

**MODELO GERENCIAL PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO  
EN EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA EN  
COLOMBIA**

**PAUL GOMEZ PLATA**

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

**2009**

**MODELO GERENCIAL PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO  
EN EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA EN  
COLOMBIA**

**ING. PAUL GOMEZ PLATA**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: JUAN MANUEL HERNANDEZ BOTERO  
Ing. Transportes y Vías**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
Bucaramanga  
2009**

A Dios por brindarme la oportunidad de completar este trabajo, mi querida esposa Cristina, mis hijos Juan David y Manuel Santiago por motivarme durante la realización del mismo y en mi vida en general.

Paul

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

La empresa **TRANSANDINA DE TANQUES**, por el apoyo brindado para la culminación de este proyecto.

Al Ingeniero **Juan Manuel Hernández** por su gran colaboración en la dirección de esta monografía.

A **Carlos Ramón González**, Ingeniero Mecánico y Coordinador de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Al cuerpo docente de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento, por los conocimientos transmitidos.

A todos los compañeros de la especialización por permitirme aprender y crecer al transmitir sus experiencias tanto personales como profesionales.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	1
1. ASPECTOS MACROECONÓMICOS AÑO 2.007	3
1.1 PRODUCTO INTERNO BRUTO	3
1.2 PIB TRANSPORTE	3
1.3 EL PIB Y EL COMERCIO EXTERIOR DE LA COMUNIDAD ANDINA <sup>5</sup>	6
1.3.1 Producto Interno Bruto.	6
1.3.2 Comercio Global de la Comunidad Andina.	6
1.3.3 Exportaciones Intracomunitarias	7
1.3.4 Exportaciones Extracomunitarias.	7
1.3.5 Importaciones Extracomunitarias.	7
1.3.6 Exportaciones e importaciones por principales mercados.	8
2. TRANSPORTE TERRESTRE DE CARGA	10
2.1 TRANSPORTE DE CARGA TERRESTRE	10
2.2.1 Estructura organizacional del sector.	10
2.2.2 Carga nacional.	13
2.3 COSTOS DEL TRANSPORTE	14
2.4 EQUIPOS	18
2.4.1 Parque Automotor	18
3. PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE DE CARGA	21
4. OBJETIVOS	23
4.1 OBJETIVO GENERAL	23
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	23
5. MANTENIMIENTO	24
5.1 OBJETIVOS Y FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO	25
5.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO	26

5.2.1 Mantenimiento preventivo.	26
5.2.2 Mantenimiento periodico.	26
5.2.3 Mantenimiento predictivo	26
5.2.4 Mantenimiento productivo total (TPM).	27
6. ANALISIS DE ACEITES	29
6.1 TRIBOLOGIA EN MOTORES DIESEL	29
6.2 DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE MOTORES DIESEL MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ACEITE LUBRICANTE <sup>1</sup>	31
6.3 PÉRDIDAS MECÁNICAS EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA	33
7. ADMINISTRACION DE COMBUSTIBLES Y LLANTAS	48
7.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN MOTORES DIESEL	48
7.2 ADMINISTRACIÓN DEL COMBUSTIBLE	49
7.3 RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COMBUSTIBLE (SEGÚN CONAE)	49
7.4 ADMINISTRACION DE LLANTAS	51
7.4.1 Elección de las llantas.	51
7.4.2 Reesculturado.	52
7.4.3 Reencauche.	52
7.5 ESQUEMA DE CONTROL PARA LA ADMINISTRACION DE LLANTAS	53
7.6 ANALISIS DE FALLAS A TRAVÉS DEL PRINCIPIO DE PARETO	53
7.7 REPOTENCIACION Y RENOVACION DE EQUIPOS DE TRANSPORTE	59
8. INDICADORES DE MANTENIMIENTO	61
8.1 CONFIABILIDAD	61
8.2 MANTENIBILIDAD	61
8.3 DISPONIBILIDAD	62
9. MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO	63
9.1 MODELO DE MANTENIMIENTO APLICADO A EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CARGA	65
9.2 NIVELES DE MANTENIMIENTO	67
9.2.1 Niveles de Mantenimiento	67

9.3 DEFINICIONES DE SISTEMAS Y PARTES DE LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE DE CARGA	69
MANTENIMIENTO ORDINARIO	74
10. IMPLEMENTACION DEL MODELO	82
CONCLUSIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	88

## LISTA DE GRAFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1 - Comparativo PIB Total vs PIB Transporte	4
Gráfico 2. Contribución por modos al PIB Transporte	5
Gráfico 3. Exportaciones e importaciones de la comunidad andina	8
Gráfico 4. Estructura organizacional de sector	11
Gráfica 5. Evolución del transporte de carga 2000 a 2005	14
Gráfico 6. Edad promedio del parque automotor	19
Gráfico 7. Pérdidas mecánicas debido a la temperatura	34
Gráfico 8. Eficiencia en consumo de un motor Diesel	48
Gráfico 9. Análisis de pareto fallas frecuentes tracto – camiones de carga	59

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 - Producto Interno Bruto	3
Tabla 2 - PIB TOTAL vs. PIB TRANSPORTE	4
Tabla 3. - Producto interno bruto real total (tasa de crecimiento anual de los valores constantes)	6
Tabla 4. COMUNIDAD ANDINA - Comercio con el Mundo Miles de Dólares	6
Tabla 5. Movimiento de carga nacional (Miles de toneladas)	13
Tabla 6. Indicadores de costos de operación	15
Tabla 7. Comparativo Costos de Operación 2004 – 2006	16
Tabla 8. Variaciones (%) 2004 – 2006	17
Tabla 9. Composición I Parque Automotor. Año 2006F	18
Tabla 10. Evolución Histórica del Mantenimiento	25
Tabla 11. Características físico-químicas del aceite lubricante de uso en motores diesel y gasolina	33
Tabla 12. Pérdidas mecánicas en motores Diesel y Gasolina	34
Tabla 13. Intervalos recomendados de toma de muestras de aceite	42
Tabla 14. Interpretación de las escalas de cambio	43
Tabla 15. Límites de Control de la viscosidad del aceite lubricante para motor Diesel	43
Tabla 16. Límites de control o de rechazo de aceites para motor	43
Tabla 17. Contenido de partículas metálicas (ppm) límites de control o de rechazo de aceites para motor Diesel (*).	43
Tabla 18. Pruebas de análisis de aceites, objetivo y resultado	45
Tabla 19. Aplicación de pruebas de análisis de aceite	46
Tabla 20. Bitácora de consumo de combustible	49

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Transporte terrestre de carga	10
Figura 2. Problemas clave asociados a la lubricación	30
Figura 3. Productos de la combustión en motores	31
Figura 4. Combinación de estrategias de mantenimiento	47
Figura 5. Mínima banda de rodamiento para reesculturado	52
Figura 6. Esquema de control para la administración de llantas	53
Figura 7. Análisis de fallas a través del principio de pareto	54
Figura 8. Esquema conceptual de un Modelo de Mantenimiento para flotas de transporte	64
Figura 9. Flujograma básico del proceso de Implementación	82

## LISTA DE ANEXOS

**Pág.**

ANEXO A. ANALISIS DE ACEITE LUBRICANTE USADO EN MOTOR DIESEL 89

## RESUMEN

**TITULO: MODELO GERENCIAL PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CARGA POR CARRETERA EN COLOMBIA\***

**AUTOR: PAÚL GOMEZ PLATA\*\***

**PALABRAS CLAVES:** *Mantenimiento, Flotas, Transporte, Equipo Móvil, Indicadores, Costos.*

**DESCRIPCIÓN:** La industria del transporte de carga se caracteriza por ser intensiva en capital, en donde un mantenimiento programado de los equipos y un mayor control sobre las operaciones de despachos, asignación de equipos y rutas, caracterización de mercancías, y un control detallado de cada uno de los viajes realizados aseguran la reducción de costos y una mayor productividad. Esto es fundamental en un escenario en el que los márgenes operativos en todos los sectores de transporte están siendo reducidos; en el que las empresas locales están todavía más interesadas en generar dividendos olvidando que el mantenimiento de su flota es la mejor manera de que ese dinero llegue de una forma más rentable; y, que la actual crisis petrolera genera una carestía de combustible. En ese escenario sólo una solución especializada de mantenimiento y entendimiento de las tendencias de transporte para la flotas, evitará que las unidades usen menos cantidad de combustible, menos insumos y repuestos y mediante técnicas de mantenimiento programado, las unidades permanecerán por más tiempo en óptimas condiciones.

El modelo Gerencial para la administración del Mantenimiento en Empresas de Transporte de Carga por Carretera, inicia con una síntesis del transporte de carga en Colombia, donde se analiza el papel del transporte dentro del desarrollo económico y social del país, luego se ven temas inherentes a Mantenimiento para vehículos de transporte de carga enfatizando en el mantenimiento predictivo a motores a través del análisis del aceite usado y posteriormente se analizan las variables que afectan los costos de operación más importantes como son el combustible y las llantas, y un análisis de fallas a través del principio de Pareto, para terminar con el planteamiento de un modelo de administración de mantenimiento y su implementación para empresas de transporte de carga.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Juan Manuel Hernández Botero – Ing. En Transportes y Vías

## SUMMARY

**TITLE:** MANAGERIAL MODEL FOR THE ADMINISTRATION OF THE MAINTENANCE IN COMPANIES OF TRANSPORT OF LOAD BY HIGHWAY IN COLOMBIA\*

**AUTHOR:** PAUL GOMEZ PLATA\*\*

**KEY WORDS:** Maintenance, Transport of Load, Tract-trucks, Indicators, Costs, Oil Analysis

## DESCRIPTION:

One feature of the cargo transporting industry is that it has a very high money capital, in which the equipment programmed maintenance, a high control over the dispatch operations, equipment and route assignments, discrimination of the merchandise and a detailed control of each of the carried out trips, ensure the cost reduction and a better productivity.

This is fundamental in a scenario in which the operational margins in all the transport sectors are being reduced; in which the local companies are still more interested in generating dividends, forgetting that its fleet maintenance is the best way that the money arrives in a more profitable way, and, that the current oil crisis generates an increase in the combustible fuels prices.

With less supplies and parts through programmed maintenance technics, the units will remain for a more extended period of time in optimal conditions.

The Managerial model for the administration of the Maintenance in Companies of Transport of Load by Highway, initiates with a synthesis of the transport of load in Colombia, where the role of Road Transportation as part of social and economic programs in the country is analyzed, soon see inherent subjects maintenance for vehicles of load transport emphasizing in the specific preventive maintenance programs for motor engines through out motor oil used analysis, input variable analysis impacting operational cost (gas and tires) and failure analysis using different root cause analysis tools to determine the best maintenance model and its implementation for road transportation enterprises.

---

\* Monograph

\*\* School of mechanical Engineering, Maintenance Management Specialization. Director: Juan Manuel Hernández Botero, Highway and Transport Engineer.

## INTRODUCCIÓN

El estado y grado de desarrollo de la infraestructura de transporte y de su esquema institucional son factores estratégicos para la productividad y competitividad de un país. Es así como el transporte juega un papel relevante en la economía colombiana dentro del proceso de globalización por ser factor determinante en la competitividad de los productos y servicios que el país pueda ofrecer en los mercados internacionales, por su contribución en la producción industrial y agrícola, y por su aporte al incremento del bienestar individual al facilitar la movilidad y la accesibilidad a servicios básicos tales como educación y salud. Así mismo se constituye en una importante fuente de rentas para el Estado, generador de empleo y en consecuencia contribuye a disminuir las diferencias en el ingreso per-capita.

No obstante para el transporte de carga las políticas del gobierno no han sido destinadas a mejorar la competitividad sino que ha estado el sector amparado por políticas proteccionistas a la industria, como la tabla de fletes la cual aplica para productos terminados, donde generadores de carga, deben pagar valores establecidos para trasladar sus productos entre dos puntos determinados del país. Dichos mecanismos impiden la motivación para mejorar el sector mediante programas de renovación de flotas o implementación de estudios técnicos de oferta y demanda necesaria para la operación de la flota de transporte anual requerida.

Como consecuencia existe sobre oferta de transporte de carga, con alto porcentaje de transportistas individuales. un parque automotor muy heterogéneo y obsoleto, incremento de los retornos vacíos de cada operación, falencia en la gestión de mantenimiento, falta de capacitación para conductores principalmente, estos aspectos conllevan a una baja competitividad del sector

por los altos costos unitarios de mantenimiento, bajo rendimiento de combustible, deficiente estructura de los elementos de costos, con el fin de lograr eficiencia en su operación.

En cuanto al mantenimiento las acciones están subrogadas al propietario del vehículo y son pocas las empresas que manejan un estricto control de mantenimiento y seguimiento a las unidades de transporte.

Las medidas de mantenimiento por lo general están encaminadas como el bombero a apagar incendios y no tienen ninguna medida predictiva que permita alargar la vida útil de los equipos y disminuir los costos de mantenimiento que se traducen en mejores dividendos, aumento de la competitividad, calidad y desarrollo sostenible en la economía global.

## 1. ASPECTOS MACROECONÓMICOS AÑO 2.007

### 1.1 PRODUCTO INTERNO BRUTO

A partir de la nueva base año 2000 y de acuerdo con la información suministrada por el DANE, la economía colombiana en el 2007 se expandió a un ritmo de 7,73%. La mayor tasa de crecimiento se presentó en el primer trimestre del año (8,5%), y la más baja se observó en el tercer trimestre con una variación del 6.5%. El año 2007 se constituye como el año de mayor tasa de crecimiento de la actividad económica de las últimas cinco décadas. Ver Tabla 1.

Tabla 1 - Producto Interno Bruto

Año	PIB TOTAL - Millones de \$		
	A precios Valor	A precios constantes de Valor	Crecimiento
00	196.373.851	196.373.851	
01	213.582.653	200.657.109	2.18
02	232.933.484	205.591.281	2.46
03	263.887.767	215.073.655	4.61
04	299.066.590	225.104.157	4.66
05	335.546.939	237.982.297	5.72
06	382.818.222	254.115.505	6.78
07	428.301.060	273.754.062	7.73

Fuente: DANE

### 1.2 PIB TRANSPORTE

Los servicios del sector transporte para el año 2007, muestran una tasa de crecimiento del 6.1%, Este comportamiento se explica por un incremento en los servicios de transporte terrestre de 6,52%, en los servicios de transporte por agua de 12,47%, en los servicios de transporte complementarios y auxiliares de 8,87%. Ver Tabla 2.

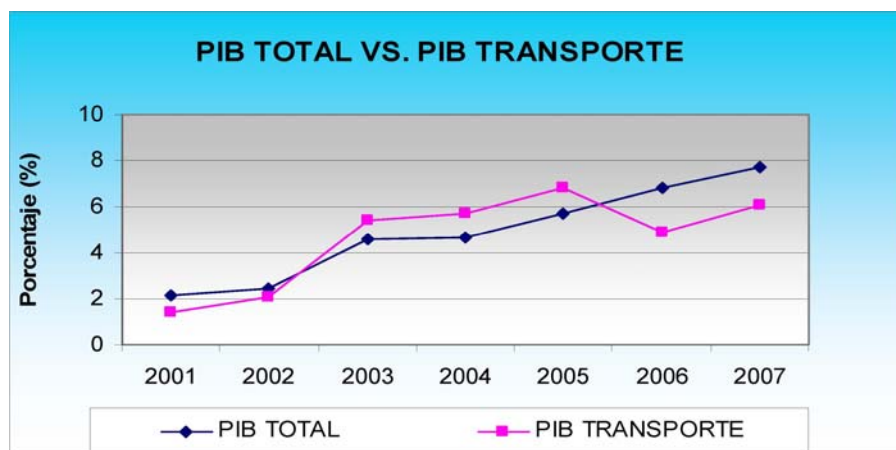
Tabla 2 - PIB TOTAL vs. PIB TRANSPORTE

AÑO	PIB TOTAL Pr. Constantes 2000 Millones \$	CRECIMIENTO PIB TOTAL (%)	PIB TRANSPORTE Pr. Constantes 2000 Millones \$	CRECIMIENTO PIB TRANSPORTE (%)
2000	196.373.851		8.089.993	
2001	200.657.109	2.18	8.199.883	1,4
2002	205.591.281	2.46	8.369.688	2,1
2003	215.073.655	4.61	8.818.308	5,4
2004	225.104.157	4.66	9.316.547	5,7
2005	237.982.297	5.72	9.945.761	6,8
2006	254.115.505	6.78	10.434.287	4,9
2007	273.754.062	7.73	11.070.614	6,1

Fuente: DANE

Este buen comportamiento del sector transporte durante el 2007, se explica fundamentalmente por el incremento en el movimiento de pasajeros y carga por vía carretera y el transporte fluvial de carga a través del río Magdalena.

