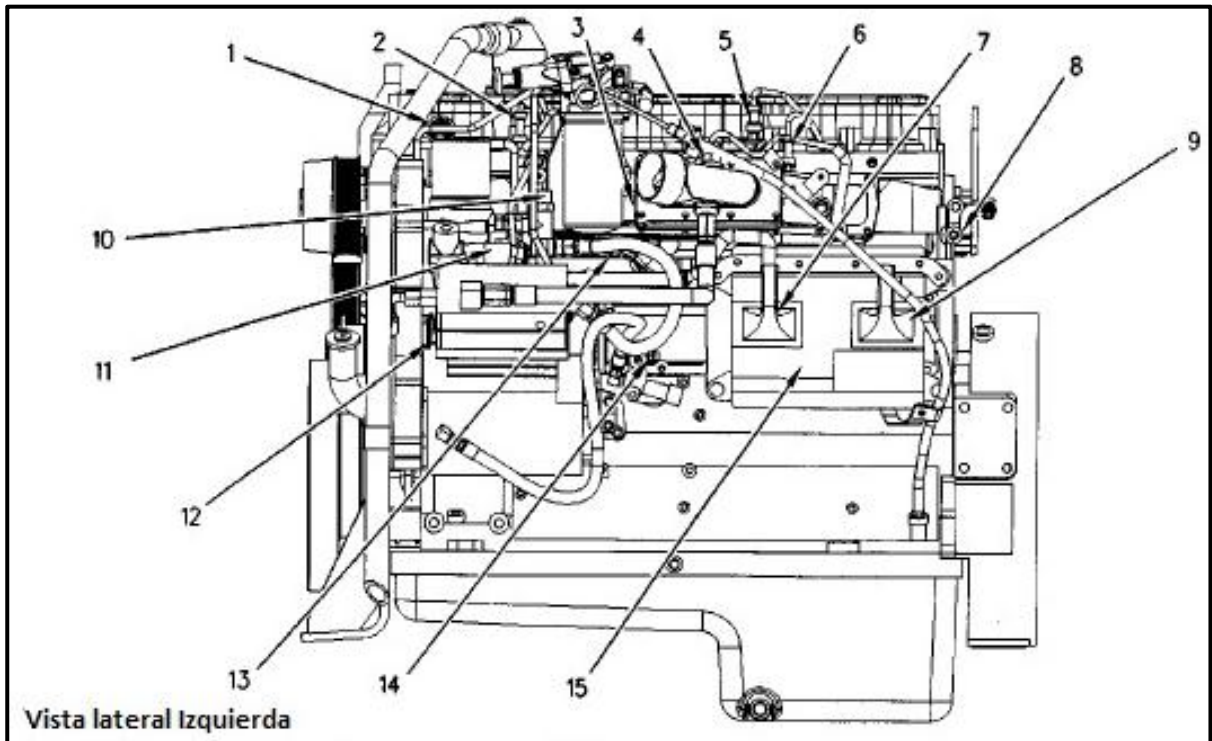
Los motores con controles electrónicos aumentan su rendimiento, disminuyen el consumo de combustible y reducen los niveles de emisiones contaminantes al ambiente.⁸⁵

La disposición de los componentes del sistema de gestión eléctrica/electrónica del motor se ilustra en las figuras siguientes.

⁸⁴ Una descripción más amplia sobre los sensores fue abarcada en el capítulo 3.2.4 de este trabajo de grado. p. 63-65.

⁸⁵ CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 12-16.

Figura 65. Componentes sistema gestión electrónica (vista lateral izquierda del motor).

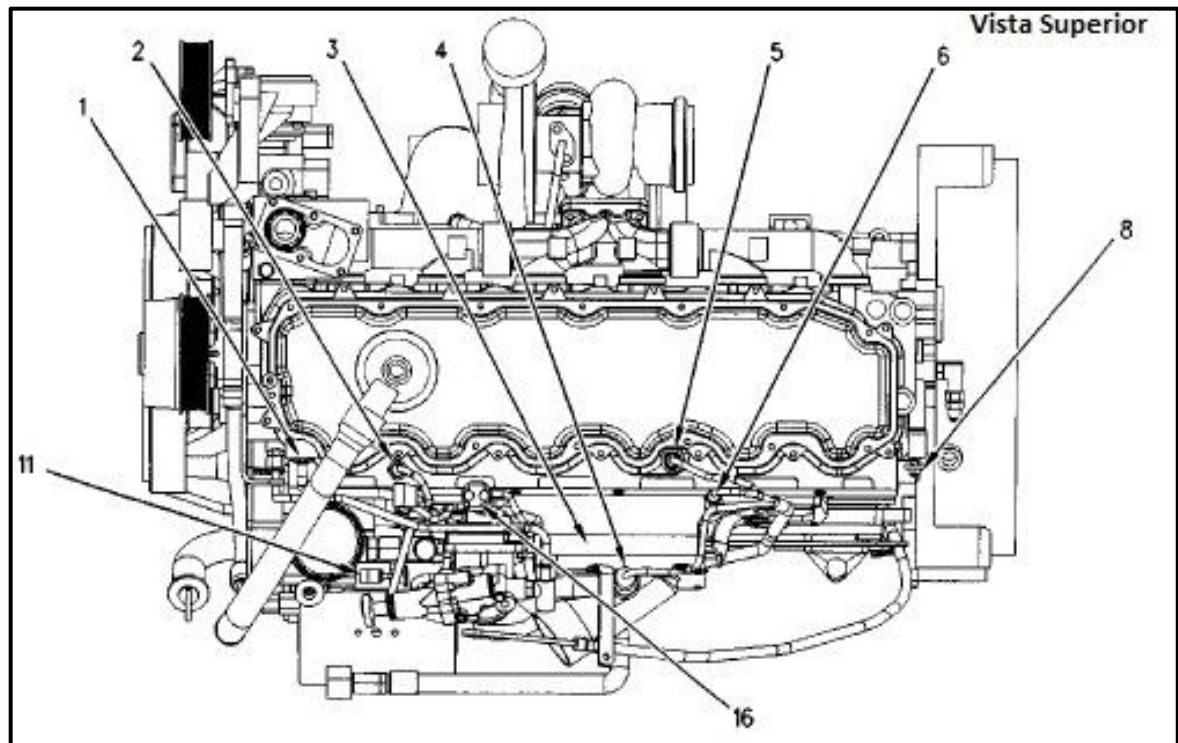


Componentes del Sistema de Control Electrónico (Vista lateral izquierda):

1. Arandela de goma para mazo de cables de inyectores.
2. Sensor de Presión de accionamiento de inyección.
3. Calentador del aire de admisión.
4. Sensor de Temperatura del aire de admisión.
5. Sensor de Presión Atmosférica.
6. Sensor de Presión de refuerzo.
7. Conector del mazo de cables J2/P2.
8. Conexión del espárrago a tierra del motor.
9. Conector del mazo de cables del vehículo J1/P1.
10. Sensor de temperatura de aceite del motor.
11. Válvula Control de Presión de accionamiento de inyección.
12. Sensores de sincronización de velocidad del motor.
13. Sensor de Temperatura del refrigerante.
14. Sensor de Presión de aceite.
15. ECM.

Fuente: CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 12.

Figura 66. Componentes sistema gestión electrónica (vista superior del motor).



**Componentes del Sistema de Control Electrónico
(Vista Superior):**

- 1. Arandela de goma para mazo de cables de inyectores.**
- 2. Sensor de Presión de accionamiento de inyección.**
- 3. Calentador del aire de admisión.**
- 4. Sensor de Temperatura del aire de admisión.**
- 5. Sensor de Presión Atmosférica.**
- 6. Sensor de Presión de refuerzo.**
- 8. Conexión del espárrago a tierra del motor.**
- 11. Válvula Control de Presión de accionamiento de inyección.**
- 16. Relé del calentador de aire de admisión.**

Fuente: CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001. p. 13.

3.3. DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES EN LA EMPRESA

Del 01 de Enero a 31 de Mayo de 2013 se han emitido 1377 OT (todos los equipos de la empresa), de ellas 550 son de PM (39.94%) y 827 son correctivas (60.06%); de las correctivas 85 son OT de motores (6.17% del total de OT y 10.38% de OT correctivas) y 119 son correctivos eléctricos.

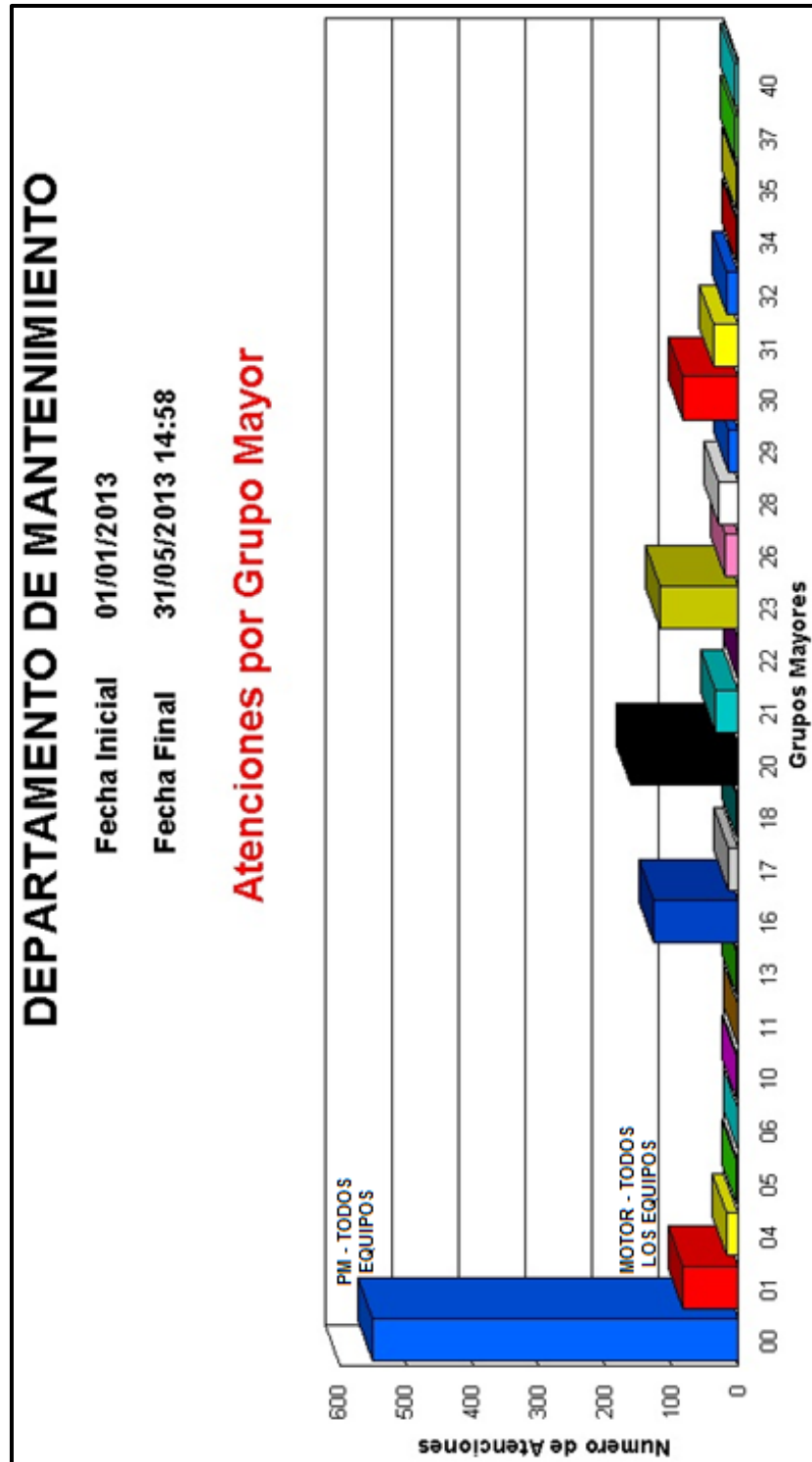
En la figura y tabla siguientes se ilustra el registro de OT emitidas desde 01 Enero – 31 Mayo de 2013 clasificadas por grupos mayores de reparaciones.