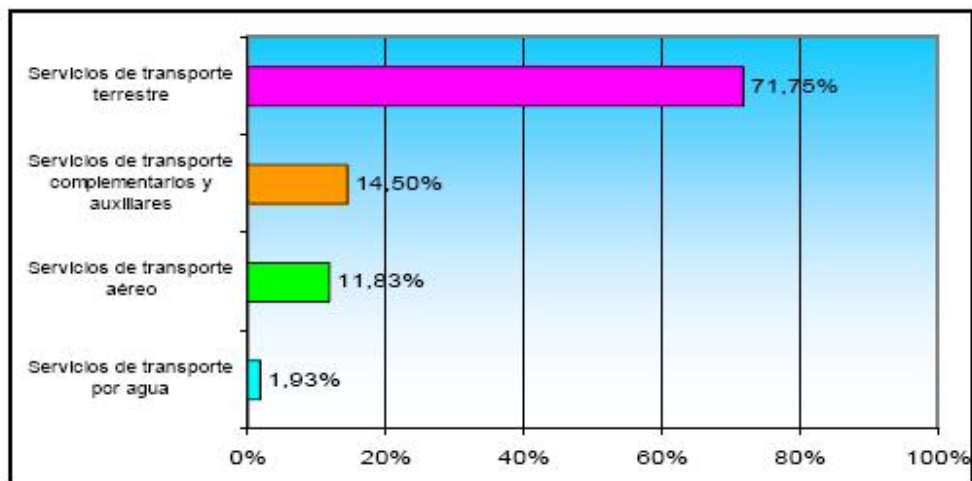
Gráfica 1 - Comparativo PIB Total vs PIB Transporte



La contribución de los servicios de transporte al PIB, para el período 2000 – 2007, ha oscilado alrededor del 4%, así en el año 2006 el PIB del sector transporte en pesos constantes del año 2000 fue de \$ 10.434.287 millones representando el 4.11% del total y para el 2007 fue de \$ 11.070.614 millones, lo que significó una participación del 4.04% en el PIB Total.

Desde el punto de vista de la contribución que cada uno de los modos hace al PIB transporte, se encuentra que en el 2007 se mantiene la tendencia registrada en los años anteriores, así los servicios de transporte terrestre con un PIB de \$7.943.041 millones presenta la mayor participación con un 71,8% del valor total, a continuación se encuentran los servicios de transporte complementarios y auxiliares que alcanzaron un PIB de \$ 1.604.698 millones representando el 14,5%, le sigue el transporte aéreo con un PIB de \$ 1.309.555 millones que significan el 11.83% del PIB Transporte, y el restante 1,93% se le atribuye al transporte por agua con un PIB de \$ 213.320 millones.

Gráfico 2. Contribución por modos al PIB Transporte



### 1.3 EL PIB Y EL COMERCIO EXTERIOR DE LA COMUNIDAD ANDINA<sup>5</sup>

**1.3.1 Producto Interno Bruto.** El PIB de la Comunidad Andina registró un crecimiento de 7.5% durante el 2007, respecto al año 2006.

Tabla 3. - Producto interno bruto real total (tasa de crecimiento anual de los valores constantes)

<b>PAÍSES</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
BOLIVIA	4,2	4,4	4,8	4,6
COLOMBIA	4,7	5,7	6,8	7,7
ECUADOR	8,0	6,0	3,9	2,7
PERÚ	5,0	6,8	7,7	8,9
COMUNIDAD ANDINA	5,3	6,1	6,7	7,5

Fuente: Comunidad Andina

**1.3.2 Comercio Global de la Comunidad Andina.** Las exportaciones de la Comunidad Andina fueron de 76.307 millones de dólares en el 2007, mientras que las importaciones fueron de 71.008 millones de dólares, por su parte, el intercambio comercial de la Comunidad Andina con el Mundo fue de 147 mil millones de dólares en el 2007 y la balanza comercial fue favorable para la Comunidad Andina, ascendiendo en el año 2007 a 5 mil millones de dólares.

Tabla 4. COMUNIDAD ANDINA - Comercio con el Mundo Miles de Dólares

<b>Año</b>	<b>Exportaciones</b>	<b>Importaciones</b>	<b>Intercambio Comercial</b>	<b>Balanza Comercial</b>
2000	26.121.276	24.484.592	50.605.868	1.636.684
2001	25.102.609	27.111.277	52.213.886	-2.008.668
2002	25.749.227	28.434.149	54.183.376	-2.684.922
2003	29.018.236	29.688.741	58.706.977	-670.505
2004	38.320.215	37.285.413	75.605.628	1.034.802
2005	50.470.850	46.461.129	96.931.979	4.009.721
2006	64.540.718	57.838.156	122.378.874	6.702.562
2007	76.306.777	71.008.172	147.314.949	5.298.605

Documento de la Comunidad Andina “El Comercio Exterior de la Comunidad Andina 1969-2007”

**1.3.3 Exportaciones Intracomunitarias.** La evolución de las exportaciones intracomunitarias ha mostrado, en general, un comportamiento ascendente, alcanzando el valor de 5 858 millones de dólares en el 2007.

Contribuyeron al crecimiento del comercio intracomunitario durante el 2007: Las exportaciones de Ecuador a Perú con un crecimiento en sus ventas de 43 por ciento (aumentaron en 446 millones de dólares), las exportaciones de Perú a Colombia con un aumento de 25 por ciento (aumentaron en 121 millones de dólares), Las ventas de Colombia a Perú con un incremento de 17 por ciento (aumentaron en 114 millones de dólares), las ventas de Perú a Ecuador con un aumento de 17 por ciento (aumentaron en 53 millones de dólares).

Durante los dos últimos años el comercio intracomunitario ha mantenido la tasa de crecimiento de 13 por ciento, similar a la registrada en promedio durante todo el proceso de integración.

Sin embargo, cabe señalar que en el 2007 fueron Ecuador y Perú los que más aumentaron sus tasas, con tasas de 19 y 21 por ciento respecto al 2006, respectivamente, Colombia creció 8 por ciento y Bolivia disminuyó sus exportaciones en 4 por ciento.

**1.3.4 Exportaciones Extracomunitarias.** La evolución de las exportaciones extracomunitarias ha mostrado un comportamiento creciente, alcanzando los 70.449 millones en el 2007.

**1.3.5 Importaciones Extracomunitarias.** La evolución de las importaciones extracomunitarias ha mostrado un comportamiento creciente, alcanzando los

70.449 millones en el 2007. La participación de las importaciones extracomunitarias en relación a las importaciones desde el Mundo se mantuvo entre 88 y 97 por ciento, pero en general con una tendencia decreciente.

**1.3.6 Exportaciones e importaciones por principales mercados.** Durante el 2007, los principales destinos de las exportaciones extracomunitarias fueron: Estados Unidos con el 29 por ciento de las exportaciones al mundo. A continuación la Unión Europea se mostró como el segundo mercado de destino de la Comunidad Andina, con el 15 por ciento del total de las exportaciones al Mundo. Por su parte Venezuela obtuvo una participación del 9 por ciento, luego sigue MERCOSUR y China con el 5 por ciento cada uno, Japón y Chile con el 4 por ciento cada uno, Panamá con el 2 por ciento y en menor medida con el 1 por ciento están México, CARICOM, Rusia e India. En total estos 12 mercados representan para la CAN el 77 por ciento de las exportaciones extracomunitarias.

Gráfico 3. Exportaciones e importaciones de la comunidad andina



Fuente: Comunidad Andina

Por su parte, en las importaciones, Estados Unidos es nuestro primer proveedor con el 21 por ciento de las importaciones del Mundo. Luego están MERCOSUR, la Unión Europea y China, con 13, 12 y 11 por ciento respectivamente. México tiene el 6 por ciento de las importaciones de la CAN, Venezuela, Japón y Chile con 4, 4, y 3 por ciento respectivamente. En menor medida y con el 1 por ciento de las importaciones, se encuentran Panamá, CARICOM, Rusia e India.

## 2. TRANSPORTE TERRESTRE DE CARGA

Figura 1. Transporte terrestre de carga



Fuente: Ministerio de Transporte – Sector transporte de carga

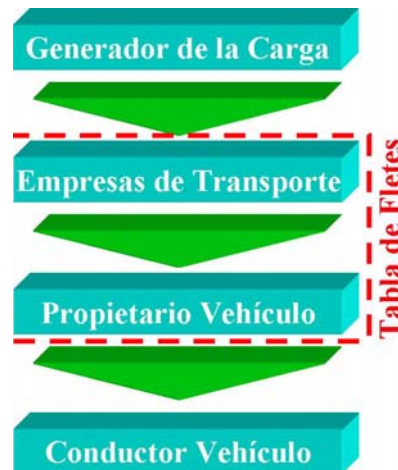
### 2.1 TRANSPORTE DE CARGA TERRESTRE

**2.2.1 Estructura organizacional del sector.** La estructura organizacional del transporte de carga por carretera está definida por la normatividad vigente, en la cual se reconocen los diferentes actores de la cadena. Como se muestra en el Gráfico 4, la cadena productiva la conforman: el generador de la carga, la empresa de transporte, el propietario del vehículo y el conductor del vehículo.

Otros agentes involucrados en esta cadena son el destinatario de la carga y las entidades gubernamentales, que de acuerdo con su naturaleza inciden en la operación del transporte. Adicionalmente, en el caso de las operaciones de comercio exterior, intervienen las sociedades de intermediación aduanera, así como los puntos de confluencia tales como los puertos marítimos y fluviales, los centros de consolidación de carga, zonas francas y almacenes de depósito, entre otros.

<sup>7</sup> Se refiere a la disminución del manejo de inventarios de producción.

Gráfico 4. Estructura organizacional de sector



Fuente: Elaboración DNP

### **El Generador de Carga:**

Se refiere al remitente de la carga, productor o usuario del servicio. Es la persona natural o jurídica que celebra el contrato de transporte con la empresa de transporte. Es quien entrega la mercancía al transportador, para que la traslade de un lugar a otro actuando por cuenta propia o ajena. Si actúa por cuenta ajena, puede ser un mandatario o comisionista de transporte.

**La Empresa de Transporte:**

Es quien legalmente cuenta con el permiso concedido por el Ministerio de Transporte para prestar el *servicio público de transporte de carga*. La empresa de transporte es una unidad empresarial que debe contar con la capacidad de combinar los recursos humanos, técnicos, financieros y de información indispensables para la prestación del servicio con altos niveles de calidad y eficiencia. Desde el punto de vista del *contrato de transporte*, es quien tiene el mandato y responsabilidad legal de llevar o conducir las mercancías, lo cual puede efectuarse en vehículos propios o de terceros vinculados permanentemente o temporalmente, según sea el caso.

De acuerdo con el Código de Comercio, “el transporte es un contrato por medio del cual una de las partes se obliga para con la otra, a cambio de un precio, a conducir de un lugar a otro, por determinado medio y en el plazo fijado, personas o cosas y entregar éstas al destinatario”.

**El Propietario del Vehículo:**

Es el transportador de hecho al servicio de una empresa de transporte, mediante un contrato de vinculación permanente o temporal del equipo. No hace parte del *contrato de transporte* pero sí lo es de la operación necesaria para su ejecución.

**El Conductor del Vehículo:**

Es el operador del medio de transporte, su relación directa es con el propietario del vehículo, y algunas veces es el mismo propietario. Su vinculación laboral generalmente no está formalizada.

**Destinatario de la Carga:**

Es la persona natural o jurídica a quien se envía la mercancía y que puede ser al mismo tiempo remitente y destinatario.

**Entidades Gubernamentales:**

La planificación y formulación de políticas la realiza el Ministerio de Transporte; la vigilancia, el control y seguimiento a la actividad se realiza a través de la Superintendencia de Puertos y Transporte. Adicionalmente intervienen en los procesos de inspección y control de mercancías la DIAN, el INVIMA, el ICA y la Policía Antinarcóticos. (Extraído de Documento Compes 3489 pag. 5,6 y 7)

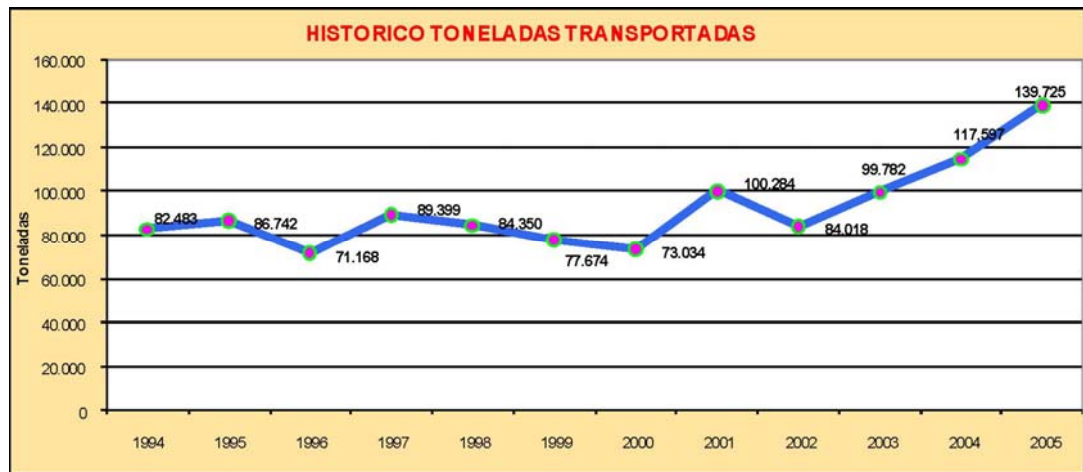
**2.2.2 Carga nacional.** Se observa un marcado y continuo crecimiento desde el año 2002 en adelante, ya que el incremento del año 2003 al 2004 fue del 17.85 %, y de 18.82 % para el 2005 con respecto al año anterior, como se puede apreciar en el cuadro que se presenta a continuación:

Tabla 5. Movimiento de carga nacional (Miles de toneladas)

<b>AÑO</b>	<b>MILES DE TONELADAS</b>	<b>VARIACION</b>
1994	82,483	-
1995	86,742	5,16
1996	71,168	-17,95
1997	89,399	25,62
1998	84,350	-5,65
1999	77,674	-7,91
2000	73,034	-5,97
2001	100,284	37,31
2002	84,018	-16,22
2003	99,782	18,76
2004	117,597	17,85
2005	139,725	18,82

FUENTE: Dirección de Transporte y Tránsito MINTRANSPORTE

Gráfica 5. Evolución del transporte de carga 2000 a 2005



FUENTE: Dirección de Transporte y Tránsito

NOTA: No existen a la fecha de elaboración de este documento las cifras de los años 2006 ni 2007.

### 2.3 COSTOS DEL TRANSPORTE

En la siguiente tabla se presentan los indicadores de costos, tanto fijos como variables, para las configuraciones objeto del análisis con cifras del año 2.006 más actualizadas del Ministerio de transporte:

Tabla 6. Indicadores de costos de operación

<b>COMPONENTES DE COSTOS</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C3 S</b>
<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLES :</b>			
Terreno plano	512.78	442.85	794.78
Terreno ondulado	727.22	605.85	1079.88
Terreno montañoso	1059.29	876.38	1556.77
Consumo de llantas	159.94	260.00	434.26
Consumo de lubricantes	39.67	61.29	74.51
Consumo de filtros	10.96	25.27	40.69
Mantenimiento y reparaciones	230.23	379.29	440.77
Lavado y engrase	27.98	35.88	43.97
Imprevistos	35.16	57.13	77.57
<b>COSTOS VARIABLES KM</b>	<b>503.94</b>	<b>818.86</b>	<b>1111.77</b>
Seguros	841.542.02	827.845.711	873.679.27
Salarios y Prestaciones básicas	1.256.372.25	1.256.372.25	1.256.372.25
Parqueadero	98.400.00	117.750.0	144.166.67
Impuestos de rodamiento	12.259.85	21.822.49	37.266.08
Recuperación de Capital	985.445.162	585.218.96 2	871.851.63
<b>COSTOS FIJOS MES</b>	<b>3.194.019.28</b>	<b>5.809.009.41</b>	<b>6.183.335.91</b>

**CONDENSADO VALOR COSTO VARIABLE**

<b>TIPO DE TERRENO</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C3 S</b>
Plano	1016.7	1261.7	1906.6
Ondulado	1231.2	1423.9	2191.6
Montañoso	1563.2	1695.2	2668.5
Promedio aritmético	<b>1270.4</b>	<b>1460.3</b>	<b>2255.6</b>

FUENTE: Estudio costos de transporte de carga 2006 - Dirección de Transporte y Tránsito MINTRANSPORTE

En el condensado del “VALOR DE COSTO VARIABLE” se encuentra el costo por kilómetro dependiendo del tipo de terreno y de la configuración del vehículo; es así como un camión sencillo consume en promedio \$1270.40 por kilómetro, y los propietarios de estos vehículos asumen en promedio \$3'194.019.28 por costos fijos al mes; en tanto que un camión rígido de tres ejes tiene un consumo promedio de \$1460.30 por km y \$5'809.009.41 por mes, mientras que los propietarios de tractocamiones asumen en promedio un costo de consumo por \$2255.60 por km y \$6'183.335.91 por mes.

Es importante anotar que el valor de los peajes no se incluye como indicador de costo, pues su cálculo está determinado en \$/ruta y depende del Nro. y valor de los peajes en cada ruta.

Tabla 7. Comparativo Costos de Operación 2004 – 2006

COMPONENTES DE COSTOS	2		3		3 S	
	2004	2006	2004	2006	2004	2006
CONSUMODECOMBUSTIBLES:	408.	512.78	339.57	442.85	609.43	794.78
Terreno plano Terreno ondulado	34	727.22	463.92	605.03	828.03	1079.88
Terreno montañoso Consumo de llantas Consumo de lubricantes	579.09	1059.29	672.00	876.38	1193.70	1556.77
Consumo de filtros Mantenimiento y reparaciones Lavado y engrase	157.06 39.91	159.94 39.67	255.06 61.67	260.00 61.29	431.0374.9559.3	434.26 74.51
Imprevistos	14.14	10.96	34.56	25.27	3	40.69
	212.54 19.27	230.23 27.98	357.00 25.13	379.29	424.29 33.25	440.77 43.97
	33.22	35.16	55.01	35.88	76.73	77.57
				57.13		
<b>COSTOS VARIABLES KM</b>	<b>476.14</b>	<b>503.94</b>	<b>788.44</b>	<b>818.86</b>	<b>1099.77</b>	<b>1111.77</b>
Seguros	699.014.19	841.542.02	1.499.450.71	1.827.845.71	1.632.140.38	1.873.679.27
Salarios y prestaciones básicas	1.102.405.06	1.256.372.25	1.102.405.06	1.256.372.25	1.102.405.06	1.256.372.25
Parqueadero	89.318.10	98.400.00	122.727.30	117.750.00	156.136.50	144.166.67
Impuestos de rodamiento	12.259.85	12.259.85	21.822.49	21.822.49	37.266.08	37.266.08
Recuperación de Capital	952.813.87	985.445.16	2.580.225.72	2.585.218.96	3.079.899.13	2.871.851.63
<b>COSTOS FIJOS MES</b>	<b>2.855.811.08</b>	<b>3.194.019.28</b>	<b>5.326.631.28</b>	<b>5.809.009.41</b>	<b>6.007.847.15</b>	<b>6.153.335.91</b>

### CONDENSADO VALOR COSTO VARIABLE

TIPO DE TERRENO	2		3		3 S	
	2004	2006	2004	2006	2004	2006
Plano	884.5	1016.7	1128.0	1252.4	1261.7	1709.2
Ondulado	1055.2	1231.2	1460.4	1423.9	1927.8	2191.6
Promedio Aritmético	<b>1086.5</b>	<b>1270.4</b>	<b>1280.3</b>	<b>1460.3</b>	<b>1976.8</b>	<b>2255.6</b>

FUENTE: Estudio costos de transporte de carga - 2004 y 2006 Dirección de Transporte y Tránsito - MINTRANSPORTE

Los consumos de un camión de dos ejes en el año 2004 eran en promedio \$1086.50 y en el año 2006, de \$1270.40; para la misma configuración los costos fijos mensuales variaron de \$2'855.811.08 a \$3'194.019.28 respectivamente. Para un camión de tres ejes, el consumo promedio en el año

2004 fue de \$1280.30 y los costos fijos mensuales fueron de \$5'326.631.28, mientras que en el 2006 los valores fueron \$1460.30 para consumo y \$5'809.009.41 para los costos fijos.

Tabla 8. Variaciones (%) 2004 – 2006

<b>COMPONENTES DE COSTOS</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3 S</b>
<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLES:</b>	25.58	30.41	30.41
Terreno plano	25.58	30.42	30.42
Terreno ondulado	25.58	30.41	30.42
Terreno montañoso			
Consumo de llantas	1.83	1.94	0.75
Consumo de lubricantes	- 0.61	- 0.63	- 0.58
Consumo de filtros	- 22.48	- 26.87	- 31.42
Mantenimiento y reparaciones	8.32	6.24	3.84
Lavado y engrase	45.20	42.78	32.24
Imprevistos	5.84	3.86	1.09
<b>COSTOS VARIABLES KM</b>	<b>5.84</b>	<b>3.86</b>	<b>1.09</b>

<b>COMPONENTES DE COSTOS</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3 S</b>
Seguros	20.39	21.90	14.80
Salarios y prestaciones básicas	13.97	13.97	13.97
Parqueadero	10.17	- 4.06	- 7.67
Impuestos de rodamiento	0	0	0
Recuperación de Capital	3.42	0.19	- 6.76
<b>COSTOS FIJOS MES</b>	<b>11.84</b>	<b>9.06</b>	<b>2.42</b>

**CONDENSADO VALOR COSTO VARIABLE**

<b>TIPO DE TERRENO</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3 S</b>
Plano	14.95	11.85	11.55
Ondulado	16.67	13.70	13.69
Montañoso	18.46	16.08	16.35
Promedio aritmético	16.93	14.06	14.10

FUENTE: Estudio costos de transporte de carga - 2004 y 2006 Dirección de Transporte y Tránsito MINTRANSPORTE

## 2.4 EQUIPOS

**2.4.1 Parque Automotor.** La Tabla 1 contiene la composición del parque automotor de transporte de carga por carretera en Colombia, el cual está conformado por 196.275 vehículos, de los cuales el 41% (80.227 unidades) están matriculados en el servicio particular y el 59% (116.048 unidades) en el servicio público F<sup>15</sup>F.

Tabla 9.Composición I Parque Automotor. Año 2006F

Configuración	Particular			Público			Total		
	Capacidad Ofrecida en toneladas	No. Vehículos	%	Capacidad ofrecida en toneladas	No. Vehículos	%	Capacidad ofrecida en toneladas	No. Vehículos	%
C2	463.188	77.198	96,2%	511.362	85.227	73,4%	974.550	162.425	82,8%
C3	32.123	1.789	2,2%	147.616	8.221	7,1%	179.739	10.010	5,1%
C4	367	16	0,0%	4.312	188	0,2%	4.679	204	0,1%
C2S	6.852	295	0,4%	21.437	923	0,8%	28.289	1.218	0,6%
C3S	36.144	929	1,2%	836.056	21.489	18,5%	872.200	22.418	11,4%
<b>TOTAL</b>	<b>538.674</b>	<b>80.227</b>	<b>100,0 %</b>	<b>1.520.784</b>	<b>116.048</b>	<b>100,0 %</b>	<b>2.059.457</b>	<b>196.275</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Ministerio de Transporte

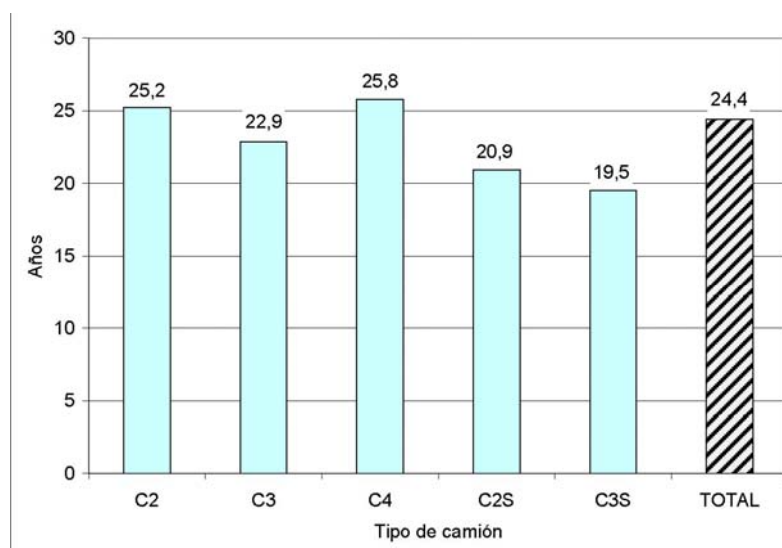
La capacidad ofrecida por el parque automotor de carga en Colombia es de 2.059.457 toneladas, de los cuales 538.674 (26,2%) toneladas corresponden a los vehículos de servicio particular y 1.520.784 (73,8%) toneladas a los vehículos de servicio público. La capacidad de carga ofrecida está concentrada en los vehículos rígidos de 2 ejes con 974.550 toneladas (47,3%), y los tractocamiones C3S (42,4%). En los vehículos de servicio público se puede observar que el transporte de mercancías se realiza básicamente en tractocamiones, en donde la capacidad ofrecida representa el 55%, seguidos de los camiones rígidos de dos ejes 2 con el 33,6%.

El transporte particular es aquel que opera y sirve a las actividades exclusivas de las empresas privadas, y el servicio público se refiere al transporte de libre acceso que garantiza la movilización de personas o cosas sujeto a una contraprestación económica.

La Resolución 4100 de 2004 define la designación y configuración del parque automotor, ver **Anexo A**.

Por otra parte, el 57% de total del parque automotor de carga corresponde a vehículos con más de 20 años de vida útil. La edad promedio del total de los vehículos de carga en Colombia es de 24,4 años.

Gráfico 6. Edad promedio del parque automotor



Fuente: Ministerio de Transporte

Según estimaciones del Ministerio de Transporte, en el año 2006 se movilizaron un total de 129 millones de toneladas en 9,2 millones de viajes, de las cuales, el 93% de las toneladas se movilizaron en 116.048 vehículos de servicio público, con una capacidad instalada de 1.520.784 toneladas<sup>19</sup>. Así mismo, según cálculos del Ministerio de Transporte, para el período 1997-2004, los vehículos de carga

presentaron una utilización promedio del 50% de la capacidad en peso y del 74% de la capacidad en volumen.

De acuerdo con lo anterior, se puede observar que el parque automotor de carga en Colombia presenta una edad promedio alta y adicionalmente una baja utilización de los equipos que pueden presentarse como un indicio de un desbalance entre la oferta de transporte y la demanda de servicios de movilización. ( Extraído de Documento Compes 3489 pag. 13 y 14)

### 3. PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE DE CARGA

El transporte de carga terrestre en Colombia no ha tenido una evolución formal y estructurada, no se desarrolló técnicamente como una compañías especializadas en movilización de mercancías sino que fueron inversiones familiares en grupos pequeños, por ello son pocas las empresas de transporte que tienen una organización adecuada y cuentan con una política de mejora continua. La existencia actual de la tabla de fletes hace que no haya libre competencia y por lo tanto el sector del transporte de carga no se preocupe por establecer indicadores de mejora en su proceso productivo.

Actualmente los factores que afectan el transporte de carga terrestre relacionados con la operación y el mantenimiento son:

- Parque Automotor heterogéneo (Vehículos de 0.5 Toneladas a 35 Toneladas en variedad de marcas y modelos.
- Parque Obsoleto (Edad muy elevada, muchas unidades han superado su vida económicamente útil -20 años.
- Transportadores Individuales concentran la mayor parte del parque automotor
- No se utilizan los vehículos adecuados (Vehículos livianos representan cerca del 88% de la flota de transporte)
- Aumento del porcentaje de camiones vacíos en flujo de vehículos (30 al 60% de viajes de retorno vacíos)
- Altos Precios de combustibles y Peajes ( altos costos de operación)
- Altos Precios de Insumos, Repuestos y Mano de Obra ( Altos costos de Mantenimiento)
- Inadecuada estructura organizacional de las empresas de transporte
- Falta de personal técnicamente capacitado para operar

- Deficiente administración en el manejo de combustibles
- Desconocimiento de indicadores y procedimiento de control.

Se plantea el presente trabajo del modelo gerencial de mantenimiento para flotas de carga con el fin de generar aporte para promover el desarrollo competitivo del sector de transporte de carga terrestre. Con un modelo gerencial eficiente de mantenimiento se logra el uso eficiente de los recursos energéticos y se promueve el cuidado del medio ambiente.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

“Plantear un modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte de carga terrestre”, y los objetivos específicos son:

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Plantear los principales indicadores para gestión de mantenimiento.
- Indicar procedimientos para gestión de rendimiento de llantas y combustible.
- Plantear modelo administrativo de mantenimiento
- Indicar gestión para mejoramiento continuo de mantenimiento

## **5. MANTENIMIENTO**

El mantenimiento puede ser entendido como un conjunto de técnicas utilizadas para preservar el continuo y correcto uso de equipos, maquinaria e instrumentos a través del tiempo.

La evolución que ha tenido el mantenimiento en la historia, comienza desde los cuidados que recibían las maquinas durante la revolución industrial por parte de los operarios de estos tiempos hasta nuestros días donde especialistas en mantenimiento con avanzados equipos de monitoreo y avanzadas herramientas informáticas diagnostican la mejor acción sobre los mismos y alargan la vida útil de los equipos así como optimizan los recursos físicos y económicos adecuadamente.

Desde 1.950 el mantenimiento ha evolucionado constantemente de acuerdo a los diferentes objetivos que se requieren en las áreas productivas o de manufactura, la orientación inicio con el producto hasta llegar a la innovación tecnológica pasando por la productividad y la competitividad para llegar finalmente a la gestión de activos, donde se busca el desarrollo de habilidades y competencias con la aplicación de ciencia y tecnología de punta en un entorno ambiental sostenible.