Tabla 5. Descripción OT grupos mayores (01 Ene-31 May 2013).

Grupo	Descripción	Cuenta
00	PM	550
01	MOTOR	85
04	TRANSMISION	19
05	DIFERENCIAL	3
06	MANDOS FINALES	1
10	MOTORES DE GIRO	3
11	MOTORES DE TRASLACION	2
13	CUCHILLA	4
16	LLANTAS	129
17	TREN DE RODAJE	15
18	CILINDROS HIDRAULICOS	3
20	EQUIPO EN GENERAL	162
21	SISTEMA HIDRAULICO	35
22	SISTEMA DE DIRECCION	2
23	SISTEMA ELECTRICO GENERAL	119
26	BALDE	20
28	IMPLEMENTOS	30
29	SUSPENSIONES	16
30	CHASIS Y ESTRUCTURA	84
31	SISTEMA NEUMATICO Y FRENOS	38
32	ESTACION DEL OPERADOR	19
34	SISTEMA DE ENGRASE	4
35	SISTEMA NEUMATICO	4
37	CILINDRO DE COMPACTACION	6
40	SISTEMA DE FRENOS	5

Fuente: SISMA. Software de Mantenimiento de CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

Figura 67. Índice OT por Grupos de Atención (Todos Equipos).



Fuente: SISMA. Software de Mantenimiento de CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

De las de PM 52 (9.45%) y 22 (2.66%) de las correctivas son de volquetas Kodiak; de las 22 correctivas de volquetas en campo, 10 son de motores (11.76% de motores de todos los equipos y 45.45% de correctivas volquetas Kodiak). Es decir, casi la mitad de OT correctivas de las volquetas es de sus motores⁸⁶.

En la actualidad, la empresa utiliza el indicador de disponibilidad de sus motores basados en la disponibilidad misma del vehículo; es decir, que si el vehículo está varado por un problema de soldadura en la tapa del volco (por ejemplo), el motor también se asume como no disponible (aunque este operativo).

Esta forma práctica de calcular la disponibilidad de sus volquetas permite hacer el siguiente **cálculo tipo** para diagnosticar el estado de disponibilidad actual para las volquetas que emplean motores CAT 3126E según el proyecto en donde se encuentren ubicadas (ilustrado en la página siguiente):

Cálculo tipo Disponibilidad volquetas Kodiak Proyecto HOLCIM:

Volquetas en Proyecto = 49.

Volquetas Operativas = 43.

Volquetas No Operativas = 6.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Volquetas Operativas}}{\text{Volquetas en Proyecto}} \times 100\%$$

$$= \frac{43}{49} \times 100\%$$

Disponibilidad = 88%

⁸⁶ Arreglo de radiador, motor de arranque, bombín, bornes de baterías, fugas de aceite lubricador o de combustible, cambio de sensores y correas del motor entre otros.

Tabla 6. Diagnóstico de estado actual volquetas Kodiak-CONSTRUVICOL SA.

DIAGNOSTICO PRELIMINAR ESTADO VOLQUETAS (VSK + VDK) CONSTRUVICOL SA						
NUMERO DE VOLQUETAS	PROYECTOS	OPERATIVAS	NO OPERATIVAS	PORCENTAJE DISPONIBILIDAD	OBSERVACIONES	
49	HOLCIM	43	6	88%	Todas Volquetas Dobletroque KODIAK (VDK).	
5	GIRON	2	3	40%	Todas VDK.	
9	MESA DE LOS SANTOS	8	1	89%	8 VDK y 1 Volqueta Sencilla KODIAK (VSK).	
2	BARRANCA (LCI)	2	0	100%	Todas VSK.	
27	GUAVATA	20	7	74%	Todas VSK.	
2	VADO REAL	1	1	50%	Todas VSK.	
TOTALES						
NUMERO DE VOLQUETAS	PROYECTOS	OPERATIVAS	NO OPERATIVAS	PORCENTAJE DISPONIBILIDAD	OBSERVACIONES	
94	6	76	18	81%	- De las 94 volquetas, 62 son VDK y 32 VSK. - El Porcentaje de Disponibilidad se toma como Disponibles dividido sobre Número de Volquetas.	

Fuente: El Autor. Información tomada de: SISMA. Software de Mantenimiento de CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

3.4. PROGRAMA ACTUAL DE PM DE MOTORES DE LAS VOLQUETAS KODIAK DE LA EMPRESA

Las OT correctivas y preventivas de las volquetas son desarrolladas por sub-contratación por la empresa AMEP LTDA; el 30% del total de sus OT son correctivas⁸⁷.

3.4.1. Software para el mantenimiento de la empresa (SISMA).

La empresa cuenta con software para registro, programación y control de PM y Correctivos llamado SISMA que informa a todas las sedes; su acceso es restringido según jerarquía dentro de la empresa⁸⁸. Su presentación es con ventanas tipo Windows y ofrece base de datos en permanente actualización.

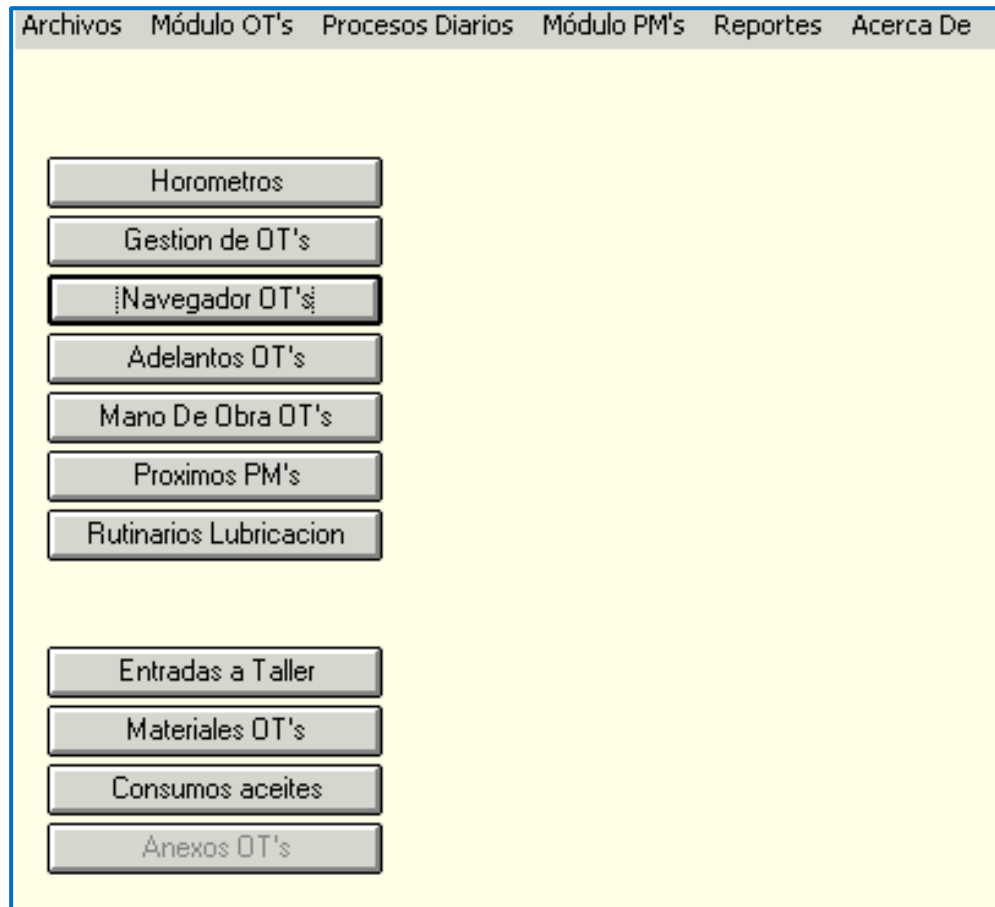
El programa puede incluir y relacionar con Mantenimiento información de otras áreas (inventarios, almacén, compras de repuestos entre otros).⁸⁹ Los digitadores de mantenimiento son quienes actualizan la información SISMA suministrada a través de formatos de control establecidos por la empresa (OT, reportes de operarios, pre-operatorios, etc.).

⁸⁷ Según información suministrada por el Departamento de Mantenimiento de Construvicol S.A.

⁸⁸ Digitador, Supervisor, Ingeniero, Gerente de Mantenimiento.

⁸⁹ Estos atributos del programa están en proceso de implementación actualmente.

Figura 68. SISMA-Pantalla de presentación.

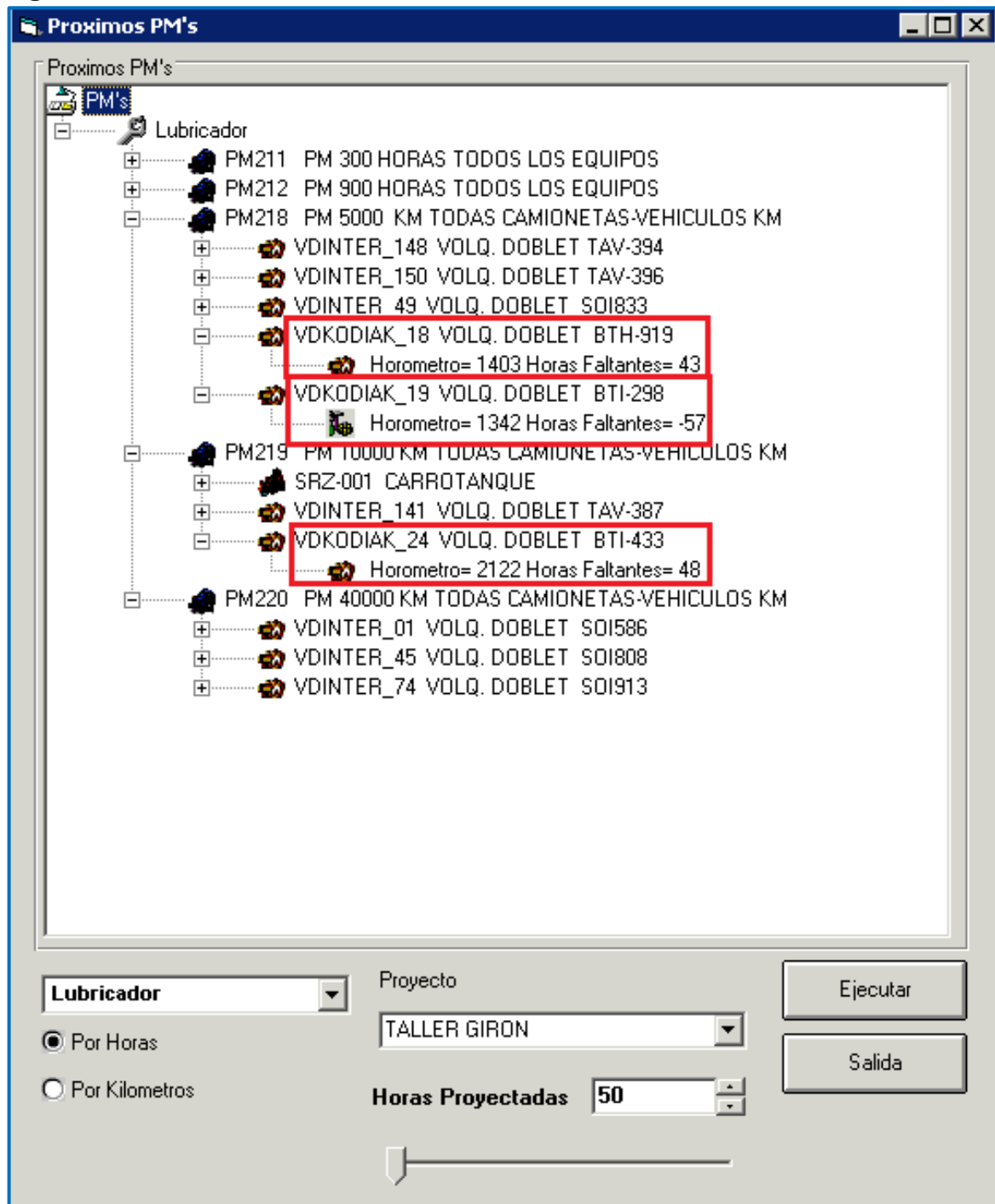


Fuente: SISMA. Software de Mantenimiento de CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

Para PM de las volquetas, SISMA programa y emite alarmas cuando se acerca el momento de realizarlos; el control se hace actualizando a diario los Horómetros (registro de horas) u Odómetros (registro de Kilómetros) de los vehículos.