Tabla 10. Evolución Histórica del Mantenimiento

ETAPA	SUCEDE APROXIMADAMENTE	PRODUCCION MANUFACTURA		MANTENIMIENTO E INGENIERIA DE FABRICAS	
		ORIENTACION HACIA	NECESIDAD ESPECIFICA	ORIENTACION HACIA	OBJETIVO QUE PRETENDE
I	Antes de 1.950	El Producto	Generar el producto	Hacer acciones correctivas	Reparar fallos e imprevistos
II	Entre 1.950 y 1.959	La Producción	Estructurar un sistema productivo	Aplicar acciones planeadas	Prevenir, predecir y reparar fallos
III	Entre 1.960 y 1.980	La productividad	Optimizar la Producción	Establecer Tácticas de mantenimiento	Gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	Entre 1.981 y 1.995	La competitividad	Mejorar Índices mundiales	Implementar una estrategia	Medir costos, CMD, Compararse, predecir indices, etc.
V	Entre 1.996 y .2003	La innovación tecnológica	Hacer la producción ajustada a la demanda	Desarrollar habilidades y competencias	Aplicar ciencia y tecnología de punta
VI	Desde 2.004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias. Gestión de Activos			

Fuente: MANTENIMIENTO ESTRATEGICO PARA EMPRESAS INDUSTRIALES Y DE SERVICIOS – Alberto Mora Gutiérrez, 2.005

## 5.1 OBJETIVOS Y FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO

Los principales objetivos de mantenimiento, manejados con criterio económico y encusados a un ahorro en los costos generales de operación de equipos de transporte son:

- Llevar a cabo una inspección sistemática de todos los componentes de los equipos de transporte, con intervalos de control para detectar oportunamente cualquier desgaste o rotura, manteniendo los registros adecuados
- Mantener permanentemente los equipos y consumibles en su mejor estado para evitar los tiempos de parada que aumentas los costos
- Efectuar las reparaciones de emergencia lo más pronto, empleando métodos más fáciles de reparación

- Prologar la vida útil de los equipos y partes consumibles al máximo con el fin de mejorar la rentabilidad económico-financiera
- Desarrollar programas de mantenimiento preventivo, programado y predictivo con el fin de conocer el estado actual de los equipos, implementar inspecciones y conocer el estado permanente de los equipos

## **5.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO**

**5.2.1 Mantenimiento preventivo.** El mantenimiento preventivo es un conjunto de acciones planeadas de mantenimiento apuntadas a la prevención de fallas anticipadas a los equipos. La meta primaria de mantenimiento preventivo es impedir la falla del equipo antes de que realmente ocurra. Es diseñado para conservar y aumentar la confiabilidad del equipo reemplazando componentes usados antes de que realmente fallen. Las actividades preventivas de mantenimiento incluyen inspecciones del equipo, los reacondicionamientos con partes nuevas parciales o completas en los períodos especificados, cambios de aceite, filtros, lubricación etcétera.

**5.2.2 Mantenimiento periodico.** Es también llamado mantenimiento basado en el tiempo (Time Based Maintenance TBM) y consiste en la inspección periodica con servicios de limpieza, reemplazo de partes para prevenir que fallen subitamente ocasionando problemas a los equipos.

**5.2.3 Mantenimiento predictivo.** Este mantenimiento consiste en cuantificar la vida de servicio de las partes importantes de los equipos basados en predicciones, diagnostico ó inspecciones, ya sea por el tiempo de uso ó el limite de vida útil. Comparado con el mantenimiento periodico, el mantenimiento predictivo esta basado en la condición. Este administra varias variables, mide y analiza datos e información acerca del deterioro, empleo o uso de los equipos y sistematiza la vida de cada uno de los sistemas interesados.

**5.2.4 Mantenimiento productivo total (TPM).** Puede ser considerado como la ciencia médica de máquinas. Maintenance Productivo total es un programa de mantenimiento que involucra un concepto recién definido para mantener plantas y equipo. La meta del programa de mantenimiento Productivo Total es notablemente aumentar producción mientras, al mismo tiempo, aumentar el estado de ánimo del empleado y satisfacción en el trabajo.

El mantenimiento productivo Total enfoca mantenimiento como una parte necesaria y sumamente importante del negocio. Ya no es considerado como una actividad no lucrativa. El período de paralización del trabajo para el mantenimiento es programado como una parte del día manufacturero y, en algunos casos, como una parte integral del proceso de fabricación. La meta es sostener mantenimiento de emergencia y no programado para un mínimo.

#### **BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)**

El mantenimiento Productivo Total fue introducido para lograr los siguientes objetivos:

- Evitar desperdicios en un entorno económico rápidamente cambiante.
- Producir bienes sin reducir la calidad del producto.
- Reducir Costos
- Producir cantidades lo más pronto posible
- Envío de bienes a clientes finales sin productos defectuosos

Las similitudes entre TQM y el TPM:

El programa de mantenimiento Productivo Total (TPM) estrechamente se parece al programa de Administración De Calidad (TQM). Muchas de las herramientas como el empoderamiento del empleado, el Benchmarking, el Know How, etc. usado en TQM están relacionadas al implemento y optimizan TPM, por lo cual

presentan similitudes entre los dos. La Administración con calidad total (TQM) es un acercamiento de la gerencia que apunta para el éxito de largo plazo centrándose en la satisfacción del cliente. El TQM se basa en la participación de todos los miembros de una organización en la mejora de procesos, de productos, de los servicios, y de la cultura en la cual trabajan<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> [http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm\\_intro.shtml](http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml)

## **6. ANALISIS DE ACEITES**

### **6.1 TRIBOLOGIA EN MOTORES DIESEL**

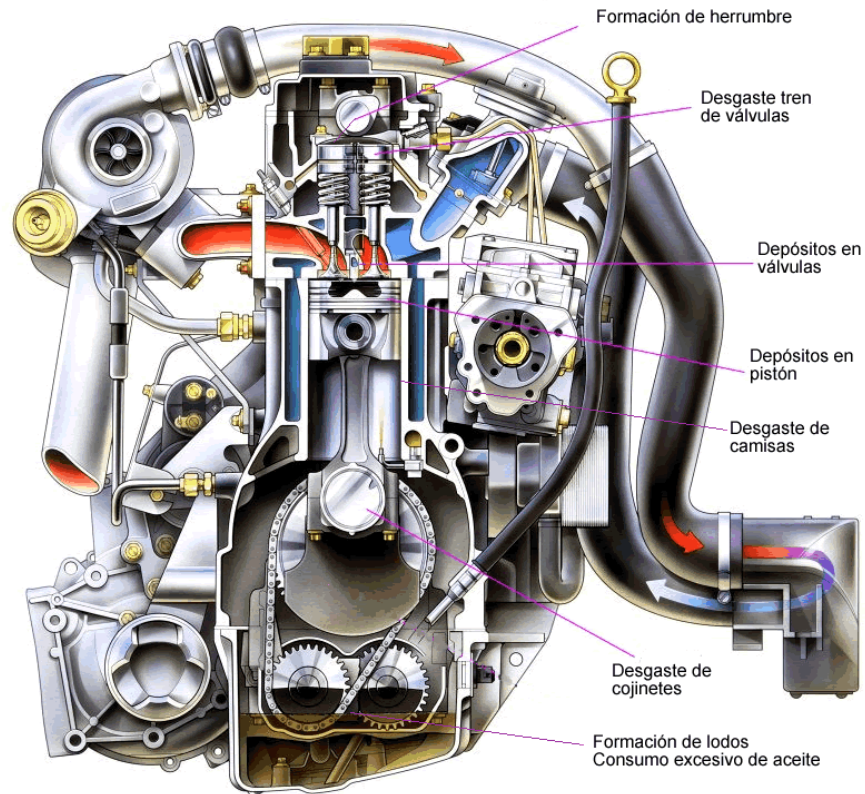
La lubricación tiene por finalidad la reducción de la fricción entre dos superficies con movimiento relativo y que se hallan en contacto entre ellas. Reduciendo la fricción es posible también reducir el desgaste de las piezas, con lo cual se aumenta la vida útil de las mismas. La reducción de la fricción y el desgaste son los objetivos primordiales de la lubricación, pero no debe perderse de vista otras misiones que deben ser cumplidas por la lubricación tales como: reducir el consumo de energía, eliminar el calor generado, proteger contra la herrumbre y la corrosión así como contribuir al arrastre de los contaminantes.

La tribología es la ciencia y tecnología que estudia la interacción de superficies en movimiento relativo, que se encuentran en contacto mutuo, y los fenómenos con ellas relacionados.

### **REQUERIMIENTOS DE LUBRICACION EN MOTORES DIESEL**

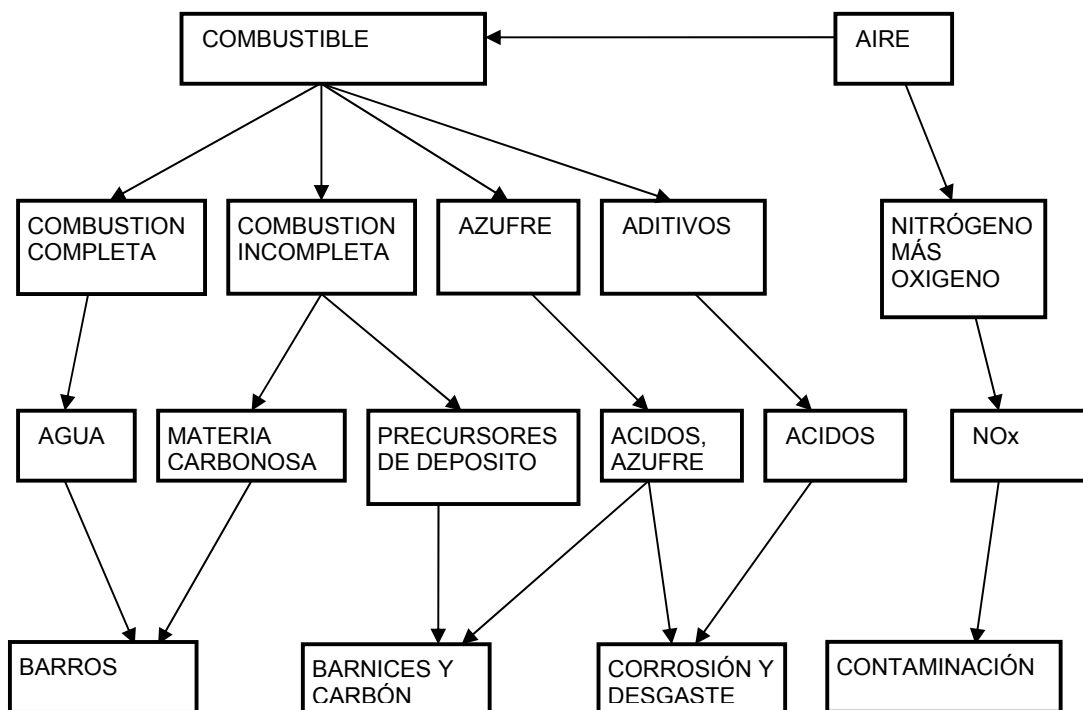
En los motores de combustión interna, donde el combustible es quemado en las entrañas del motor, la lubricación se ve fuertemente dificultada debido a los fenómenos adicionales y más exigentes como: altas temperaturas, productos de la combustión y residuos que pueden contaminar el lubricante, altos esfuerzos de cizalladura, etc.

Figura 2. Problemas clave asociados a la lubricación



El grado de refinamiento de los combustibles, la presencia de impurezas o aditivos beneficiosos son parámetros importantes con relación a como va a quemar el combustible y por ende al efecto que va a tener sobre el lubricante. La mayor parte de los productos de la combustión son evacuados a la atmósfera vía el sistema de escape pero una significativa proporción de los mismos puede fugar a través de la holgura entre segmentos y camisa contaminando el aceite y pudiendo causar efectos adversos. En general nos podemos encontrar con efectos como los nombrados en las figura 3.

Figura 3. Productos de la combustión en motores



## 6.2 DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE MOTORES DIESEL MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ACEITE LUBRICANTE <sup>1</sup>

El diagnóstico técnico de motores Diesel ha evolucionado enormemente en los últimos años. Existen diversos métodos, entre ellos, el basado en el análisis de laboratorio del aceite lubricante que se emplea con rigurosidad científica para saber qué es lo que está ocurriendo en el interior del motor. Sus principales ventajas son: constituye una herramienta del mantenimiento predictivo, evita paralizaciones no programadas, ayuda a prevenir fallas, incrementa la vida útil del motor Diesel, reduce los costos de inventario, mejora la disponibilidad de los motores y contribuye con el control de emisiones de los gases de escape evacuados hacia el medio ambiente, disminuyendo la contaminación del aire. Este método consiste en una serie de pruebas de laboratorio que permiten evaluar las

características físico-químicas de los aceites lubricantes y determinar indirectamente el estado técnico de los componentes del motor. Al observar los resultados del análisis de aceite, es posible elaborar el diagnóstico sobre el estado del motor; empleando la relación "causa-efecto" existente entre las propiedades físico-químicas y las concentraciones de metales en el aceite lubricante, obtenidas en el análisis de laboratorio, con las condiciones del estado técnico de los componentes del motor Diesel.

La toma de datos del motor Diesel en operación y el posterior análisis de laboratorio, permite observar la condición del aceite lubricante a intervalos sucesivos durante un tiempo relativamente largo; ello puede ser ventajoso para determinar un intervalo práctico de cambio de aceite, planificar el relleno del aceite e identificar los contaminantes. La identificación de estos contaminantes generalmente puede y debería ocasionar una acción correctiva para eliminar sus causas y de este modo extender la vida útil del motor.

En los motores de combustión interna, el sistema de lubricación se encarga de lubricar las piezas en movimiento relativo. Al producirse desgastes interiores, debido a la fricción entre ellas, las pequeñas partículas de material desprendidas pasan al aceite; las más grandes se depositan en el fondo del cárter o quedan atrapadas en el filtro, el resto permanecerá en suspensión en el aceite. La cantidad o la masa de las partículas metálicas en suspensión (concentración) en el aceite lubricante determinará si el desgaste en el motor es normal, progresivo o acelerado. Sin embargo, la técnica del análisis de aceite se debe respaldar en una serie de análisis periódicos y continuos, con lo cual se puede establecer la tendencia del desgaste y controlar estadísticamente los desgastes normales, progresivos o acelerados.

Tabla 11. Características físico-químicas del aceite lubricante de uso en motores diesel y gasolina

Característica		SAE 30	SAE 40	SAE 20W/50
Viscosidad cinemática	Cst a 40°C	88,7	140	140
	Cst a 100°C	11	14.5	19
Índice de Viscosidad		106	107	130
Densidad a 15°C, Kg/l		0.891	0.895	0.894
Punto de Inflamación, °C		213	216	199
Punto de Fluidez, °C		-15	-9	-18
TBN, mg de KOH/g		8	8	8
Cenizas sulfatadas, % en masa		0,85	0,85	0,85

El análisis de aceite lubricante es considerado como un método de mantenimiento predictivo en los motores de combustión interna. Es una técnica que permite saber qué está ocurriendo en el interior del motor, ayudando a detectar rápidamente problemas de desgaste de los componentes del motor, así como la contaminación y degradación del aceite lubricante.