Cada visualización indica además, cuántas horas faltan o están pasadas para el PM y el tipo de PM a realizar por parte del lubricador.

Figura 69. SISMA-Próximos PM.

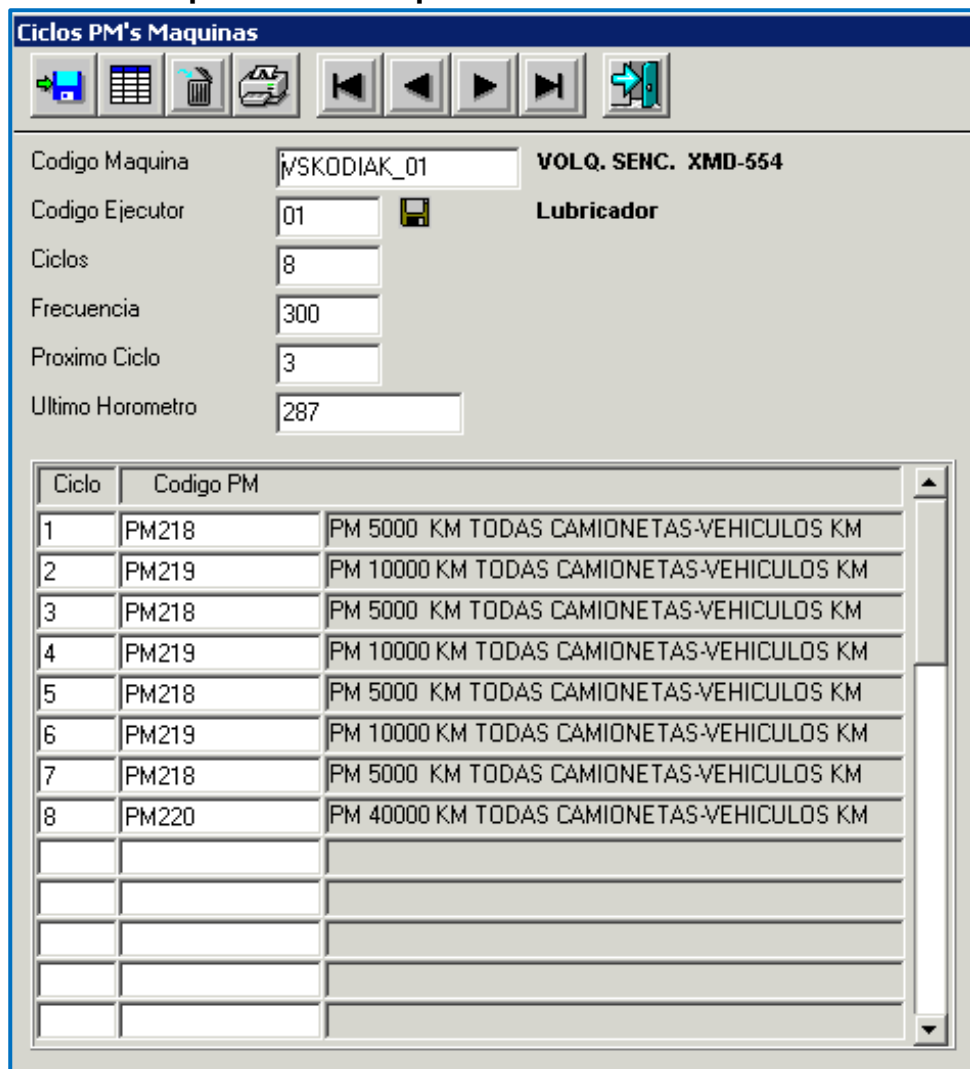


Fuente: SISMA. Software de Mantenimiento de CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

3.4.2. Tipos de PM para volquetas establecidos por la empresa.

La empresa cuenta para sus volquetas con tres tipos de PM: 218, 219 y 220; cada uno de ellos implica un procedimiento, duración de realización y actividades diferente y corresponde a un ciclo determinado.

Figura 70. SISMA-Tipos de PM volquetas kodiak.



Ciclos PM's Maquinas

Codigo Maquina: WSKODIAK_01 VOLQ. SENC. XMD-554

Codigo Ejecutor: 01 Lubricador

Ciclos: 8

Frecuencia: 300

Proximo Ciclo: 3

Ultimo Horometro: 287

Ciclo	Codigo PM	
1	PM218	PM 5000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM
2	PM219	PM 10000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM
3	PM218	PM 5000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM
4	PM219	PM 10000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM
5	PM218	PM 5000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM
6	PM219	PM 10000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM
7	PM218	PM 5000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM
8	PM220	PM 40000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM

Fuente: SISMA. Software de Mantenimiento de CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

Por ejemplo: los primeros 5000 Km recorridos⁹⁰ aplica para el ciclo 1 y se ejecuta PM 218, después de otros 5000 Km recorridos no se aplica el PM 218 otra vez sino el PM 219 que corresponde al ciclo 2 (o 10000 Km recorridos) y así sucesivamente y a los 40000 Km se aplica el ciclo 8 con el PM 220.

Adicionalmente, en cada ciclo de PM se realiza engrase general del vehículo.


3.4.2.1. PM 218 para volquetas kodiak.

Indiferente del ciclo a que corresponda se deberían realizar las labores por parte del lubricador y su ayudante dadas en la figura 69 (página siguiente).

Este tipo de PM se ejecuta a los primeros 5000 Km saltándose un ciclo para su próxima aplicación; es decir, se aplica en ciclos 1, 3, 5, 7 respectivos.

⁹⁰ Cuando la volqueta adquirida es usada, se realiza inspección de aceites (diferenciales, motor, etc.), filtros, posibles fugas y se hacen cambios necesarios para considerarla “nueva” a nivel de PM y después de recorrer 5000 Km se inicia con el ciclo 1.

Figura 71. SISMA-PM 218 para volquetas kodiak.

Codigo PM	PM218 
Descripción	PM 5000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM
Frecuencia	5000
Descripcion	
Tomar muestra de Aceite a cambiar	
Lineas del sistema de admisión del motor. (mangueras, abrazaderas, codos)	
Refrigerante para el sistema de enfriamiento. - Revisar / Añadir si es	
Agua y sedimentos del tanque de combustible. Drenar.	
Cambiar aceite del motor y filtro.	
Correas - Inspeccionar / Ajustar / Reemplazar.	
Baterias. - Revisar / Limpiar. Completar nivel de agua si es necesario	
Sistema de Aire Acondicionado. Revisar, limpiar. Filtros / Reemplazar si es	
Sistema de Frenos. Probar.	
Nivel de refrigerante. Revisar / Agregar si es necesario.	
Presión de aire de las llantas. Comprobar / Calibrar.	
Chequear luces exteriores, pito, y luces de los monitores.	
Ajustar correa del alternador	
Chequear y corregir fugas del sistema de combustible.	
Alinear el sistema de dirección.	
Ajustar grapas de sujeción de los muelles.	
Torquear pasadores de las ruedas.	

Fuente: SISMA. Software de Mantenimiento de CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

Caterpillar tiene un programa de intervalos de mantenimiento para motor 3126E en que define actividades a realizar correspondientes a ciclos de 250 horas⁹¹; a continuación se describen esas actividades para compararlas con las que la

⁹¹ CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 17-129.

empresa actualmente ejecuta en su PM 218 que coincide con el intervalo en horas:

Figura 72. Actividades programa PM Caterpillar 250 horas.

Nivel 1 de Mantenimiento Preventivo - Cada 17.700 km (11.000 millas) o 4150 L (1100 gal EE.UU.) de combustible o 250 horas de servicio o 6 meses	
Núcleo del posenfriador - Inspeccionar	131
Filtro del compresor de aire - Limpiar/Reemplazar	135
Nivel del electrolito de la batería - Comprobar	138
Correas - Inspeccionar	140
Aditivo de refrigerante suplementario (SCA) del sistema de enfriamiento - Comprobar/Añadir	154
Prisionero a tierra de la culata - Inspeccionar/Limpiar/Apretar	160
Respiradero del cárter - Limpiar	164
Muestra de aceite del motor - Obtener	171
Aceite y filtro del motor - Cambiar	173
Cojinete del mando del ventilador - Lubricar	192
Rejilla de la admisión de combustible - Limpiar/Inspeccionar/Reemplazar	193
Filtro Primario del Sistema de Combustible - Limpiar/Reemplazar	197
Filtro secundario del sistema de combustible - Reemplazar	198
Agua y sedimentos del tanque de combustible - Drenar	202
Mangueras y abrazaderas - Inspeccionar/Reemplazar	204
Radiador - Limpiar	207


Fuente: CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 128.

Comparando las dos ilustraciones (figuras 71 y 72 de esta y la página anterior) se observan actividades que la empresa omite; por ejemplo, limpieza del radiador, revisión del post-enfriador, revisión de prisioneros a tierra, limpieza del respiradero del cárter y limpieza de rejilla de admisión de combustible. Se considera entonces, que el PM 218 de la empresa puede complementarse con actividades adicionales recomendadas por el fabricante del motor.

3.4.2.2. PM 219 para volquetas kodiak.

Se realiza cada 10000 Km recorridos y corresponde a los ciclos de PM 2, 4, 6; las labores que se deberían realizar se describen a continuación.

Figura 73. SISMA-PM 219 para volquetas kodiak.

Codigo PM	PM219 
Descripción	PM 10000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM
Frecuencia	5000
Descripcion	
Refrigerante para el sistema de enfriamiento. - Revisar / Añadir si es	
Reemplazar filtros de aire del sistema de admisión del motor.	
Agua y sedimentos del tanque de combustible. Drenar.	
Cambiar aceite del motor y filtro.	
Tomar muestra de Aceite a cambiar	
Baterías. - Revisar / Limpiar. Completar nivel de agua si es necesario	
Sistema de Aire Acondicionado. Revisar, limpiar. Filtros / Reemplazar si es	
Sistema de Frenos. Probar.	
Nivel de refrigerante. Revisar / Agregar si es necesario.	
Presión de aire de las llantas. Comprobar / Calibrar.	
Chequear luces exteriores, pito, y luces de los monitores.	
Ajustar correa del alternador	
Chequear y corregir fugas del sistema de combustible.	
Alinear el sistema de dirección.	
Ajustar grapas de sujeción de los muelles.	
Torquear pasadores de las ruedas.	
Lubricar articulaciones de la dirección.	
Nivel de aceite del engranaje del diferencial. Revisar / completar si es	
Nivel de aceite de la dirección hidráulica. (si aplica) Revisar / completar si es	
Lineas del sistema de admisión del motor. (mangueras, abrazaderas, codos	

Fuente: SISMA. Software de Mantenimiento de CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

El ciclo de PM 219 de la empresa coincide con dos ciclos de 250 horas del programa de mantenimiento que tiene Caterpillar para el motor 3126E (ilustrado en la figura 71 de este trabajo de grado).

Comparando las dos ilustraciones (figuras 71 y 73 de este trabajo de grado) se observan actividades que la empresa omite; por ejemplo, limpieza del radiador, revisión del post-enfriador, revisión de prisioneros a tierra, limpieza del respiradero del cárter y limpieza de rejilla de admisión de combustible. Se considera entonces, que el PM 219 de la empresa puede complementarse con actividades adicionales recomendadas por el fabricante del motor.

3.4.2.3. PM 220 para volquetas kodiak.

Se realiza cada 40000 Km recorridos y corresponde al ciclo de PM 8; las labores que se deberían realizar se describen en la figura siguiente.

Figura 74. SISMA-PM 220 para volquetas kodiak.

Codigo PM	PM220
Descripción	PM 40000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM
Descripción	
Cambiar aceite de caja transmision.	
Cambiar Aceite de engranaje del diferencial	
Aceite y filtro de aceite del motor. - Cambiar y Tomar Muestra.	
Engrasar rodamientos ruedas traseras y delanteras y revisar para cambio o	

Fuente: SISMA. Software de Mantenimiento de CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

El ciclo de PM 220 de la empresa coincide con el ciclo de 2000 horas del programa de mantenimiento que tiene Caterpillar para el motor 3126E (ilustrado a continuación).

Figura 75. Actividades programa PM Caterpillar 2000 horas.

Nivel 2 de Mantenimiento Preventivo - Cada 161.000 km (100.000 millas) o 56.850 L (15.000 gal. EE.UU.) de Combustible o 2000 Horas de Servicio o Dos Años	
Núcleo del posenfriador - Limpiar/Probar	130
Compresor de aire - Inspeccionar	133
Alternador - Inspeccionar	136
Tensor de la correa - Inspeccionar	143
Termostato del agua del sistema de enfriamiento - Reemplazar	157
Amortiguador de vibraciones del cigüeñal - Inspeccionar	159
Motor - Limpiar	161
Elemento del filtro de aire del motor - Limpiar/Reemplazar	162
Soportes del motor - Inspeccionar	166
Luz de las válvulas del motor - Inspeccionar/Ajustar	181
Motor de arranque - Inspeccionar	210
Turbocompresor - Inspeccionar	210
Bomba de agua - Inspeccionar	215

Fuente: CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 128.

Comparando las dos ilustraciones (figuras 74 y 75 de este trabajo de grado) se observa actividades que la empresa omite: limpieza del post-enfriador y del motor, inspecciones del compresor de aire, alternador, amortiguador de vibraciones del cigüeñal, tensor de la correa, soportes del motor, luz de válvulas del motor, motor de arranque, turbocompresor y bomba de agua. Se considera entonces, que el PM 220 de la empresa puede complementarse con actividades adicionales recomendadas por el fabricante del motor.

3.4.3. Herramientas e insumos para PM motores volquetas kodiak.

En la realización de los PM se emplean las siguientes herramientas e insumos descritos en la tabla siguiente:

Tabla 7. Herramientas e insumos para PM volquetas kodiak.

TIPO PM	CANT	DESCRIPCION	OBSERVACION
218	1	Kit muestras de aceite CAT.	
219	1	Kit muestras de aceite CAT.	
	1	Filtro aire externo admisión motor ref.: P-527484.	
	1	Filtro aire interno admisión motor ref.: P-527680.	
220	3	Kit muestras de aceite CAT.	
	1	Copa larga 17 mm cuadrante ½”.	
	4 Gal	Aceite 80W90 TERPEL.	Caja de Cambios.
	4 Gal	Aceite 85W140 TERPEL.	Por cada diferencial.
TODOS LOS PM	1	Computador con módem, impresora, papel, mobiliario de oficina, etc.	Registro OT respectivas.
	1	Kit anti-derrames.	
	1	Lona plástica 2mX2m.	Contención de
	2	Rampas de apoyo para vehículos.	Metálicas.
	4	Guantes de Nitrilo.	Lubricador y auxiliar.
	4	Guantes de Hycron.	Lubricador y auxiliar.
	1	Llave para filtros tipo correa.	
	1	Llave para filtros tipo cadena.	
	1	Embudo metálico.	
	1	Recipiente recolector de aceite quemado.	
	1	Filtro Aceite motor ref.: P-554004.	
	1	Filtro ACPM ref.: P-551315.	
	1	Filtro Separador Agua ref.: P-553202.	
	1	Filtro Bypass ref.: P-555020.	
	0,25 Gal	Refrigerante CAT ref.: 238-8650.	Según nivel medido.
	7 Gal	Aceite 15W40 CAT ref.: 3E-9712.	Motor.
	1	Copa larga 23 mm cuadrante ½” PROTO.	
	1	Extensión 12” cuadrante ½” PROTO.	
	1	Volvedor cuadrante ½” X 15” PROTO.	
	1	Caja Metálica para Herramientas 26” PROTO.	
1	Ratchet reversible ½” X 16” PROTO.		

Fuente: El autor. Información suministrada por el departamento de mantenimiento de la empresa CONSTRUVICOL SA.

3.4.4. Personal para PM motores volquetas kodiak.

La empresa emplea el siguiente personal para realización de PM de los motores:

- (1) Digitador de mantenimiento.
- (1) Lubricador.
- (1) Auxiliar Lubricador.
- (1) Supervisor de Campo (o Taller).
- (1) Ingeniero de Mantenimiento.

3.4.5. Costos de PM volquetas kodiak.

Para el cálculo del costo de cada tipo de PM efectuado a los motores de las volquetas, se tienen en cuenta cuatro aspectos fundamentales: costo de uso de herramientas, de insumos, del personal empleado y de producción no realizada.⁹² Estos aspectos se evalúan según el tiempo empleado en cada tipo de PM asumiendo que el lubricador cuenta con lo necesario para ello.

Tabla 8. Costos para PM volquetas Kodiak.

TIPO DE PM VOLQUETAS ACTUAL	TIEMPO EMPLEADO [H]	COSTO USO HERRAMIENTAS [H]	COSTO DE INSUMOS [H]	COSTO DE PERSONAL [H]	COSTO DE PRODUCCION NO REALIZADA [H]	COSTOS TOTALES POR TIPO PM
PM 218	1,0	\$ 20,124	\$ 388,923	\$ 30,997	\$ 60,000	\$ 500,043
PM 219	1,0	\$ 20,124	\$ 481,661	\$ 30,997	\$ 60,000	\$ 592,781
PM 220	2,5	\$ 20,278	\$ 963,455	\$ 30,997	\$ 60,000	\$ 1.241,641

Fuente: El autor. Información suministrada por el departamento de mantenimiento de la empresa CONSTRUVICOL SA.

⁹² Costos por hora dados por Construvicol S.A; incluyen depreciaciones de activos.

De la tabla anterior se puede apreciar que los insumos empleados para cada PM representan el rubro más notable de inversión (cerca del 79%), seguidos por los costos de producción no realizada (casi el 11%), personal (aprox. 6%) y herramientas empleadas (4%). De igual manera, el PM tipo 220 es el más costoso de todos los realizados ya que implica mayor consumo de insumos en su realización.

3.5. ASPECTOS SUSCEPTIBLES DE MEJORA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS VOLQUETAS DE LA EMPRESA

Se pueden reducir los costos y tiempos de paradas no programadas de las volquetas extendiendo las revisiones al motor en los PM. El tiempo que permanece el vehículo en PM (no productivo) puede aprovecharse para realizar correcciones rápidas pendientes de los pre-operacionales diarios.

Dentro del plan actual de PM (tipos 218, 219 y 220) de los motores de vehículos KODIAK (volquetas) se detectan los siguientes aspectos susceptibles de mejora para los sistemas o sub-componentes del motor.

3.5.1. Sistema de arranque.

En el sistema de arranque del motor se detectan los siguientes aspectos susceptibles de mejora no contemplados en los tipos de PM actuales de las volquetas:

- Motor de arranque: no se le realizan inspecciones, solo mantenimiento correctivo no programado.

- Baterías: no se le hace revisión de estado de su caja de protección y conectores.
- Alternador: solo le revisan el estado de las correas, pero no comprueban su nivel de carga para el sistema ni sus conectores.
- Conectores a tierra: no se verifica su estado.

3.5.2. Sistema de inyección de combustible.

En el sistema de inyección de combustible del motor se detectan los siguientes aspectos susceptibles de mejora no contemplados en los tipos de PM actuales de las volquetas:

- Bomba de Alta (hidráulica): no se hace inspección de fugas por tuberías ni chequeo de ruidos de funcionamiento.
- Bomba de transferencia: no se revisa la rejilla de entrada de combustible a la bomba ni se chequea su ruido de funcionamiento.
- Bombín: no se verifica su funcionamiento ni posibles fugas.
- Líneas de inyección: no se verifican posibles fugas.

3.5.3. Sistema de admisión y escape.

En el sistema de admisión y escape del motor se detectan los siguientes aspectos susceptibles de mejora no contemplados en los tipos de PM actuales de las volquetas:

- Turbocompresor: no se revisan posibles fugas ni se chequea su ruido de funcionamiento.
- Post-enfriador: no se verifica estado del filtro interno de la tubería que comunica al turbo ni de posibles fugas

- Múltiple de escape: no se verifica estado de pernos y carcaza ni de posibles fugas.

3.5.4. Sistema de lubricación.

En el sistema de lubricación del motor se detectan los siguientes aspectos susceptibles de mejora no contemplados en los tipos de PM actuales de las volquetas:

- Bomba de aceite: no se verifican posibles fugas, ruido de funcionamiento ni estado de su base.
- Enfriador de aceite: no se verifican posibles fugas.
- Desfogue (respiradero) del cárter: no se verifica su estado físico ni el de la manguera.

3.5.5. Sistema de enfriamiento.

En el sistema de enfriamiento del motor se detectan los siguientes aspectos susceptibles de mejora no contemplados en los tipos de PM actuales de las volquetas:

- Compresor: no se verifica su estado, ni su filtro, ni posibles fugas. Tampoco se revisa el secador de aire.
- Bomba de agua: no se revisa el estado ni tensión de correas, ni posibles fugas ni ruido de funcionamiento.
- Radiador: no se verifica su estado, ni del depósito, ni posibles fugas de ambos.
- Mangueras y tuberías: no se verifican posibles fugas ni estado para cambio.

3.5.6. Sistema de gestión electrónica.

En el sistema de gestión electrónica del motor se detectan los siguientes aspectos susceptibles de mejora no contemplados en los tipos de PM actuales de las volquetas:

- Sensores: no se verifica su estado de ajuste.
- Mazo de cables: no se revisa su inmovilización (fijación a puntos del bloque, estado de amarres) ni el estado de su aislamiento.
- Conectores: no se verifica su estado.

3.6. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA PM DE LOS MOTORES DE VOLQUETAS KODIAK

Analizados los aspectos posibles a mejorar del programa actual de PM de motores de volquetas Kodiak de la empresa, se plantean los siguientes puntos como propuesta.