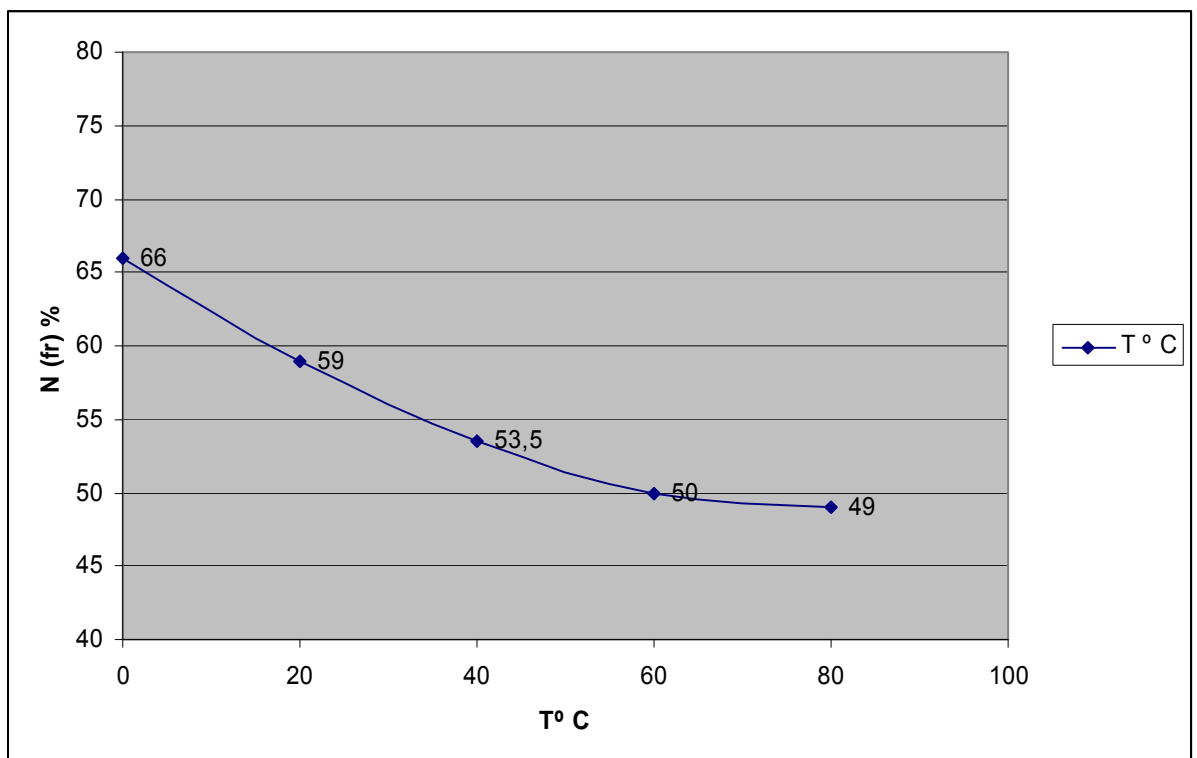
### 6.3 PÉRDIDAS MECÁNICAS EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

Las pérdidas de energía mecánica en un motor están compuestas por la suma de los siguientes factores: fricción, accionamiento de mecanismos auxiliares y el intercambio de gases. Se ha estimado que en los motores de combustión interna las pérdidas por fricción son hasta 70% del total de las pérdidas mecánicas y dependen directamente de la viscosidad del aceite lubricante del motor[1- Jovaj, M. S., "Motores de Automóvil", Editorial MIR, Moscú 1982.]. Experimentalmente, se ha demostrado que la temperatura del aceite lubricante en el motor influye considerablemente en las pérdidas por fricción. En la figura XX., se observa que en el rango de temperaturas entre 80 y 90°C el porcentaje de pérdidas por fricción (Nfr) es mínimo. A esto se debe que en los motores se usan intercambiadores de calor para el aceite, con el fin de limitar la temperatura de los mismos.

Tabla 12. Pérdidas mecánicas en motores Diesel y Gasolina

Pérdidas por fricción entre:	Motores de Encendido Por chispa	Motores Diesel
Pistón, anillos y el cilindro	44%	50%
Muñones de biela y de bancada y sus cojinetes	22%	24%
Por el intercambio de gases	20%	14%
Para accionar:		
Mecanismo de válvulas y los grupos auxiliares	8%	6%
Bombas de aceite, de agua y de combustible	6%	6%

Gráfico 7. Pérdidas mecánicas debido a la temperatura



## **Técnicas de información - beneficios y problemas**

Un sistema de monitoreo continuo puede medir todos los aspectos de la operación del motor y compensar su uso por los factores antes mencionados, pero resulta costoso. Asimismo, el proceso tradicional de comparar las medidas de comportamiento para predefinir los límites de las características físico-químicas y los contaminantes, es irreal.

El problema principal en el control de tendencias, radica en el programa de lubricación de los MCI y en los procedimientos de muestreo de aceite, que tienen gran efecto en los resultados de las mediciones. Sin embargo, con el análisis de tendencias, con un programa de mantenimiento adecuado y una buena práctica de muestreo se pueden obtener indicios confiables de falla de los componentes del motor, relacionados con el aceite lubricante y con el desgaste.

### **Selección y clasificación de los equipos a incluir en un programa de análisis de aceite<sup>2</sup>.**

El paso más importante en la instalación de un programa de análisis de aceite lubricante es seleccionar la cantidad adecuada de motores a monitorear, tomando en cuenta el comportamiento de los motores, personal técnico, cronograma de operación y el costo de los tiempos por paradas imprevistas.

El monitoreo de los motores Diesel se debe iniciar en aquellos motores calificados como críticos, debe continuar en los motores donde las fallas se desarrollan rápidamente, seguidos por los motores que ocasionan consecuencias económicas severas y, finalmente, los motores con fallas conocidas y/o con historial de fallas.

---

<sup>2</sup> Hidráulica y termofluidos 2001; 2 (2): PAG 24-31 DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE MOTORES DIESEL MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ACEITE LUBRICANTE *Andrés Valderrama Romero William López Miranda*

El departamento de mantenimiento se encargará de seleccionar los motores críticos y de recolectar sus datos de operación. Posteriormente, se deberá establecer si se está usando el aceite lubricante más apropiado para el tipo de operación y se implementará un programa de muestreo de aceite lubricante para establecer los periodos óptimos de cambio.

Una vez que se seleccionen los motores representativos, que estarán controlados por el programa, se deberá asignar un archivo manual o electrónico para cada motor, en el que se deben incluir los siguientes datos:

- Código del equipo.
- Descripción del equipo.
- Lugar de trabajo.
- Marca y modelo.
- Número de serie del motor Diesel.
- Lectura acumulada del hodómetro o kilometraje acumulado.
- RPM del motor Diesel.
- Relación carrera -diámetro del cilindro (S/D).
- Potencia del motor (kW).
- Aceite lubricante que usa el motor.
- Capacidad del cárter
- Año de fabricación.

#### 1. Pruebas físico-químicas.

- Medición de la viscosidad

La viscosidad conocida como la resistencia de un liquido a fluir, es la propiedad física más importante de un lubricante, ya que deben tener y conservar la habilidad de fluir y proteger las partes de la maquinaria a diferentes temperaturas y

condiciones. (ASTM-D445).

- Medición del número básico total (TBN) (ASTM D 2896).

El TBN mide la reserva alcalina del lubricante, y mayormente se aplica a los lubricantes para motores Diesel. Si un lubricante contiene aditivos no alcalinos, no es muy útil determinar el TBN. El TBN es atacado por los ácidos de combustión y disminuye por el uso, la función de basicidad es la protección a la corrosión.

- Prueba del color

Esta prueba clasifica el aceite de acuerdo al color según la norma ASTM D 1500.

- Punto de inflamación (ASTM D092).

El punto de inflamación es la menor temperatura a la cuál el lubricante, se vaporiza en una cantidad suficiente para formar con el aire una mezcla capaz de inflamarse. Esta clasificada según la norma (ASTM D092).

- Contaminación con agua

El agua es un elemento no recomendable en el aceite lubricante, ya que destruye la capacidad del lubricante a proteger las piezas en movimiento, y degrada los aditivos del aceite, haciendo que el equipo sufra desgaste, herrumbre y corrosión, igualmente ocasiona la formación de espuma, incremento de temperatura y acumulación de lodos en el Carter. (ASTM D095).

- Dilución con combustible

En los motores diesel la determinación de la dilución de combustible en el lubricante se puede determinar a partir de una prueba de viscosidad del aceite y se detecta por una disminución de la viscosidad del lubricante, partir del punto de inflamación ó partir de espectometría infraroja. El pasaje de combustible al aceite es frecuente en motores con problemas de mala relación aire/combustible por problemas de inyección y compresión (ASTM D93- ASTM D322).

- Contenido de insolubles

Insolubles en pentano (IP) o Prueba de contaminación total: (insolubles en pentano y tolueno; **ASTM D-893**)(9): Indica la presencia de contaminantes sólidos (productos de oxidación, hollín, contaminantes externos) e identificación de la naturaleza de los mismos.

- Dispersancia / Detergencia <sup>2</sup> La detergencia y la dispersancia son dos características que definen la capacidad del aceite para mantener limpio el sistema.

Detergencia

Es la capacidad del aceite para eliminar residuos acumulados por el sistema, bien incrustados (en tuberías, pistones, etc), bien acumulados en forma de lodos.

La capacidad detergente del aceite depende de las características del aceite base y sobre todo del uso de aditivos detergentes. Así pues, los aceites menos viscosos y con menos residuos carbonosos son mejores detergentes. Por otra parte, los aditivos detergentes suelen ser compuesto metálicos (sales metálicas de calcio, bario, magnesio, jabones orgánicos) que reducen la tensión interfacial entre el aceite y el contaminante, permitiendo que el contaminante sea desplazado de la superficie del metal.

La capacidad detergente del aceite va perdiéndose durante la vida operativa al ir apareciendo sustancias ácidas, que en muchos casos van siendo neutralizadas por los detergentes.

La detergencia es de especial significación en los aceites de motor, pues elimina el hollín en los cilindros y neutraliza los ácidos. En los aceites de corte, la detergencia contribuye a la limpieza de la máquina y de la pieza.

### Dispersancia<sup>3</sup>

La dispersancia es la capacidad del aceite para mantener dispersos los residuos a lo largo del circuito, evitando que se acumulen.

La capacidad dispersante de un lubricante depende del aceite base, siendo los sintéticos los de mejor capacidad dispersante. Esta capacidad va perdiéndose con el uso, debido a la acumulación de contaminantes dispersos en el aceite<sup>3</sup>.

### - Conteo de Partículas<sup>4</sup>

Este es un método para clasificar y contar partículas en el fluido lubricante de acuerdo con rangos aceptados de tamaño, por organismos como ISO por la norma ISO 4406 y la NAS 1638. El conteo de partículas, cuenta todas las partículas en la muestra de aceite sin importar el tipo de elemento de que se trate y las clasifica de acuerdo a su tamaño. Su interpretación deberá ser en función de los parámetros de limpieza que se hayan establecido para cada aplicación en particular, cualquier variación por encima de los límites deberá generar una investigación de la causa y

---

<sup>3</sup> PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS LUBRICANTES, JOSE JAVIER LOPEZ-Monografias.com química

<sup>4</sup> Gerencia de mantenimiento preactivo basado en análisis de aceite para motores de maquinaria pesada en minería. p. 33

probablemente sea necesario tomar acciones de filtración, reemplazo de filtros, aceites etc.

## **2. Análisis de concentración de metales**

Se podrán emplear los métodos:

a.- Espectrometría de absorción atómica: esta técnica se utiliza para detectar y cuantificar elementos metálicos en un aceite usado como resultado del desgaste, contaminación y aditivos del aceite. La muestra de aceite es energizada para hacer que cada elemento emita o absorba una cantidad cuantificable de energía, lo cuál indica la concentración de elementos en el aceite. Los resultados reflejan la concentración de elementos metálicos disueltos como los aditivos y también partículas muy finas de desgaste. Su limitación principal es que su eficiencia de detección es muy baja para partículas de tamaño de 5 micrones ó mayores.

b.- Espectroscopia infrarroja: Esta técnica espectrométrica se utiliza para detectar componentes orgánicos en el aceite como: agua, hidrocarburos, glicoles y productos de oxidación y nitración sobre el hidrocarburo virgen (aceite mineral). Esta prueba se estandariza por la norma ASTM E1491.

Se medirán los siguientes elementos: Fe, Cr, Al, Si, Sn, Pb y Cu.

C. Ferrografía analítica<sup>4</sup>: Esta técnica separa las partículas de desgaste del aceite por medio de magnetismo y las deposita en una placa de vidrio conocida como ferrograma. El examen en microscopio permite identificar el modo de desgaste y las probables fuentes de desgaste de la maquinaria. Conocida como ferrografía analítica una técnica completamente automática de esta técnica de separación magnética es la ferrografía de lectura directa (DR).

Esta técnica mide la relación entre las partículas grandes y pequeñas en la muestra y la información puede ser utilizada para calcular la concentración de partículas de desgaste y el índice de severidad, estos dos parámetros ayudan a construir tendencias del comportamiento de los equipos

### **Establecimiento de la frecuencia de Muestreo de Aceite**

La frecuencia de muestreo o el intervalo óptimo entre las muestras se puede determinar a partir del historial de las fallas anteriores y de las fallas comunes del motor. Para determinar el intervalo normal de muestreo se debe conocer primero el intervalo de ocurrencia de la falla más crítica y más corta del equipo analizado, luego se deben tomar por lo menos dos muestras de aceite en este intervalo, es decir, el intervalo de falla más crítica y más corta establece el intervalo normal de muestreo para cada tipo de motor.

En la práctica, puede haber mucha diferencia entre el intervalo normal y actual de muestreo. Este intervalo frecuentemente difiere del intervalo normal ya sea por más o menos cantidad de horas, debido a las prácticas de mantenimiento del operador del motor; las muestras de aceite necesitan ser tomadas adecuadamente en el intervalo correcto. Para reducir la interferencia en la información de la tendencia se recomienda aplicar los rellenos de aceite lubricante y tomar las muestras en coordinación con todo el personal involucrado.

El tiempo adicional de aviso de peligro de falla del motor, será muy útil para programar el mantenimiento correctivo, mientras se reduce el daño significativo secundario. En la tabla 3 se muestran los periodos de toma de muestreo recomendados para aceites lubricantes de motor Diesel, según el tipo de aplicación.

Tabla 13. Intervalos recomendados de toma de muestras de aceite

Aplicación	Horas
Motores en condiciones extremas de operación (vehículos fuera de carretera)	100-200
Motores que trabajan en carreteras (tracto-camiones y camiones)	150-250
Motores Marinos, industriales y estacionarios	200-300

### **Establecimiento de niveles de alarma.**

Para establecer los niveles de alarma, primero se debe conocer los datos normales de los aceites lubricantes. En la tabla no. 4, 5, 6 y 7 se muestran los niveles normales de atención y acción, que pueden ser usados en un programa de análisis de aceite lubricante (cabe mencionar que los fabricantes de motores establecen sus propios límites); en el caso de una aplicación en particular cada usuario puede definir sus propios límites de acuerdo a sus características de operación.

Muchos usuarios definen los límites de alarma de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes de aceite lubricante, sin embargo, los fabricantes de motores recomiendan que los niveles de alarma sean establecidos a base de los datos históricos.

Tabla 14. Interpretación de las escalas de cambio

ESCALA	ACTIVIDAD
Normal	Valores cercanos a los de un aceite nuevo (sin uso). Las muestras de aceite seguirán siendo tomadas según la programación o cuando se intervenga el equipo por alguna reparación.
Atención	Valores que exceden significativamente los niveles normales. El aceite se encuentra en condiciones de uso, pero por tiempo limitado. Iniciar un muestreo continuo para controlar el estado de la maquina
Acción	Valores extremos que si son sobrepasados, ponen en riesgo el estado técnico del motor o puede quedar seriamente dañado. Se requiere tomar una acción correctiva inmediata

Tabla 15. Límites de Control de la viscosidad del aceite lubricante para motor Diesel

ACEITE MONOGRADO	Viscosidad (en cSt a 40°C)				
	ACCION	ATENCION	NORMAL	ATENCION	ACCION
SAE 30	<70	70-90	90-135	135-165	>165
SAE 40	<105	105-125	125-200	200-240	>240
SAE 50	<140	140-175	175-245	245-280	>280
ACEITE MULTIGRADO	Viscosidad (en cSt a 40°C)				
	ACCION	ATENCION	NORMAL	ATENCION	ACCION
15W/40	<86	86-106	106-140	140-160	>160

Tabla 16. Límites de control o de rechazo de aceites para motor

PROPIEDAD	NORMAL	ATENCION	ACCION
Flash Point (°C) (Punto de Inflamación)	>200 °C	200°C – 170°C	<170°C
Contenido de Agua en Volumen (%)	<0.2%	0.2% a 0.3%	>0.3%
TBN (mg KOH/g producto)	>50%	<50% a 3%	<3%
Dilución por Combustible	<3%	3% a 4%	>4%

Tabla 17. Contenido de partículas metálicas (ppm) límites de control o de rechazo de aceites para motor Diesel (\*).