3.6.1. Actividades complementarias para PM.

Las actividades de ciclos de PM de la empresa no se están llevando a cabo en su totalidad; las de lubricación son ejecutadas por el lubricador y su auxiliar, pero las complementarias (otros sistemas del motor) no cuentan con personal capacitado para realizarlas. Las actividades complementarias propuestas para el PM de los motores de las volquetas serían:

Tabla 9. Actividades complementarias PM motores volquetas Kodiak.

COMPONENTES SISTEMAS ARRANQUE Y GESTION ELECTRONICA DEL MOTOR

COMPONENTE	ACTIVIDAD	EJECUTOR
Motor de Arranque	Verificar estado y tensión de correas. Chequear posibles ruidos anormales de funcionamiento. Verificar conectores y punto a tierra.	Auxiliar Electricista
Sensores	Inspeccionar ajuste de sensores. Si hay reportes de mal funcionamiento, medir voltajes de entrada/salida.	Auxiliar Electricista
Baterías	Verificar estado de la caja y tapas de las baterías. Verificar estado de conexiones, bornes y cables. Verificar/completar nivel de electrolito.	Auxiliar Electricista
Alternador	Verificar estado de conexiones. Chequear si esta cargando las baterías (ver amperímetro). Ver el estado y tensión de las correas.	Auxiliar Electricista
Cableado	Verificar estado de cables y conectores del motor. Asegurarlos si amerita. Chequear conexiones a tierra.	Auxiliar Electricista

COMPONENTES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR

Compresor	Verificar posibles fugas y estado de la válvula de alivio. Cambio del filtro (si es necesario). Revisión de posibles fugas del secador de aire.	Auxiliar Mecánico
Bomba de Agua	Verificar estado y tensión de correas. Inspeccionar posibles fugas o ruidos anormales.	Auxiliar Mecánico
Enfriador de Aceite	Verificar posibles fugas y conectores.	Auxiliar Mecánico
Radiador	Verificar posibles fugas. Verificar/completar nivel. Revisar estado del tanque de refrigerante.	Auxiliar Mecánico
Mangueras y tubería	Constatar estado de mangueras y conectores. Verificar posibles fugas.	Auxiliar Mecánico

Tabla 9. (Continuación).

COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCION DEL MOTOR

Bomba Alta (Hidráulica)	Verificar posibles fugas, ruidos extraños. Chequear presiones de funcionamiento si amerita.	Auxiliar Mecánico
Bomba de Baja (ACPM)	Verificar posibles fugas, ruidos extraños. Chequear presiones de funcionamiento si amerita. Limpiar o cambiar rejilla de entrada de combustible a la bomba.	Auxiliar Mecánico
Bombín	Verificar funcionamiento y posibles fugas.	Auxiliar Mecánico
Líneas de Inyección	Verificar posibles fugas y estado de conectores. Verificar aire en líneas (según reportes).	Auxiliar Mecánico
Inyectores	Verificar fugas por conectores y líneas. Chequear posibles ruidos anormales del motor.	Auxiliar Mecánico

COMPONENTES DEL SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE DEL MOTOR

Turbocompresor	Verificar posibles fugas, ruidos extraños.	Auxiliar Mecánico
Post-enfriador	Verificar estado de filtro interno de tubería del turbocompresor. Verificar posibles fugas.	Auxiliar Mecánico
Múltiple de Escape	Verificar estado de pernos y carcasa. Verificar posibles fugas, ruidos extraños.	Auxiliar Mecánico

COMPONENTES DEL SISTEMA DE LUBRICACION DEL MOTOR

Bomba de Aceite	Verificar posibles fugas, ruidos extraños. Revisar estado de la base.	Auxiliar Mecánico
Enfriador de Aceite	Verificar posibles fugas.	Auxiliar Mecánico
Respiradero del Cáster (Desfogue)	Verificar estado de tapa y manguera.	Auxiliar Mecánico

Fuente: El autor. Información tomada de: CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005. p. 111-237.

Estas actividades son de control e inspección; su fin es detectar o corroborar anomalías reportadas en pre-operatorios de equipos y evitar daños mayores en motores o paradas no programadas; si requieren acciones correctivas, deberán

ser planeadas/realizadas según grado de complejidad (auxiliares, mecánico o electricista).

3.6.2. Personal para ejecución de PM.

Se necesitaría un auxiliar electricista y uno mecánico con capacitación en las actividades complementarias a realizar y el uso de herramientas adicionales. El personal necesario quedaría así:

- (1) Digitador de mantenimiento.
- (1) Lubricador.
- (1) Auxiliar Lubricador.
- (1) Auxiliar Electricista.
- (1) Auxiliar Mecánico.
- (1) Supervisor de Campo (o Taller).
- (1) Ingeniero de Mantenimiento.

3.6.3. Herramientas e insumos necesarios para PM.

Adicionalmente a las herramientas empleados en los PM actuales (ver Tabla 7, página 126 de este trabajo de grado) se recurriría al uso de las siguientes herramientas:

Tabla 10. Herramientas e insumos adicionales para PM volquetas kodiak.

TIPO PM	CANT	DESCRIPCION	OBSERVACION
TODOS LOS PM	1	Tetragage CAT ref.: 6V-7830 (Med. Presiones).	Uso Bajo Supervisión.
	1	Tester-Multímetro (con cables y pinzas).	Auxiliar Electricista.
	1	Manómetro para ACPM.	Auxiliar Mecánico.
	1	Acidómetro para Baterías.	Auxiliar Electricista.
	1	Kit herramientas (juego llaves boca fija, juego copas cuadrante 1/2", caja h/tas, alicates, etc.).	Auxiliar Mecánico.
	1	Kit herramientas (juego llave boca fija, juego copas cuad. 3/8", caja h/tas, pinzas, cautín, cinta aislante, etc).	Auxiliar Electricista.
	1	Mirilla indicadora de aire en ACPM CAT ref.: 2P-8278.	Auxiliar Mecánico.

Fuente: El autor. Información suministrada por el departamento de mantenimiento de la empresa CONSTRUVICOL SA.

3.6.4. Tiempos de PM propuestos.

Los tiempos de PM propuestos se incrementan en 30 minutos cada uno para realizar actividades complementarias; no se contemplan acciones correctivas detectadas (cambio de sensores defectuosos, recarga/cambio de baterías u otros). Tampoco incluye tiempos de alistamiento de insumos y herramientas para cada PM.

Cada tipo de PM duraría aproximadamente: 1.5 horas para PM 218, 1.5 horas para 219 y 3 horas para 220.

3.6.5. Costos de PM propuestos.

Se incrementan en un promedio de 13,50% para todos los PM en comparación con los costos actuales; los costos de los insumos no varían. El incremento se

debe a un aumento de tiempo (30 minutos cada PM) para realizar las actividades complementarias.

Tabla 11. Costos para PM volquetas kodiak.

TIPO DE PM VOLQUETAS PROPUESTA	TIEMPO EMPLEADO [H]	COSTO USO HERRAMIENTAS [H]	COSTO DE INSUMOS	COSTO DE PERSONAL [H]	COSTO DE PRODUCCION NO REALIZADA [H]	COSTOS TOTALES POR TIPO PM
PM 218	1,5	\$ 30,442	\$ 388,923	\$ 38,396	\$ 60,000	\$ 582,180
PM 219	1,5	\$ 30,442	\$ 481,661	\$ 38,396	\$ 60,000	\$ 674,918
PM 220	3,0	\$ 34,950	\$ 963,455	\$ 38,396	\$ 60,000	\$ 1.363,493

Fuente: El autor. Información suministrada por el departamento de mantenimiento de la empresa CONSTRUVICOL SA.

Los costos de reparación de un motor son altamente afectados por la producción diaria no realizada (\$60.000 por hora), más costos de operario en stand by⁹³, más gestión de repuestos y trabajo de mecánico/auxiliar y/o trabajos externos; además, pueden redundar en daño de componentes mayores del mismo, comprometer la seguridad del operario y de terceros.

3.6.6. Inclusión de mejoras propuestas en software (SISMA) de la empresa.

El software de Mantenimiento de la empresa (SISMA), permite incorporar las actividades complementarias planteadas para seguimiento creándoles nueva codificación (a cada una de ellas); se requiere acceso especial de mayor jerarquía para ello, pero es posible realizarlo⁹⁴.

⁹³ Stand By: En espera de producción u operación.

⁹⁴ Las actividades complementarias de cada PM quedarían incluidas con su debida codificación en los espacios en blanco del ejemplo de la figura 76 (página siguiente).

- Mayor aprovechamiento del tiempo muerto (o no productivo) del vehículo durante la ejecución de su tipo de PM correspondiente.
- Capacitación del personal que lo ejecuta (motivación).
- Mayor confiabilidad y seguridad en los motores para operario y demás personal cercano al equipo.
- Disminución de paradas (o acciones correctivas) no programadas debidas a reparaciones del motor o sus sub-componentes.
- Conservación de la vida útil del motor y sus sub-componentes al evitar daños mayores en ellos.
- Aumento de la disponibilidad y confiabilidad de los motores.
- Disminución de presupuestos del área de mantenimiento por ahorro de costos imprevistos de reparaciones de motores en campo o sedes de la empresa.
- Disminución de pérdidas por producción no realizada debida a fallos en los motores.
- Contar con el registro y seguimiento de las actividades realizadas al motor y sus sub-componentes.

CONCLUSIONES

- ✓ La tendencia del mantenimiento actual es convertirse en una estrategia corporativa, que permita sistemas justo a tiempo en producción, con manufactura que implique alta confiabilidad en equipos bajo el concepto de servicio al cliente (interno o externo) con mayor disponibilidad y mantenibilidad con precios de servicios de mantenimiento competitivos.
- ✓ La metodología de mantenimiento implementada hace cerca de 5 años por el departamento de Mantenimiento de la empresa Construvicol S.A es la del Costo de Ciclo de Vida útil de sus equipos (LCC); lo que le ha permitido aumentar el porcentaje de disponibilidad de sus equipos del 60% (hace cinco años) al 81% en el presente.
- ✓ De las 22 OT correctivas generadas para las volquetas en campo desde enero a mayo de 2013, 10 son de reparaciones de sus motores (45.45% de OT correctivas volquetas Kodiak). Es decir, casi la mitad de OT correctivas de las volquetas de la empresa corresponden a daños en motores o alguno de sus subcomponentes.
- ✓ Los insumos empleados para cada tipo de PM del programa de mantenimiento de las volquetas Kodiak representan el rubro más notable de inversión (cerca del 79% del costo total del mismo), seguidos por los costos de producción no realizada (casi el 11%), personal (aproximadamente 6%) y herramientas empleadas (4%). El PM tipo 220 es el más costoso de todos los realizados ya que implica mayor consumo de insumos en su realización (se invierte de 2 a

2.5 veces el valor en comparación con los tipos 218 y 219 respectivamente) y requiere 1.5 horas más que los otros para su ejecución.

- ✓ Las actividades complementarias a implementar en los PM de los motores 3126E de las volquetas Kodiak de la empresa para el sistema de arranque y de gestión electrónica son:
 - Motor de arranque: revisar estado y tensión de correas, posibles ruidos anormales y conectores a tierra.
 - Sensores: verificar ajuste y comprobar mediciones de voltajes (según reportes de pre-operatorios).
 - Baterías: verificar estado de caja, tapas, bornes, cables y completar niveles de electrolitos.
 - Alternador: revisar estado y tensión de correas, ruidos anormales, conectores a tierra y comprobación de carga del sistema.
 - Cableado: verificar estado de cables y conectores, asegurarlos si amerita.