METAL	NORMAL	ATENCION	ACCION
Hierro	<60	60-100	>100
Silicio	<15	15-20	>20
Aluminio	<15	15-20	>20
Plomo	<25	25-40	>40
Cobre	<15	15-30	>30
Cromo	<10	10-15	>15
Estaño	<5	5-15	>15

## **METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

El problema principal de todo programa de mantenimiento predictivo es cómo hacer para estimar la severidad de los cambios de condición, y decidir continuar o parar la operación del motor. La decisión de poner fuera de servicio un motor, especialmente si ello implica parar la operación no es tarea fácil; sin embargo, si se decidiera continuar la operación y ocurre la falla, las pérdidas en que se habría incurrido por parar controladamente serían probablemente menores. Para proponer una adecuada toma de decisiones se deben tener en cuenta los siguientes aspectos principales:

a. Magnitud del cambio. La cuantificación del cambio de una magnitud nos proporciona información del estado técnico del motor para poder continuar o parar la operación.

b. El rango de cambio. Si los valores cambian rápidamente, no se dispone de mucho tiempo para actuar. Por otro lado si el valor alto es casi estable existe tiempo para planificar una reparación.

c. Variables relativas. La evaluación de las variables relativas nos permiten determinar si estas provienen de una fuente ajena al motor, por ejemplo el polvo del medio ambiente.

d. Causa probable. Cuando se dispone de valores estables y de tiempo para estudiar el problema necesitaremos de mediciones detalladas y de toda información histórica que ayude a comprender y definir exactamente el problema. Habiendo obtenido los resultados experimentales que se señalan; para predecir los valores de las características físico-químicas y la concentración de los metales en el aceite lubricante se empleará el método de los mínimos cuadrados, que permite determinar la tendencia que siguen las variables.

Finalmente las pruebas realizadas al lubricante permitirán Monitorear regularmente lubricantes y fluidos hidráulicos o refrigerantes es garantía para un trabajo en niveles de contaminación no perniciosos: los resultados van desde la economía en el consumo del fluido (mayor tiempo de utilización en servicio) hasta la toma de decisión de la oportunidad de una intervención correctiva evitando grandes perjuicios económicos debido a fallas severas. La tabla XX. muestra los objetivos de los análisis realizados y el resultado esperado para la toma de decisiones.

Tabla 18. Pruebas de análisis de aceites, objetivo y resultado

<b>Análisis de Aceite</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultado esperado</b>
Viscosidad	Salud del lubricante	Estable
Número de neutralización (TBN)	Degradación del lubricante	Tendencia decreciente lenta a la acidez
Prueba de color	Contaminación	Tendencia lenta a oscurecimiento del aceite
Punto de inflamación	Contaminación	Estable
Contaminación con agua	Contaminación	Negativo
Análisis de elementos por absorción atómica	Metales presentes por desgaste Degradación de aditivos Contaminación	Negativo – tendencia lenta Degradación suave Negativo
Análisis por Espectroscopia infrarroja	Degradación de aditivos Contaminación	Degradación lenta Negativo
Densidad ferrosa o partículas ferrosas	Desgaste	En decremento o estable

## **APLICACIONES A EQUIPOS<sup>5</sup>**

Los motores y equipos industriales necesitan una combinación de las pruebas anteriormente enunciadas, para monitorear la condición de los equipos. La figura no. XX es un compendio de la aplicabilidad de las pruebas

---

<sup>5</sup> Gerencia de mantenimiento proactivo basado en analisis de aceite para motores de maquinaria pesada en mineria. Pág. 34

Tabla 19. Aplicación de pruebas de análisis de aceite

EQUIPO	Viscosidad	Número Básico Total	Espectrometría de absorción atómica	Espectroscopia infrarroja	Contaminación con agua (Karl Fisher)	Dilución con combustible	Ferografía analítica	Conteo de partículas
Motor	R	R	R	R	N/A	A	A	N/A
Compresor	R	N/A	R	R	A	R	A	N/A
Caja de engranes	R	N/A	R	R	N/A	N/A	A	N/A
Rodamientos	R	N/A	R	R	N/A	N/A	A	A
Hidráulicos	R	N/A	R	R	A	N/A	A	R
Turbinas	R	N/A	R	N/A	R	N/A	A	R
<b>Motores eléctricos</b>	R	N/A	R	R	N/A	N/A	A	N/A

### Implementación del programa de análisis de aceites en empresas<sup>6</sup>

Para convertir un programa convencional a un programa moderno los ingredientes más importantes se llaman: Educación, Habilidades, Tecnología y Certificación. Por supuesto que es importante también que se tenga soporte de parte de la administración de la empresa para institucionalizar el programa de análisis de aceite como parte vital de la confiabilidad de la maquinaria y dar recursos al programa.

Un programa moderno incorpora el análisis de aceite En-sitio (pruebas realizadas en la misma planta utilizando pruebas de campo e instrumentos de tecnología moderna) en combinación con pruebas de rutina enviadas a un laboratorio externo. La estrategia consiste en la identificación de las causas de falla y principios de falla con una alta frecuencia y rapidez de respuesta mediante las pruebas de campo, inspecciones y pruebas En-sitio. Estas acciones pueden

---

<sup>6</sup> Análisis de Aceite – Una estrategia Proactiva y Predictiva Gerardo Trujillo C. Vice Presidente Noria Corporation

ayudar a regresar la maquinaria a condiciones normales de inmediato, logrando incrementar su vida. El envío de muestras de aceite a un laboratorio de manera regular, permite hacer un análisis de la tendencia de la maquinaria en el tiempo y poder determinar la efectividad de los sistemas de mantenimiento. En esta parte de la estrategia, podemos visualizar de manera predictiva la degradación de aditivos, el proceso de oxidación del lubricante y por supuesto el desgaste de la maquinaria.

La combinación de estas estrategias puede ser visualizada en el diagrama que muestra la figura 4.

Figura 4. Combinación de estrategias de mantenimiento



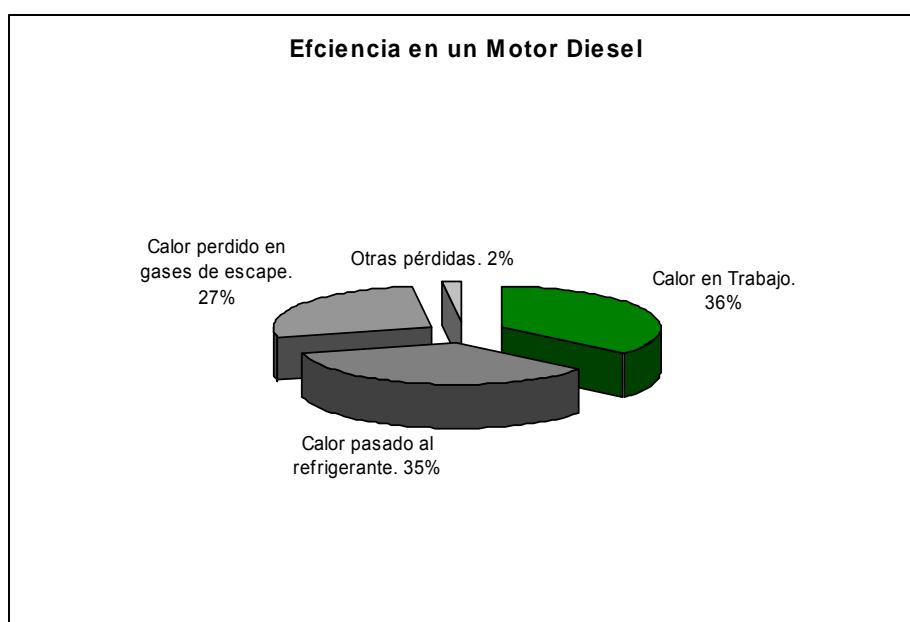
## 7. ADMINISTRACION DE COMBUSTIBLES Y LLANTAS

### 7.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN MOTORES DIESEL

Los motores de los camiones y tractocamiones utilizados son las máquinas más ineficientes en términos energéticos ya que según el CONAE (COMISION NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGIA), solamente el 36% del total de la energía contenida en el combustible se convierte en trabajo efectivo, un 35% es calor irradiado a otras partes del motor y un restante se pierde en gases de escape y residuos que no se queman adecuadamente.

Según el ministerio de transporte el 51% del costo de operación variable de un tracto-camión C3S es consumo de combustible, el 44% lo consume un C3 y para un C2 el consumo de combustible esta en el orden del 60% del costo de operación variable.

Grafico 8. Eficiencia en consumo de un motor Diesel



## 7.2 ADMINISTRACIÓN DEL COMBUSTIBLE

Un formato de control sobre el consumo de combustible es importante para realizar una administración adecuada para cada tipo de vehículo. Por lo general se recomienda prepagar el combustible o contratarlo con estaciones de servicio de manera que la empresa logre controlar eficazmente el consumo realizado y los kilómetros recorridos con cada tanqueo. Se recomienda llevar el siguiente formato:

Tabla 20. Bitácora de consumo de combustible

FECHA	Lectura del odómetro (R1)	km recorridos (R2)	Litros de combustible	\$ Del combustible	Rendimiento (Km/L)
01 Enero	12 000 (1)	Primer relleno de combustible (Ejemplo)			
05 Enero	12 500 (2)	500	42.5	7.00	11.765

1. . Llenar completamente el tanque de combustible y anotar la lectura del odómetro (R1)
2. Cuando se rellene, nuevamente el tanque de combustible, se debe anotar la nueva lectura del odómetro (R1) así como los litros consumidos (L)
3. Calcular los km recorridos  $(R2) = (2) - (1)$
4. Para obtener el rendimiento se realiza la siguiente operación  $(\text{km/litro}) = R2/L$

## 7.3 RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COMBUSTIBLE (SEGÚN CONAE)

- La conducción constante en pendiente o en ciudad (con las paradas que conlleva) aumenta el consumo de combustible en más de un 50%.
- Cuando se conduce con viento (y este sopla a una velocidad adicional de 10 m/s), el consumo de combustible puede aumentar en un 18%.

- Si la superficie de la carretera presenta restos de nieve o lluvia, aumenta la resistencia a la rodadura y el consumo de combustible puede verse incrementado en un 10-20%.
- Si la velocidad disminuye de 90 km/h a 80 km/h, se reduce el consumo de combustible en un 6%.
- Si el vehículo efectúa una parada adicional cada 10 km, el consumo de combustible aumenta en un 35% aproximadamente. Si en un tramo de 10 kilómetros se efectúan 10 paradas y arranques, el consumo de combustible aumenta en un 130%.
- El consumo de combustible puede aumentar hasta un 10% si el vehículo no recibe mantenimiento de forma regular y si se utilizan piezas no aprobadas.

## 7.4 ADMINISTRACION DE LLANTAS

Las llantas utilizadas para los vehículos tipo C2, C3 Y C3S en sus diferentes configuraciones, representan el 12, 17 y 19% de los costos de operación variables respectivamente según cifras del ministerio de transporte, lo que las vuelve un consumible costoso y que requiere de una atención minuciosa Con el fin de administrar eficientemente estos recursos.

Una forma adecuada de maximizar la utilización de las llantas es considerar 3 condiciones:

1. La elección de las llantas
2. Reesculturado y
3. Capacidad de reencauche

**7.4.1 Elección de las llantas.** Tiene que ver con el tipo de llanta a elegir según el tipo de vehículo, la posición de la llanta, el recorrido o trayecto habitual, el tipo de conducción así como su velocidad media, el estado de la banda de rodamiento anterior y el tipo de carga.

Por diseño de la banda de rodamiento se tiene:

TRACCION



DIRECCION

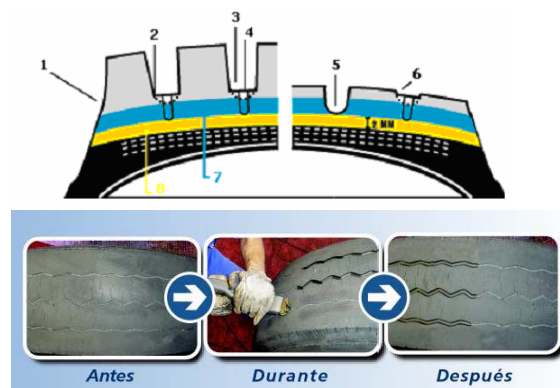


MIXTA



**7.4.2 Reesculturado.** Tiene que ver con aumentar el rendimiento kilométrico de una llanta una vez que esta terminando su banda de rodamiento, en la cuál se realiza un escultrado antes de la desaparición del dibujo, cuándo apenas quedan de 2 a 3 milímetros de profundidad y si el estado de la banda de rodamiento lo permite.

Figura 5. Mínima banda de rodamiento para reesculturado



**7.4.3 Reencauche.** Un plan de reencauche es una parte del sistema completo de mantenimiento de llantas, ya que permite un rendimiento similar al de la llanta nueva, con un costo más bajo debido a que únicamente se renueva la banda de rodamiento.

## 7.5 ESQUEMA DE CONTROL PARA LA ADMINISTRACION DE LLANTAS

Figura 6. Esquema de control para la administración de llantas

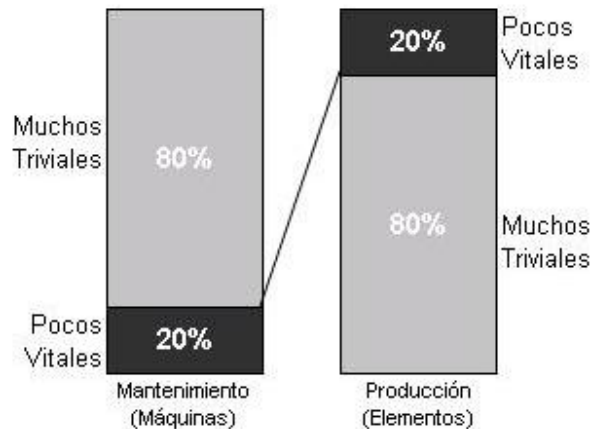


## 7.6 ANALISIS DE FALLAS A TRAVÉS DEL PRINCIPIO DE PARETO<sup>7</sup>

Como metodología para el análisis de fallas en vehículos de transporte podemos utilizar el Principio de Pareto el cuál permite identificar los problemas críticos para la cuál se afirma que en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto.

<sup>7</sup> UNIVERSIDAD ALEJANDRO DE HUMBOLDT PLAN DE LA PRODUCCION Y CONTROL DE LA CALIDAD - SECCION: 0702AE - PROFESOR: JOSE GERBASI, Caracas, abril 5 de 2.005

Figura 7. Análisis de fallas a través del principio de pareto



Por lo tanto, el Análisis de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños. Con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. En el resto de los casos, entre 2 y 3 aspectos serán responsables por el 80% de los problemas.

Usando el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (**pocos vitales, muchos triviales**) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves.

La gráfica es útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos.

### **Se recomienda su uso:**

- Para identificar oportunidades para mejorar
- Para identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problema o causas de una forma sistemática.
- Para analizar las diferentes agrupaciones de datos.
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Para evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después).
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías.
- Cuando el rango de cada categoría es importante.

#### Utilización del principio

1. Seleccionar categorías lógicas para el tópico de análisis identificado (incluir el periodo de tiempo).
2. Reunir datos. La utilización de un Check List puede ser de mucha ayuda en este paso.
3. Ordenar los datos de la mayor categoría a la menor.
4. Totalizar los datos para todas las categorías.
5. Calcular el porcentaje del total que cada categoría representa.
6. Trazar los ejes horizontales (**x**) y verticales (**y** primario - **y** secundario).
7. Trazar la escala del eje vertical izquierdo para frecuencia (de 0 al total, según se calculó anteriormente), de izquierda a derecha trazar las barras para cada categoría en orden descendente. Si existe una categoría “otros”, debe ser

colocada al final, sin importar su valor. Es decir, que no debe tenerse en cuenta al momento de ordenar de mayor a menor la frecuencia de las categorías.

8. Trazar la escala del eje vertical derecho para el porcentaje acumulativo, comenzando por el 0 y hasta el 100%
9. Trazar el gráfico lineal para el porcentaje acumulado, comenzando en la parte superior de la barra de la primera categoría (la mas alta)
10. Dar un título al gráfico, agregar las fechas de cuando los datos fueron reunidos y citar la fuente de los datos.

### Ejemplo de aplicación

Una empresa de transporte de carga con tracto-camiones desea analizar cuales son los defectos más frecuentes que aparecen en las unidades después de 100.000 Kms de operación. Para esto, empezó por clasificar todas las fallas posibles en sus diversos tipos:

Tipo de Falla	Detalle del Problema
Pinchazo	Pinchada de llanta debido a estado y vida de la misma
Estallada de Llanta	Debido a un fuerte golpe, choque contra algún obstáculo, falla de la misma
Eléctrico - batería	Sin batería, baja carga, falta de mantenimiento, tiempo de vida de la misma
Eléctrico – Motor de Arranque	Falla en el motor de arranque (por desgaste de los bujes)
Eléctrico – Alternador	Falla en el alternador
Inyección de combustible	Falla continua debido a problemas filtración de combustible, agua en filtros
Embrague – Clutch	Desgaste de disco de prensa o bronces de disco de clutch
Falla en la caja de cambios	Partidura de eje de toma (conexión entre motor y caja)
Falla en el Turbo	Falta de mantenimiento por desgaste de bujes
Bomba Hidráulica dirección	Rotura de manguera de compresión y descargue
Sistema de frenos	Desgaste de bandas (levas no aprietan)
Falla manguera de frenos	Unidad sin frenos y/o frenado con freno de seguridad
Sistema Quinta Rueda y King Ping	Desgaste y/o Falla estructural con desprendimiento del pivote del King Ping
Falla por partidura de muelles	Partidura de hojas de muelle

Posteriormente, una inspección revisa cada unidad a medida que llega a mantenimiento registrando sus fallas de acuerdo con dichos tipos. Después de registrar las 20 unidades, se obtuvo una tabla como esta:

Tipo de Falla	Detalle del Problema	Frec.
Pinchazo	Pinchada de llanta debido a estado y vida de la misma	60
Estallada de Llanta	Debido a un fuerte golpe, choque contra algún obstáculo, falla de la misma	5
Eléctrico - batería	Sin batería, baja carga, falta de mantenimiento, tiempo de vida de la misma	12
Eléctrico – Motor de Arranque	Falla en el motor de arranque (por desgaste de los bujes)	6
Eléctrico – Alternador	Falla en el alternador	6
Inyección de combustible	Falla continua debido a problemas filtración de combustible, agua en filtros	8
Embrague – Clutch	Desgaste de disco de prensa o bronce de disco de clutch	10
Falla en la caja de cambios	Partidura de eje de toma (conexión entre motor y caja)	7
Falla en el Turbo	Falta de mantenimiento por desgaste de bujes	5
Bomba Hidráulica dirección	Rotura de manguera de compresión y descargue	5
Sistema de frenos	Desgaste de bandas (levas no aprietan)	20
Falla manguera de frenos	Unidad sin frenos y/o frenado con freno de seguridad	4
Sistema Quinta Rueda y King Ping	Desgaste y/o Falla estructural con desprendimiento del pivote del King Ping	10
Falla por partidura de muelles	Partidura de hojas de muelle	15
Total		173

La última columna muestra el número de unidades que presentaban cada tipo de falla, es decir, la frecuencia con que se presenta cada falla. En lugar de la frecuencia numérica podemos utilizar la frecuencia porcentual, es decir, el porcentaje de ocurrencia en cada tipo de vehículo:

Tipo de Falla	Detalle del Problema	Frec.	%
Pinchazo	Pinchada de llanta debido a estado y vida de la misma	60	34.7
Estallada de Llanta	Debido a un fuerte golpe, choque contra algún obstáculo, falla de la misma	5	2.9
Eléctrico - batería	Sin batería, baja carga, falta de mantenimiento, tiempo de vida de la misma	12	6.9
Eléctrico – Motor de Arranque	Falla en el motor de arranque (por desgaste de los bujes)	6	3.5
Eléctrico – Alternador	Falla en el alternador	6	3.5

Inyección de combustible	Falla continua debido a problemas filtración de combustible, agua en filtros	8	4.6
Embrague – Clutch	Desgaste de disco de prensa o bronce de disco de clutch	10	5.8
Falla en la caja de cambios	Partidura de eje de toma (conexión entre motor y caja)	7	4.0
Falla en el Turbo	Falta de mantenimiento por desgaste de bujes	5	2.9
Bomba Hidráulica dirección	Rotura de manguera de compresión y descargue	5	2.9
Sistema de frenos	Desgaste de bandas (levas no aprietan)	20	11.6
Falla manguera de frenos	Unidad sin frenos y/o frenado con freno de seguridad	4	2.3
Sistema Quinta Rueda y King Ping	Desgaste y/o Falla estructural con desprendimiento del pivote del King Ping	10	5.8
Falla por partidura de muelles	Partidura de hojas de muelle	15	8.7
<b>Total:</b>		<b>173</b>	<b>100</b>

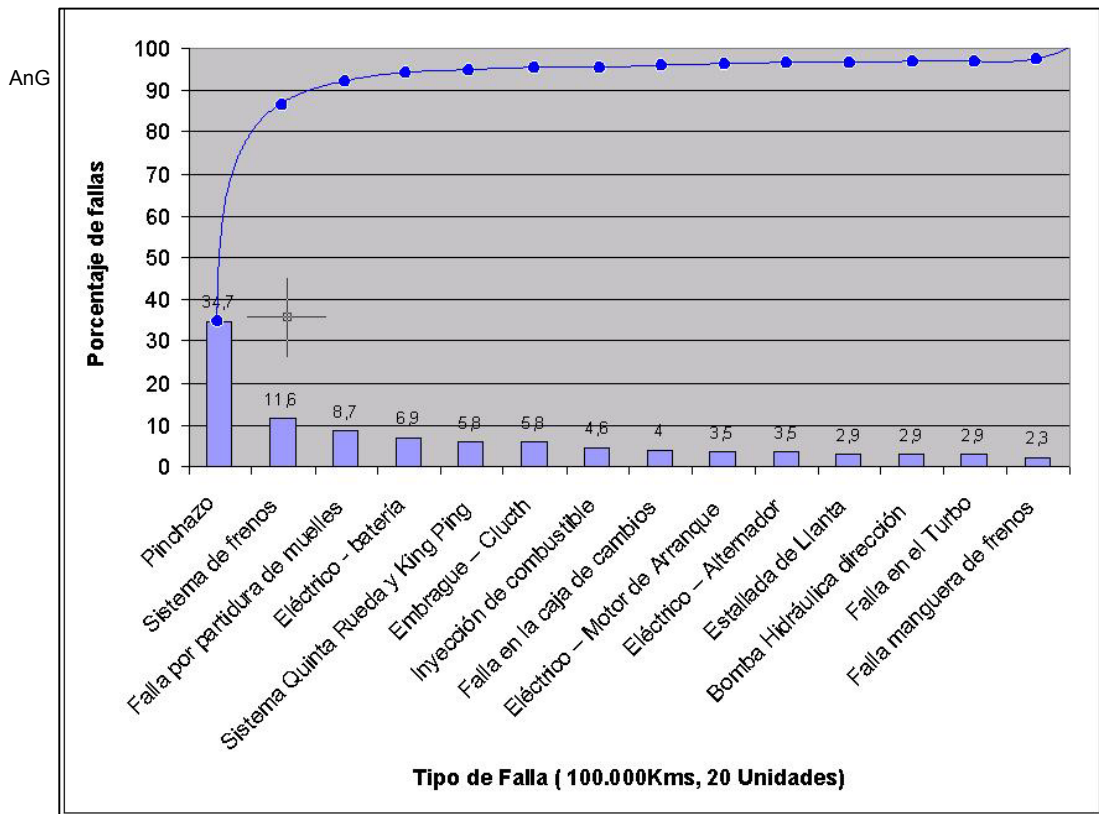
Clasificando por orden de importancia tenemos:

Tipo de Falla	Detalle del Problema	Frec.	%
Pinchazo	Pinchada de llanta debido a estado y vida de la misma	60	34.7
Sistema de frenos	Desgaste de bandas (levas no aprietan)	20	11.6
Falla por partidura de muelles	Partidura de hojas de muelle	15	8.7
Eléctrico - batería	Sin batería, baja carga, falta de mantenimiento, tiempo de vida de la misma	12	6.9
Sistema Quinta Rueda y King Ping	Desgaste y/o Falla estructural con desprendimiento del pivote del King Ping	10	5.8
Embrague – Clutch	Desgaste de disco de prensa o bronce de disco de clutch	10	5.8
Inyección de combustible	Falla continua debido a problemas filtración de combustible, agua en filtros	8	4.6
Falla en la caja de cambios	Partidura de eje de toma (conexión entre motor y caja)	7	4.0
Eléctrico – Motor de Arranque	Falla en el motor de arranque (por desgaste de los bujes)	6	3.5
Eléctrico – Alternador	Falla en el alternador	6	3.5
Estallada de Llanta	Debido a un fuerte golpe, choque contra algún obstáculo, falla de la misma	5	2.9
Bomba Hidráulica dirección	Rotura de manguera de compresión y descargue	5	2.9
Falla en el Turbo	Falta de mantenimiento por desgaste de bujes	5	2.9
Falla manguera de frenos	Unidad sin frenos y/o frenado con freno de seguridad	4	2.3
<b>Total:</b>		<b>173</b>	<b>100</b>

Ahora resulta evidente cuáles son los tipos de defectos más frecuentes. Se puede observar que los 3 primeros tipos de defectos se presentan en el 55 % de los tractocamiones, aproximadamente. Por el Principio de Pareto, concluimos que: La mayor

parte de los defectos encontrados en el lote pertenece sólo a 3 tipos de defectos, de manera que si se eliminan las causas que los provocan desaparecería la mayor parte de los defectos.

Gráfico 9. Análisis de Pareto fallas frecuentes tracto – camiones de carga



## 7.7 REPOTENCIACION Y RENOVACION DE EQUIPOS DE TRANSPORTE

En Colombia la repotenciación de equipos de transporte esta aprobada cuando a un equipo de transporte se le ha cambiado el motor, la caja de velocidades, cambiada la transmisión, el sistema de frenos, el sistema de dirección y el sistema de suspensión. Este mecanismo de renovación de flota esta contemplado por el decreto 2502 del 22 de febrero de 2.002.

En cuanto a la renovación y/o reposición del parque automotor el Ministerio de transporte ha regulado esta alternativa por medio del decreto 2185 de enero de 2.008 por el cual se reglamenta el ingreso de vehículos al servicio particular y público de transporte terrestre automotor de carga.

**EQUIVALENCIA PARA LA REPOSICIÓN.** Para el registro inicial de un vehículo de transporte terrestre automotor de carga de servicio particular y público se deberá demostrar que se ha(n) desintegrado totalmente uno o varios vehículos cuya capacidad de carga o la sumatoria de las capacidades originales en toneladas sea igual al cien por ciento (100%) o superior a la capacidad de carga del vehículo objeto de registro inicial. Para tales efectos, se entiende como capacidad de carga la establecida originalmente en la ficha de homologación

## 8. INDICADORES DE MANTENIMIENTO<sup>8</sup>

Los indicadores de mantenimiento más importantes y que son la base de las estrategias de mantenimiento son:

### 8.1 CONFIABILIDAD

Se le puede llamar confiabilidad a la probabilidad de un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para la cuál fue diseñado, durante un periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operación, ambiente y entorno adecuados.

La medida de la confiabilidad esta dada por el tiempo medio entre fallas MTBF (Mean Time Between Failure, el cuál es el promedio de tiempo dado para reparar una avería a traves de acciones de mantenimiento.

MTBF= Tiempo Operación / Número de Fallas

### 8.2 MANTENIBILIDAD

A la probabilidad de que un elemento, maquina o dispositivo, que pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal, después de una avería, falla o interrupción de servicio, mediante una reparación que implica unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción se le denomina mantenibilidad.

Una medida de mantenibilidad es el MTTR (Mean Time To Repair) Tiempo medio entre reparaciones durante un periodo determinado.

---

<sup>8</sup> Mora Gutiérrez, Alberto- Mantenimiento Estratégico Para Empresas Industriales Y De Servicios Enfoque Sistemático Kantiano, Alberto 2008

MANTENIBILIDAD=Tiempo Total de Reparaciones/Numero de Reparaciones

### 8.3 DISPONIBILIDAD

A la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo, tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico se define como Disponibilidad.

Podemos decir que

Disponibilidad=  $\frac{\text{Tiempo en que el equipo funciona correctamente}}{\text{Tiempo en que el equipo puede operar}}$

La relación entre la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se aprecia en la expresión:

DISPONIBILIDAD=  $\text{CONFIABILIDAD} / (\text{CONFIABILIDAD} + \text{MANTENIBILIDAD})$

## 9. MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO<sup>9</sup>

Los conceptos y prácticas de mantenimiento han evolucionado radicalmente desde principios del siglo XX, cuándo la simple mención de la palabra mantenimiento y todos aquellos recursos, herramientas e incluso personal asociado eran considerados como un mal necesario; aunque lamentablemente en muchas organizaciones tal percepción permanece hoy intacta; existe una clara tendencia global en posicionar a las organizaciones de mantenimiento como lo que realmente son: entidades que generan valor cumpliendo un rol fundamental para el cumplimiento de los objetivos corporativos, entre los que se destacan rentabilidad, seguridad, calidad, confiabilidad y disponibilidad.

No obstante lo anterior, todavía existe un número muy limitado de organizaciones a nivel mundial que aplican un concepto holístico y sistémico de gerencia de activos, sustentándose en un enfoque de mejoramiento continuo como eje principal para la optimización del uso de los mismos.

Por otro lado, muchas empresas conscientes de la importancia de la gestión de mantenimiento han invertido cuantiosos recursos para lograr su evolución utilizando diversas estrategias, herramientas y modelos gerenciales; lamentablemente en muchos casos, luego de tales inversiones el rendimiento rentabilidad y confiabilidad de su activos productivos solo mejora marginalmente o lo que es peor permanece parecido a los previamente existentes.

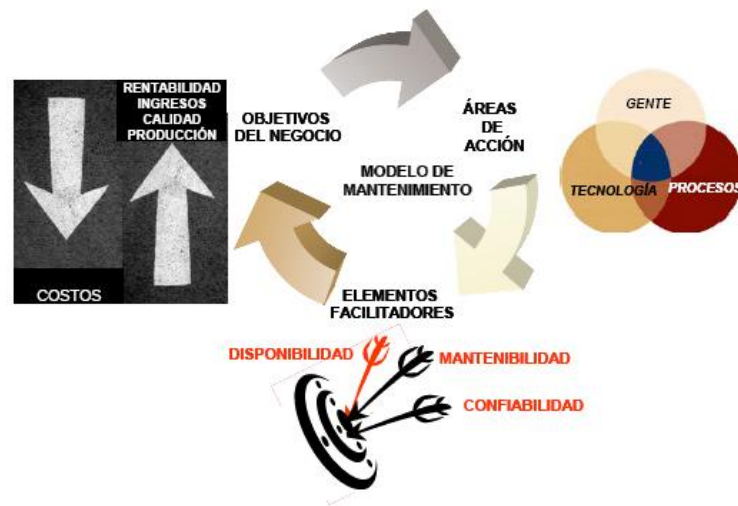
Un modelo de mantenimiento se entiende como el marco referencial para la transformación de Gestión de Mantenimiento con un enfoque sistemático e incluyente orientado a soportar la optimización del uso de los activos considerando