- ✓ Las actividades complementarias a implementar en los PM de los motores 3126E de las volquetas Kodiak de la empresa para el sistema de enfriamiento son:
 - Compresor: estado de válvula de alivio, cambio de filtro (si amerita) y verificar posibles fugas (incluso en el secador de aire también).
 - Bomba de agua: revisar estado y tensión de correas, posibles ruidos anormales y fugas.
 - Enfriador de aceite: verificar posibles fugas y estado de conectores.
 - Radiador: verificar posibles fugas y estado de conectores, completar nivel si amerita.
 - Mangueras y tuberías: verificar posibles fugas y estado de conectores, cambiar si amerita.

- ✓ Las actividades complementarias a implementar en los PM de los motores 3126E de las volquetas Kodiak de la empresa para el sistema de inyección de combustible son:
 - Bomba hidráulica: revisar posibles ruidos anormales y fugas, constatar presiones si amerita.
 - Bomba de transferencia: revisar posibles ruidos anormales y fugas, limpiar/cambiar rejilla admisión de combustible, constatar presiones si amerita.
 - Bombín: verificar funcionamiento y posibles fugas.
 - Líneas de inyección: revisar posibles fugas y aire (según reportes).
 - Inyectores: revisar posibles ruidos anormales y fugas.

- ✓ Las actividades complementarias a implementar en los PM de los motores 3126E de las volquetas Kodiak de la empresa para el sistema de admisión y escape son:
 - Turbocompresor: revisar posibles ruidos anormales y fugas.
 - Post-enfriador: verificar posibles fugas y estado de filtro interno (tubería del turbocompresor).
 - Múltiple de escape: verificar posibles fugas, estado de pernos y carcasa.

- ✓ Las actividades complementarias a implementar en los PM de los motores 3126E de las volquetas Kodiak de la empresa para el sistema de lubricación son:
 - Bomba de aceite: verificar posibles fugas, ruidos anormales y estado de la base.
 - Enfriador de aceite: verificar posibles fugas.
 - Respiradero del cárter: verificar estado de tapa y manguera (cambiar si amerita).

- ✓ Los costos de implementación de las mejoras propuestas para el desarrollo de cada PM se incrementan en un 13,50% respecto a los costos actuales de los mismos y el tiempo necesario para su ejecución se extiende treinta (30) minutos adicionales en cada uno de ellos. No obstante, los beneficios a corto y mediano plazo se verán reflejados en la disminución de paradas no programadas (con los costos imprevistos y pérdidas de tiempo consecuentes) y el aumento de disponibilidad y confiabilidad de los motores de las volquetas.

- ✓ El software de Mantenimiento de la empresa (SISMA), permite incorporar las actividades complementarias planteadas (ver páginas 140 y 141, sección conclusiones de este trabajo de grado) para seguimiento creándoles nueva codificación (a cada una de ellas); se requiere acceso especial de mayor jerarquía para ello, pero es posible realizarlo.

RECOMENDACIONES

- ✓ Es importante para el área de mantenimiento evaluar su desempeño sin saturarse de indicadores redundantes, sino de aquellos que le permitan hacer seguimiento claro y apropiado de las metas y directrices dadas al departamento.
- ✓ La optimización de los mecanismos convencionales de producción debe inculcar el uso, desarrollo e implementación de tecnologías limpias que aminoren la contaminación ambiental, que es y será uno de los aspectos más importantes de control y seguimiento para las empresas del sector industrial a nivel global.
- ✓ Desde el punto de vista económico para las empresas industriales, el mantenimiento debe convertirse en una estrategia de negocios, generadora de ingresos y reductora de costos basados en la buena gestión de sus activos y recurso humano.
- ✓ Ninguno de los modelos (o metodologías) empleados en la gestión del mantenimiento industrial son malos o buenos; su éxito depende de las circunstancias específicas de la empresa que lo quiera implementar (metas, limitaciones, presupuesto a destinar, etc.). Se recomienda realizar una buena selección por parte de la gerencia de mantenimiento.
- ✓ En opinión del autor de este trabajo de grado, la empresa Construvicol S.A podría implementar la metodología CCM (Mantenimiento Centrado en Competencias) que le permitiría al personal de mantenimiento centrarse en el análisis y optimización de sus procesos y procedimientos y delegar (a la empresa sub-contratada AMEP LTDA) las tareas rutinarias como PM y

reparaciones correctivas. Se han descartado otras metodologías (RCM, TPM, PMO) debido a que éstas incorporan métodos predictivos y ello implicaría inversiones onerosas, (ya que la empresa posee un parque de maquinaria y vehículos cercano a los 800 equipos). Un enfoque de Mantenimiento de clase Mundial (WCM) estaría fuera de lugar, pues la empresa no es exportadora de bienes ni posee sedes internacionales.

- ✓ Para el desarrollo de las actividades complementarias propuestas para los PM de los motores, se recomienda reforzar las orientaciones de seguridad necesarias para la ejecución de las mismas (eléctricas, mecánicas, generales); así como también, instruir debidamente al personal encargado en el uso de las herramientas requeridas para ello.
- ✓ El almacenamiento virtual de las fichas de ejecución de PM facilita el seguimiento del rendimiento del motor y sus sub-componentes; antes de imprimir la ficha actual a ejecutar, se recomienda repasar las previamente hechas a ése motor para verificar correcciones o tendencias previas.
- ✓ Además de las actividades complementarias propuestas, el tiempo muerto (o no productivo) del PM puede aprovecharse para realizar reparaciones menores informadas en los pre-operatorios de las volquetas como cambio de plumillas, cambio de bombillos quemados y similares.

BIBLIOGRAFIA

AVILA E., Rubén. Fundamentos de Mantenimiento: Guías Económicas, Técnicas y Administrativas. LIMUSA, Noriega Editores. México, 1995.

CATERPILLAR. Curso de electricidad aplicada maquinaria Caterpillar [On Line]. Publicada por Víctor Guti. Julio 2010. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/34823457/Curso-de-Electricidad-Aplicada-maquinaria-Caterpillar>).

CATERPILLAR. Curso de inyección directa EUI-HEUI-Caterpillar [On Line]. Publicada anónimamente. Abril 2011. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/53254599/Curso-de-Inyeccion-DIr-EUI-HEUI-CATERPILLAR>).

CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005.

CATERPILLAR. Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes: Motores 3126B y 3126E para Camión. Caterpillar, 2001.

CATERPILLAR. Página de consulta interactiva para equipos CATERPILLAR [On Line]. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa CONSTRUVICOL SA. Internet: (<http://www.sis.cat.com>).

CONDE CAVERO, Ricardo. Situación Actual y Tendencias del Mantenimiento Industrial [On Line]. VII Foro de la Competitividad en la Industria Metalmeccánica FREMM. Octubre de 2011. Internet: (<http://www.fremm.es/portal/UserFiles/File/noticias/2011/Octubre/Mto%20Industrial.pdf>).

CONSTRUVICOL S.A. Página web pública de la empresa Construvicol SA [On Line]. Internet: (<http://www.construvicol.com>).

CONSTRUVICOL S.A. Red de comunicación por internet de la empresa Construvicol SA [On Line]. Internet: (<http://www.intranet.construvicol.com>).

DUFFUAA Salih, RAOUF A. y CAMPBELL John Dixon. Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control. LIMUSA, Noriega Editores. México, 2000.

GENERAL MOTORS COLMOTORES. Manual del Conductor: CHEVROLET KODIAK. Impreso en Santafé de Bogotá, Derechos Reservados, 2005.

GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. ARTEGRAF S.A. España, 2007.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009.

PEREZ BELLO, Miguel Ángel. Sistemas auxiliares del motor. Ediciones Parainfo S.A. Madrid, España. 2011.

RODRIGUEZ CALDERON, Gustavo José. Modelo de Mantenimiento Preventivo para Maquinaria Pesada. Tesis Post-grado en Gerencia de Mantenimiento. UIS Bucaramanga, 1998.

SISMA. Software de Mantenimiento de CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

STONE. Base de Datos interactiva de la empresa CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

ANEXOS.

ANEXO A: Carta al Comité de Trabajos de Grado.

Bucaramanga, lunes 05 de Agosto de 2013

Señores

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO

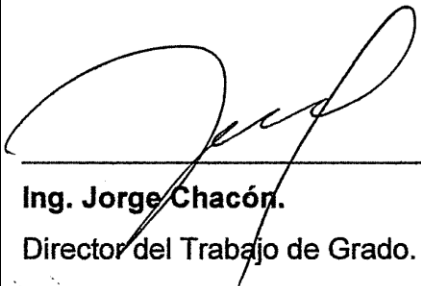
Escuela de Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander

Apreciados Señores:

Por medio de la presente hago entrega del Trabajo de Grado titulado "PROPUESTA PARA MEJORAMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS MOTORES DE LA FLOTA DE VOLQUETAS KODIAK DE LA EMPRESA CONSTRUVICOL S.A", elaborado por el estudiante **Wilmar José Nevado Castellanos** código 1952833 para su respectiva sustentación y calificación.

Atentamente,



Ing. Jorge Chacón.
Director del Trabajo de Grado.

* La fuente del texto es ARIAL 12.

ANEXO B: Paper.

PROPUESTA PARA MEJORAMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS MOTORES DE LA FLOTA DE VOLQUETAS KODIAK DE LA EMPRESA CONSTRUVICOL S.A

Wilmar José Nevado Castellanos
Ingeniero Mecánico
nevadonet@hotmail.com

Universidad Industrial de Santander

Director:
Ing. Jorge Luis Chacón Velasco

Este trabajo de grado se encargó de estructurar una propuesta para implementar mejoras al plan de Mantenimiento Preventivo (PM) de los motores de la Flota de volquetas Kodiak de la empresa Construvicol S.A., diagnosticando su estado actual, evaluando sus aspectos susceptibles de mejora, definiendo las posibles ventajas a obtener desde los puntos de vista de personal, costos, tiempo, disponibilidad de equipos y diseñando las fichas de las órdenes de trabajo (OT) correspondientes.

Adicionalmente se realizó un seguimiento sobre las metodologías más sobresalientes para el área de mantenimiento que se han aplicado a nivel global y se definió una tendencia característica para ellas.

Palabras Claves: Mantenimiento, preventivo, motores, volquetas, empresa.

1. INTRODUCCION.

El Plan de Mantenimiento que la empresa CONSTRUVICOL S.A aplica al ejecutar acciones correctivas y preventivas a los motores de su flota de volquetas Kodiak es susceptible de mejoras. Este trabajo consigna el desarrollo de una propuesta para dicho fin presentando las fichas de órdenes de trabajo (OT) respectivas e indicando la factibilidad de incorporación de dichas mejoras en el software de mantenimiento de la empresa (SISMA).

2. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Es el resultado de actividades realizadas a un equipo para conservarlo/restaurarlo a la condición que le permita desarrollar las funciones para las que fue adquirido.

2.1. Objetivos del Mantenimiento.

Maximizar la vida económica de un bien limitando su deterioro, minimizar costos de paradas no programadas, lograr máxima eficiencia en procesos productivos.

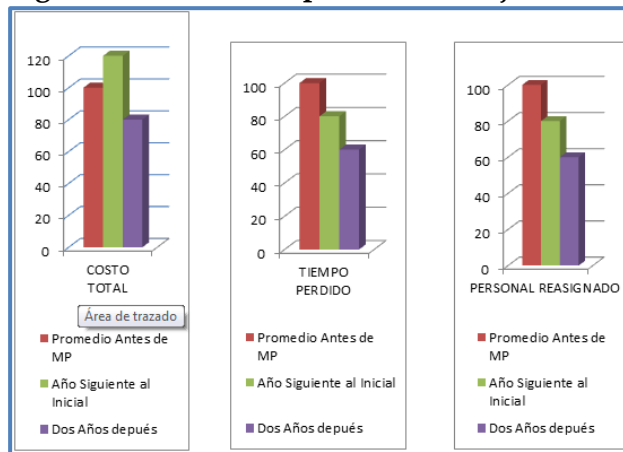
2.2. Mantenimiento Correctivo. Es la

ANEXO B: Continuación.

corrección de fallas cuando se presentan.

2.3. Mantenimiento Preventivo (PM). Son trabajos programados realizados a un equipo para detectar anomalías y evitar paradas imprevistas, accidentes o pérdidas de producción. Los costos pueden reducirse hasta un 30% para el área de mantenimiento con un buen plan de PM.

Figura 1. Cuadro Comparativo Ventajas PM.



2.4. Mantenimiento Predictivo. Revisión y estudio de variables asociadas a la operación de una máquina; permite a futuro diagnosticar en tiempo real la aparición de fallas para evitarlas y alargar su vida útil. Su principal inconveniente es económico.

2.5. Indicadores del Mantenimiento. Estos permiten evaluar la situación actual y el posible éxito/fracaso de medidas aplicadas en la empresa.

2.6. Costos del Mantenimiento. Los costos deben traducirse en beneficios a corto, mediano y largo plazo, incluso indicar los costos de no realizar acciones oportunas.

3. TENDENCIA GLOBAL DEL MANTENIMIENTO.

A continuación se exponen metodologías del mantenimiento (últimos 40 años) para señalar su evolución.

3.1. Costo de Ciclo de Vida (LCC). Se centra en rentabilidad de equipos y costo integral del servicio obtenido.

3.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM). Busca máximo rendimiento global de producción con máximo uso del potencial humano.

3.3. Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM). Identifica actividades a los activos operacionales más importantes; señala componentes críticos, aplica mantenimiento proactivo, predictivo y realiza chequeos del estado funcional.

3.4. Mantenimiento Proactivo. Detecta y corrige causas de desgaste que inducen fallas; busca conservar parámetros de falla en límites aceptables.

3.5. Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO). Metodología (largo plazo) para mejorar la confiabilidad, mantenibilidad y reducir horas de trabajo para mantenimiento.

3.6. Mantenimiento Orientado a Resultados. Esta Táctica la usan personas con experiencia; se basa en la intuición. Su

ANEXO B: Continuación.

uso debe ser para emergencias.

3.7. Benchmarking. Administración de calidad total; se escoge una planta/proceso exitoso como patrón de comparación y se implementa en la empresa propia.

3.8. Mantenimiento de Clase Mundial (WCM). Se anticipa a eventos futuros con reparaciones o actividades planeadas; para empresas internacionales o exportadoras.

3.9. Mantenimiento Centrado en Habilidades y Competencias (CCM). Concentra a mantenimiento en pocas personas con habilidades, conocimientos, competencias; la subcontratación se usa en actividades no fundamentales.

3.10. Reingeniería de Procesos. Es un nuevo comienzo de procesos productivos centrados en agregar valor al producto.

3.11. Concepto de Mejora Continua. Es resultado de mejoras discretas teniendo como guía la visión empresarial con objetivos e indicadores dados.

3.12. Terotecología. Integra la gestión, operación y costos del mantenimiento bajo orientación de LCC.

3.13. Tendencia del Mantenimiento. Mantenimiento nace con acciones correctivas, mediante PM se minimizan fallas y paradas imprevistas; surgen después formas de gestión del mantenimiento con tácticas productivas y luego el TPM integra producción con el mantenimiento. Los avances tecnológicos permiten el monitoreo de los parámetros funcionales de equipos evitando fallas. El liderazgo del mantenimiento en las empresas tiende a avanzar hacia niveles jerárquicos directivos (por contratación directa o de terceros).

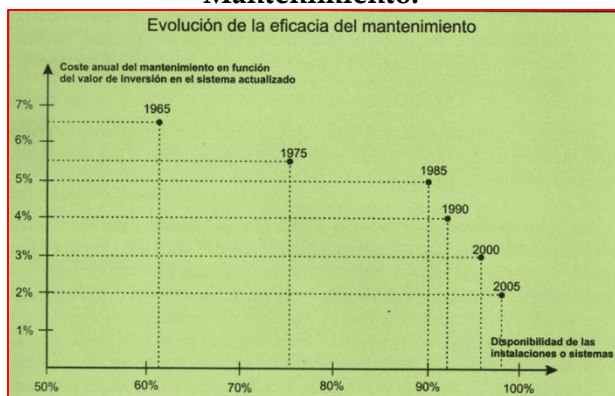
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.

4.1. Generalidades de la Empresa, su Flota de Volquetas y sus Motores CAT 3126E. (CONSTRUVICOL S.A) es una empresa legalmente constituida en 1995. Posee 94 volquetas Kodiak que emplean motores CAT 3126E.

Estos motores producen potencias entre 190 HP (142 KW) a 207 HP (154 KW); el ECM (Módulo de Control Electrónico) controla las respuestas del motor a las demandas operativas y determina la dosis de ACPM a inyectar. Estos motores detectan alteraciones y hacen auto-diagnóstico; usan inyectores HEUI (bombean, dosifican y sincronizan combustible) controlados por ECM.

4.2. Diagnóstico Actual del

Figura 2. Evolución de la Eficacia del Mantenimiento.



ANEXO B: Continuación.

Mantenimiento de los Motores. De Enero a Mayo de 2013 se han emitido 10 OT correctivas de motores (46% de OT correctivas de volquetas); la disponibilidad actual de estos vehículos está en 81%.

4.3. Programa Actual de PM de los Motores. Las OT de las volquetas son desarrolladas por AMEP LTDA (sub-contratación); el 30% del total de OT son correctivas.

La empresa cuenta con un software para mantenimiento (SISMA), el cual emite alarmas para seguimiento y ejecución de PM. Se realizan tres tipos de PM a las volquetas: 218, 219 y 220 con ciclos de ejecución de 5000 Km; los insumos empleados representan el mayor rubro de costo (79%) de cada uno.

4.4. Aspectos Susceptibles de Mejora del Programa.

- Al ejecutar PM correspondientes no se acatan las instrucciones descritas, solamente se verifica estado de filtros y aceites de motores para cambio.
- No se hace revisión de funcionamiento del motor (sistema de inyección de combustible, de enfriamiento y otros).
- En el tiempo de cada PM pueden realizarse correcciones pendientes de pre-operacionales diarios.

4.5. Propuesta de Mejora del Programa de PM de los Motores. Analizados los aspectos susceptibles de mejora se plantean los siguientes puntos como propuesta.

➤ Incluir actividades complementarias en cada PM para revisar componentes de sistema de arranque y electrónico, de enfriamiento, inyección, admisión-escape y lubricación del motor.

- Asignar un auxiliar electricista y uno mecánico capacitados en las actividades complementarias a realizar y el uso de herramientas adicionales necesarias.
- Incrementar los tiempos de PM en 30 minutos cada uno para realizar actividades complementarias; los PM durarían: 1.5 horas (PM 218 y 219) y 3 horas (PM 220).
- Aumentar los costos de PM actuales en un 13.50%; los beneficios se verán reflejados en disminución de paradas imprevistas, aumento de disponibilidad y prolongamiento de vida útil de los motores.
- Incluir actividades complementarias en el software de Mantenimiento (SISMA).

4.5. Ventajas de Mejoras Propuestas.

- ✓ Aprovechamiento del tiempo de PM de los vehículos.
- ✓ Mayor confiabilidad, disponibilidad y seguridad en los motores.
- ✓ Disminución de paradas imprevistas por reparaciones del motor o sus sub-componentes (prolongando vida útil).
- ✓ Disminución de presupuestos e inventarios del área de mantenimiento por ahorro de costos imprevistos por reparaciones de motores en campo o sedes de la empresa.
- ✓ Disminución de pérdidas por producción no realizada debida a fallos en los motores.
- ✓ Contar con el registro y seguimiento de las actividades realizadas al motor y sus sub-componentes.

ANEXO B: Continuación.

5. CONCLUSIONES.

- ✓ La tendencia del mantenimiento actual es convertirse en una estrategia corporativa, que permita sistemas justo a tiempo en producción, con alta confiabilidad, mayor disponibilidad y mantenibilidad.
- ✓ La metodología de mantenimiento empleada actualmente por la empresa es costo de ciclo de vida útil de los equipos.
- ✓ La mitad de OT correctivas generadas para las volquetas Kodiak de la empresa son de daños en motores o alguno de sus subcomponentes.
- ✓ Los costos de implementación de las mejoras propuestas para el desarrollo de cada PM se incrementan en un 13,50% respecto a los costos actuales y el tiempo necesario para su ejecución se extiende treinta (30) minutos adicionales. Los beneficios se verán reflejados en la disminución de paradas no programadas, el aumento de disponibilidad y confiabilidad de los motores de las volquetas.
- ✓ El software de Mantenimiento de la empresa (SISMA), permite incorporar las actividades complementarias planteadas para seguimiento.

6. BIBLIOGRAFIA.

CATERPILLAR. Manual De Operación Y Mantenimiento: Motores de camión 3126B y 3126E. Caterpillar, 2005.

GENERAL MOTORS COLMOTORES. Manual del Conductor: CHEVROLET KODIAK. Impreso en Santafé de Bogotá, Derechos Reservados, 2005.

GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión. ARTEGRAF S.A. España, 2007.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. Editorial ALFAOMEGA. Colombia, 2009.

SISMA. Software de Mantenimiento de CONSTRUVICOL SA. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa.

www.construvicol.com. Página web pública de la empresa Construvicol SA. Información general de la empresa.

www.sis.cat.com. Página de consulta interactiva para equipos CATERPILLAR. Accesos de Consulta de Información permitidos por la empresa CONSTRUVICOL SA.

Director: Ing. Jorge Luis Chacón Velasco

Docente Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

ANEXO C: Formato de Presentación (Lámina).

**PROPUESTA PARA MEJORAMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
LOS MOTORES DE LA FLOTA DE VOLQUETAS KODIAK DE LA EMPRESA
CONSTRUVICOL S.A**



WILMAR JOSE NEVADO

CASTELLANOS

Carrera 19 # 41-51. Apto: 702
Barrio Centro, Bucaramanga.

315 294 3763
6948559

nevadonet@hotmail.com




DIRECTOR: ING. JORGE LUIS CHACON VELASCO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2013

ANEXO D: Ficha (OT) de PM 218 propuesto para Volquetas Kodiak.



DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
ORDEN DE TRABAJO

CONSTRUVICOL S.A.
CONSTRUYENDO EN COLOMBIA

RUTINARIO DE LUBRICACIÓN

Número OT 14025

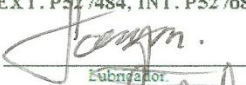
Fecha apertura	EJECUTOR	ENTRADA POR	H/RO CIERRE	Hora Entrada
17 JUNIO/13	LU BRICADOR	PMS		09:00 AM
Fecha cierre	UBICACION	HOROMETROS	GRUPO	COMONENTE
17 JUNIO/13	GIRON		PM	
MAQUINA	PRIORIDAD	SOLICITANTE	SERIE	Hora Salida
VDR - 88	NORMAL	Sisma MP	FALLA	10:35 AM

PM218 PM 5000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM Ultimo Horometro Ejecutado 0
HOROMETRO A EJECUTAR () FALTAN Ciclo PM =

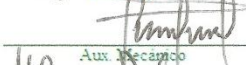
	SI	NO	OBSERVACIONES
Tomar muestra de aceite a cambiar.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Lineas del Sistema de Admisión del Motor. Mangueras, accesorios, filtros-Limpiar / Ajustar / Reemplazar si es necesario.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SIN REEMPLAZOS.
Refrigerante para el Sistema de Enfriamiento. - Revisar / Añadir si es necesario.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NIVEL NORMAL.
Cambiar aceite del motor y filtro.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Alinear el Sistema de Dirección.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ESTABA MUEBADO.
Sistema de Aire Acondicionado, Revisar, limpiar filtros / Reemplazar si es necesario.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NO APLICA.
Sistema de Frenos. Probar.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ajustar grapas de sujeción de los muelles.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Torquear pasadores de las ruedas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Presión de aire de las llantas. Comprobar / Calibrar.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Chequear luces exteriores, pito y luces de los monitores.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Motor de Arranque. Chequear ruido de funcionamiento, estado de conectores a tierra, tensión y estado de correas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sensores. Verificar ajuste, medir voltajes entrada salida (según reportes).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baterías. Verificar estado de caja y tapa, conexiones-bornes y cables, chequear carga, completar niveles si es necesario.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SE COMPLETO NIVELES.
Alternador. Verificar estado de conexiones, chequear ampermetro, estado y tensión de correas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SE AJUSTO BASE.
Cableado del Motor. Verificar estado de cables (asegurarlos), conectores y puntos a tierra.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Compresor. Verificar posibles fugas, estado de válvula de alivio, cambiar filtro (si es necesario), revisar posibles fugas del secador de aire.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bomba de Agua. Chequear ruido de funcionamiento, posibles fugas, estado y tensión de correa.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Enfriador de Aceite. Verificar posibles fugas y conectores.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Radiador. Verificar posibles fugas y completar nivel (si es necesario).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1/2 GALON DEPOSITO.
Verificar estado de mangueras y accesorios del sistema de enfriamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sistema de Inyección. Verificación de posibles fugas de Bombas (Alta y Baja presión)-chequear ruidos de funcionamiento, limpiar / cambiar rejilla entrada combustible a bomba, verificar aire en ductos (si amerita), drenar sedimentos tanque combustible.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bombin e Inyectores. Verificar funcionamiento y posibles fugas, chequear líneas y conectores.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

RELACION DE FILTROS PARA ESTE MANTENIMIENTO


CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD
	-CAMBIO DE ACEITE MOTOR 15W40 8 GAL.	
	-CAMBIO DE FILTROS ACEITE MOTOR P554004, BY-PASS P550777, ACPM P551315, SEP. P558010, AIRE EXT. P527484, INT. P527680-REVISION DE FLUIDOS, ENGRASE GENERAL.	

Realizado por: 

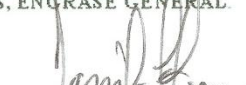
Lubricador




Aux. Mecánico



Aux. Eléctrico

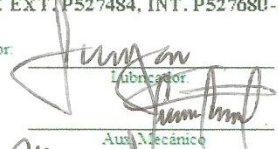

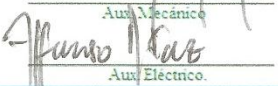

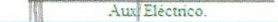
Supervisado por: 

Superv. Mantenimiento


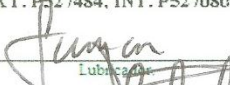
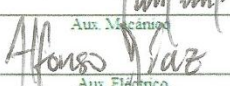

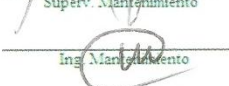


Ing. Mantenimiento

ANEXO E: Ficha (OT) de PM 219 propuesto para Volquetas Kodiak.

CONSTRUVICOL S.A. <small>CONSERVATORIOS DE COLOMBIA</small>		RUTINARIO DE LUBRICACIÓN		Número OT 14030	
Fecha apertura 10 JUNIO/13	EJECUTOR LUBRICADOR	ENTRADA POR PMs	H/TRO CIERRE	Hora Entrada 2:30 PM	
Fecha cierre 10 JUNIO/13	UBICACION GRON	HOROMETROS	GRUPO	PM	Hora Salida 4:02 PM
MAQUINA VOK-14	PRIORIDAD NORMAL	SOLICITANTE Sisma MP	COMPONENTE		
			SERIE		
			FALLA		
PM219 PM 10000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM Ultimo Horomtro Ejecutado 0 HOROMETRO A EJECUTAR () FALTAN Ciclo PM =					
			SI	NO	OBSERVACIONES
Tomar muestra de aceite a cambiar.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Lineas del Sistema de Admisión del Motor. Mangueras, accesorios, filtros-Limpiar / Ajustar Reemplazar si es necesario.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Refrigerante para el Sistema de Enfriamiento. - Revisar / Añadir si es necesario.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cambiar aceite del motor y filtro.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sistema de Dirección. Alinear, lubricar articulaciones, revisar / completar nivel de aceite hidráulico.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SE COMPLETO MWEL.
Nivel de aceite de diferenciales. Revisar / completar si es necesario.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sistema de Aire Acondicionado, Revisar, limpiar filtros Reemplazar si es necesario.			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NO APUCA.
Sistema de Frenos. Probar.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DELANTEROS GRABADOS.
Ajustar grapas de sujeción de los muelles.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Torquear pasadores de las ruedas.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Presión de aire de las llantas. Comprobar / Calibrar.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Chequear luces exteriores, pito y luces de los monitores.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PITO NUEVO.
Motor de Arranque. Chequear ruido de funcionamiento, estado de conectores a tierra, tensión y estado de correas.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sensores. Verificar ajuste, medir voltajes entrada salida (según reportes).			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Baterías. Verificar estado de caja y tapa, conexiones-bornes y cables, chequear carga, completar niveles si es necesario.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	BATERIAS NUEVAS.
Alternador. Verificar estado de conexiones, chequear amperímetro, estado y tensión de correas.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cableado del Motor. Verificar estado de cables (asegurarlos), conectores y puntos a tierra.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Compresor. Verificar posibles fugas, estado de válvula de alivio, cambiar filtro (si es necesario), revisar posibles fugas del secador de aire.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bomba de Agua. Chequear ruido de funcionamiento, posibles fugas, estado y tensión de correa.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Enfriador de Aceite. Verificar posibles fugas y conectores.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Radiador. Verificar posibles fugas y completar nivel (si es necesario).			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Verificar estado de mangueras y accesorios del sistema de enfriamiento.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sistema de Inyección. Verificación de posibles fugas de Bombas (Alta y Baja presión)-chequear ruidos de funcionamiento, limpiar / cambiar rejilla entrada combustible a bomba, verificar aire en ductos (si amerita), drenar sedimentos tanque combustible.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bombin e Inyectores. Verificar funcionamiento y posibles fugas, chequear líneas y conectores.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
RELACION DE FILTROS PARA ESTE MANTENIMIENTO					
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD			
	-CAMBIO DE ACEITE MOTOR 15W40 8 GAL.				
	-CAMBIO DE FILTROS ACEITE MOTOR P554004, BY-PASS P550777, ACPM P551315, SEP. P558010, AIRE EXT. P527484, INT. P527680-REVISION DE FLUIDOS, ENGRASE GENERAL.				
Realizado por:	 Lubricador		Supervisado por:	 Superv. Mantenimiento	
	 Aux Mecánico			 Ing. Mantenimiento	
	 Aux Eléctrico.				

ANEXO F: Ficha (OT) de PM 220 propuesto para Volquetas Kodiak.

 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ORDEN DE TRABAJO		RUTINARIO DE LUBRICACIÓN	Número OT
CONSTRUVICOL S.A. <small>CONSERVIAS DE COLOMBIA</small>		Número OT 14042	
Fecha apertura 19 JUNIO/13	EJECUTOR LUBRICADOR	H/TRO CIERRE	Hora Entrada 08:00 AM
Fecha cierre 19 JUNIO/13	ENTRADA POR UBICACION HOROMETROS PMs GRON	GRUPO COMPONENTE SERIE FALLA	Hora Salida 10:40 AM
MAQUINA VDR-35	PRIORIDAD SOLICITANTE NORMAL Sisma MP		
PM220 PM 40000 KM TODAS CAMIONETAS-VEHICULOS KM Ultimo Horometro Ejecutado HOROMETRO A EJECUTAR () FALTAN Ciclo PM =			
		SI NO	OBSERVACIONES
Tomar muestra de aceite a cambiar.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Cambiar aceite de Caja de Transmisión.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Cambiar aceite de diferenciales.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Engrasar rodamientos de ruedas delanteras y traseras y revisarlas para posible reemplazo.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Lineas del Sistema de Admisión del Motor. Mangueras, accesorios, filtros-Limpiar / Ajustar / Reemplazar si es necesario.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Refrigerante para el Sistema de Enfriamiento - Revisar / Añadir si es necesario.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Cambiar aceite del motor y filtro.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Sistema de Dirección. Alinear, lubricar articulaciones, revisar / completar nivel de aceite hidráulico.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Sistema de Aire Acondicionado. Revisar, limpiar filtros / Reemplazar si es necesario.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> NO APLICA.
Sistema de Frenos. Probar.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Ajustar grapas de sujeción de los muelles.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Torquear pasadores de las ruedas.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Presión de aire de las llantas. Comprobar / Calibrar.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Chequear luces exteriores, pito y luces de los monitores.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Motor de Arranque. Chequear ruido de funcionamiento, estado de conectores a tierra, tensión y estado de correas.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> CORREAS NUEVAS.
Sensores. Verificar ajuste, medir voltajes entrada salida (según reportes).		<input checked="" type="checkbox"/>	
Baterías. Verificar estado de caja y tapa, conexiones-bornes y cables, chequear carga, completar niveles si es necesario.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Alternador. Verificar estado de conexiones, chequear ampermetro, estado y tensión de correas.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Cableado del Motor. Verificar estado de cables (asegurarlos), conectores y puntos a tierra.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Compresor. Verificar posibles fugas, estado de válvula de alivio, cambiar filtro (si es necesario), revisar posibles fugas del secador de aire.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Bomba de Agua. Chequear ruido de funcionamiento, posibles fugas, estado y tensión de correa.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Enfriador de Aceite. Verificar posibles fugas y conectores.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Radiador. Verificar posibles fugas y completar nivel (si es necesario).		<input checked="" type="checkbox"/>	
Verificar estado de mangueras y accesorios del sistema de enfriamiento.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Sistema de Inyección. Verificación de posibles fugas de Bombas (Alta y Baja presión)-chequear ruidos de funcionamiento, limpiar / cambiar rejilla entrada combustible a bomba, verificar aire en ductos (si amenta), drenar sedimentos tanque combustible.		<input checked="" type="checkbox"/>	
Bombas e Inyectores. Verificar funcionamiento y posibles fugas, chequear líneas y conectores.		<input checked="" type="checkbox"/>	
RELACION DE FILTROS PARA ESTE MANTENIMIENTO			
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	
-CAMBIO DE ACEITE MOTOR 15W40 CAT, TRANSMISION Y DIFERENCIALES. -CAMBIO DE FILTROS ACEITE MOTOR P554004, BY-PASS P550777, ACPM P551315, SEP. P558010, AIRE EXT. P527484, INT. P527680-REVISION DE FLUIDOS, ENGRASE GENERAL			
Realizado por:	 Lubricador		
	 Aux. Mecánico Aux. Eléctrico		
Supervisado por:	 Superv. Mantenimiento		
	 Ing. Mantenimiento		