---

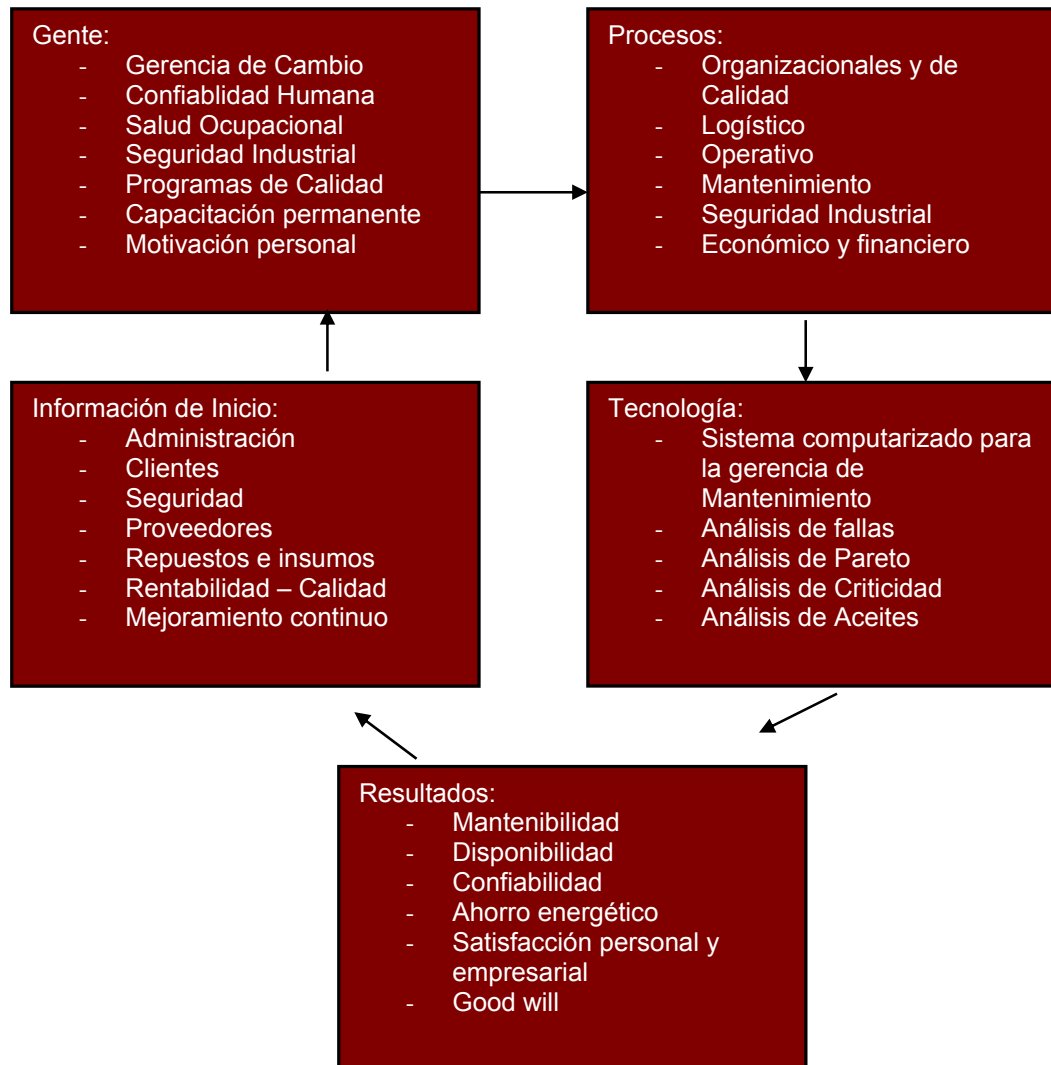
<sup>9</sup> Conferencias Noria – Modelo Gerencial de Mantenimiento – Reliability World 2.006

entre otros factores de Rentabilidad, Seguridad, Confiabilidad, Mantenibilidad y calidad como claves y determinantes.

Figura 8. Esquema conceptual de un Modelo de Mantenimiento para flotas de transporte



A objeto que el modelo de gestión sea compatible con las diversas iniciativas de mejora que afectan diversas áreas de operación de las empresas, es imprescindible que el mismo incluya y considere diversos elementos entre los cuales se destacan:



## 9.1 MODELO DE MANTENIMIENTO APLICADO A EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CARGA

**ALCANCE DEL MANTENIMIENTO:** Es la función que debe asegurar la máxima efectividad total de la maquinaria de producción y los servicios a un costo óptimo y en condiciones satisfactorias de calidad, seguridad y protección del medio ambiente. Mantenimiento es un factor de producción.

## **OBJETIVOS Y ALCANCE**

### **Objetivo General**

Establecer las políticas y lineamientos para el correcto mantenimiento de las unidades de transporte garantizando la disponibilidad y confiabilidad del parque automotor adscrito.

### **Objetivos Específicos**

1. Optimizar la confiabilidad de la maquinaria y la infraestructura,
2. Asegurarse de que la maquinaria y la infraestructura sean mantenidas en buen estado,
3. Asegurar rápidas reparaciones de emergencia a la maquinaria y la infraestructura, para asegurar la máxima disponibilidad para producción,
4. Mejorar la productividad de la maquinaria existente o su capacidad de producción por medio de modificaciones, extensiones o equipo adicional de bajo costo.
5. Mejorar la seguridad en el trabajo,
6. Entrenar al personal de mantenimiento en capacidades específicas de Mantenimiento,
7. Asesorar y apoyar la adquisición, instalación y operación de maquinaria,
8. Desempeñar un papel importante en garantizar la calidad del producto terminado,
9. Asegurar la protección del medio ambiente.

## 9.2 NIVELES DE MANTENIMIENTO

### 9.2.1 Niveles de Mantenimiento

#### **Nivel 1**

Ajustes simples anticipados por el fabricante, por medio de componentes accesibles, que no requieren des-ensamblaje o apertura de la maquinaria. Es también el reemplazo completamente seguro de componentes consumibles accesibles, tales como pequeños bombillos y algunos tipos de fusible.

*Este tipo de servicio lo hace el operador en el sitio, sin herramientas y siguiendo instrucciones de uso. La existencia requerida de partes consumibles es muy pequeña.*

#### **Nivel 2**

Localización de averías por medio de unidades de intercambio previstas con este propósito y operaciones menores de mantenimiento preventivo tales como engrase o verificación de funcionamiento adecuado.

Lo realiza un técnico autorizado, con calificaciones promedio, en el lugar, con las herramientas portátiles especificadas en las instrucciones y con la ayuda de ellas. Los repuestos necesarios se pueden conseguir con facilidad y sin demora en el área del lugar de uso.

Un técnico está autorizado cuando ha recibido entrenamiento que le permite trabajar con seguridad en una máquina potencialmente peligrosa, y con plena conciencia de los problemas.

### **Nivel 3**

Identificación y diagnóstico de daños; reparaciones por reemplazo de componentes o partes que trabajan, reparaciones mecánicas menores y todas las operaciones rutinarias de mantenimiento preventivo, tales como ajuste general o recalibración de instrumentos de medida.

*Este tipo de servicio puede ser realizado por un técnico especialista, en el lugar o en el taller de mantenimiento.*

*Se hace con la ayuda de las herramientas especificadas en las instrucciones de mantenimiento y de equipo de medida o calibración, o bancos de prueba o inspección, usando toda la documentación necesaria para el mantenimiento de la maquinaria y de partes suministradas por el almacén de repuestos.*

### **Nivel 4**

Todos los trabajos grandes de mantenimiento correctivo y preventivo, excepto modernización y reconstrucción.

Incluye calibración de equipo de medida usado en mantenimiento y puede incluir también la calibración por organizaciones especializadas.

Estos servicios pueden ser efectuados por un grupo que incluye técnicos especialistas altamente capacitados, en un taller especializado, bien equipado con herramientas y, si es necesario, con bancos de medida y los calibradores necesarios para el trabajo, usando también toda la documentación general y específica.

## **Nivel 5**

Modernización, reconstrucción o ejecución de reparaciones mayores, confiadas a un taller central o a un taller externo.

Fabricación de partes de repuesto.

Por definición, este tipo de trabajos es realizado por fabricantes o reconstructores, con recursos especificados por el fabricante y por lo tanto, muy semejantes a los utilizados en la manufactura original.

Puede ser efectuado por un taller central bien equipado.

### **9.3 DEFINICIONES DE SISTEMAS Y PARTES DE LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE DE CARGA**

**ALTERNADOR:** La batería de un vehículo es la encargada de suministrar la energía al equipo eléctrico, y el alternador el encargado de recargar constantemente la batería. La ventaja del alternador es que es más compacto, y genera mayor carga cuando el motor gira despacio. Sin embargo, produce corriente alterna, mientras que la batería necesita para recargarse corriente continua, lo que obliga a utilizar un rectificador auxiliar. Su funcionamiento se basa en la ley de Faraday, según la cual una bobina de alambre en movimiento dentro de un campo magnético se carga de energía eléctrica. En el alternador, el componente magnético se llama rotor, y gira dentro de la parte estacionaria o estátor. Para obtener su máximo rendimiento, un alternador necesita girar muy deprisa, por lo que su unión al motor, del que toma la energía para girar, se realiza mediante una relación de poleas de forma que el alternador gire al doble de la velocidad del motor.

**BATERIA:** Acumulador de energía química. Suministra la energía eléctrica necesaria para mover el motor de arranque y que el motor se ponga en marcha.

También sirve energía al equipo eléctrico del vehículo cuando no tiene suficiente con la que es capaz de generar la dinamo o el alternador. Esta electricidad se produce a través de una reacción química entre el plomo y el ácido que contiene la batería en su interior. Funciona como las pilas recargables o "depósitos de electricidad". En este caso se llenan mediante el propio sistema de carga del vehículo. Su capacidad se mide en amperios-hora. Si una batería tiene una capacidad de 50 amperios-hora (Ah) quiere decir que puede suministrar una corriente de 50 amperios de intensidad durante una hora, o de 5 amperios durante 10 horas.

**CASQUILLOS:** Referidos a la suspensión, son elementos de goma vulcanizada que se utilizan para unir las suspensiones al chasis, de forma que no existan piezas móviles metálicas en contacto. Su misión es conseguir un buen aislamiento y permitir que las suspensiones trabajen correctamente. Algunos casquillos tienen piezas metálicas intermedias y elementos de diferente flexibilidad, para inducir un ángulo al elemento de suspensión al que están unidos.

**CHASIS:** También se denomina bastidor, y es la estructura o esqueleto del vehículo, encargada de soportar el resto de los sistemas mecánicos y la propia carrocería, es decir, además de soportar el peso de todos los elementos del vehículo, también debe hacerlo con las cargas dinámicas que originan el funcionamiento de los distintos elementos como el motor, transmisión, dirección, etc.

**DIFERENCIAL:** Es un mecanismo que permite transmitir fuerza de giro, al unísono, a dos ejes que no giran solidarios. El eje que mueve cada una de las ruedas, va unido a un piñón denominado planetario. La fuerza del motor llega al engranaje principal de la corona del diferencial, que a su vez cuenta con unos piñones libres denominados satélites. En línea recta, los satélites empujan a los planetarios, pero en curva además giran sobre sí mismos, absorbiendo la

diferencia de giro de los semiejes. El problema del diferencial convencional es que cada semieje sirve de apoyo para que el otro haga fuerza (acción-reacción), por lo que en caso de pérdida de adherencia de una rueda, toda la fuerza del motor se escapa por ella sin que el otro semieje pueda hacer nada. Este problema se soluciona con los mecanismos de control de tracción y con los diferenciales autoblocantes.

**DIRECCION ASISTIDA:** Mecanismo por el cual se reduce el esfuerzo que debe hacer el conductor para mover el volante. Actualmente hay tres sistemas para hacerlo. Uno es **hidráulico**, consiste en una bomba movida por una polea conectada al motor. Otro es **electrohidráulico**, en el que un motor eléctrico reemplaza a la bomba movida por polea, pero que utiliza líquido para transmitir la presión hacia la dirección; a diferencia de la bomba movida por polea, el motor no está girando constantemente. El tercero es **eléctrico**, en el que un motor está directamente conectado al mecanismo de dirección; la asistencia del motor eléctrico puede variar, de acuerdo con una programación.

**EMBRAGUE:** Es un mecanismo que permite desacoplar momentáneamente el motor de la caja de cambios, para poder llevar a cabo la inserción de una nueva marcha. Consta de unos discos de fricción o forros que presionan sobre el volante motor por medio de un plato de presión empujado por un disco de diafragma o por unos muelles.

**FILTRO DE ACEITE:** Se trata de un órgano vital en el funcionamiento del motor, pues retiene las partículas abrasivas que no consigue detener el filtro del aire, así como partículas metálicas procedentes del desgaste de piezas móviles en contacto. También elimina los productos resultantes de la combustión que logran pasar al cárter, y las sustancias que se producen durante la propia degeneración del aceite.

**FILTRO DE AIRE:** El aire que "respira" el motor contiene una serie de partículas de polvo en suspensión que se pueden cifrar entre 1 y 30 mg/m<sup>3</sup>, dependiendo del estado de la carretera. Puesto que un motor pequeño puede "tragar" del orden de 3000 litros de aire por minuto, si no estuviera protegido pasarían al interior de los cilindros hasta 10 gramos de polvo cada hora.

**GASOLEO:** Es una mezcla de hidrocarburos obtenida por destilación fraccionada del petróleo, más pesada y menos volátil que la gasolina. Su principal característica es que se inflama bajo fuerte presión. También se utiliza un sistema de graduación para medir su calidad, en este caso con referencia a una mezcla de un hidrocarburo denominado cetano (grado 100) y el alfa metil naftaleno (grado cero). En contra de lo que mucha gente piensa, el gasóleo no es un combustible de clase inferior a la gasolina. Debe estar muy bien filtrado para no estropear los sistemas de inyección de alta presión, con inyectores que cuentan con orificios de milésimas de milímetro.

**INTERCOOLER:** Radiador donde se enfría el aire de admisión en motores sobrealimentados. El aire se calienta al pasar por el compresor (por el mismo efecto de la compresión) y por ello su densidad disminuye. Si ese aire --que sigue a la presión generada por el compresor-- se enfría, aumenta de densidad. Es decir, aumenta la masa de aire que entra en el motor, lo que mejora su rendimiento. Hay dos tipos de intercoolers, los que usan aire como refrigerante, y los que usan agua del circuito de refrigeración.

**MUELLE:** Pieza elástica, ordinariamente de metal, colocada de modo que pueda utilizarse la fuerza que hace para recobrar su posición natural cuando ha sido separada de ella. En la suspensión, el muelle es el elemento elástico que se interpone entre las ruedas y el bastidor, a través de distintos tipos de unión. Hay cuatro tipos de muelles: helicoidal, barra de torsión, ballesta y neumático. El

**muelle helicoidal** consiste en una o varias espiras de una barra metálica. La **barra de torsión** es una pieza cilíndrica mucho más larga que gruesa, unida al bastidor en uno de sus extremos y a las rueda en el otro. La **ballesta** consta de una o varias láminas flexibles superpuestas, dispuestas transversal o longitudinalmente. El **muelle neumático** es un recinto con una parte rígida y otra flexible, dentro del cual hay gas a presión.

**PISTON:** Es la parte móvil de la cámara de combustión formada por el cilindro y la culata. Tiene tres importantes misiones: comprime la mezcla, transmite la fuerza de las explosiones que provocan su movimiento de vaivén al cigüeñal a través de la biela, e impide que los gases quemados tras la combustión puedan filtrarse hacia el cárter. Por lo general son de aleaciones especiales de aluminio, para conseguir ligereza, dureza y buena conductividad térmica, ya que deben resistir altas presiones, elevadas temperaturas y están sometidos a un gran desgaste por fricción.

**RADIADOR:** Se denomina radiador a un intercambiador de calor líquido-aire, formado por un haz de tubos por los que circula el agua caliente del sistema de refrigeración, que se enfría al pasar por una superficie aleteada recorrida por la corriente de aire en la que se disipa el calor. Los radiadores suelen ser de latón o cobre, metales con buena resistencia a la corrosión, gran conductividad térmica, y facilidad de conformación y reparación. En algunos motores también se utilizan los radiadores para enfriar el aceite del sistema de lubricación por el mismo principio.

**SEGURIDAD ACTIVA:** Al hablar de seguridad activa en un vehículo se hace referencia al conjunto de mecanismos o dispositivos destinados a disminuir el riesgo de que se produzca un accidente. Así, unos frenos eficaces, una dirección precisa, unos neumáticos y amortiguadores en buen estado o un motor con buena capacidad de respuesta son factores que intervienen en la seguridad activa. Si bien, los sistemas específicamente desarrollados en las últimas décadas para

mejorar la seguridad activa son el antibloqueo de frenos, la tracción total o los controles de estabilidad y tracción.

**TERMOSTATO:** Se utiliza en el sistema de refrigeración, y se trata de una válvula sensible a la temperatura, que actúa desviando el caudal del líquido refrigerante para que no pase por el radiador. Se consigue así que al arrancar en frío el motor alcance rápidamente la temperatura idónea de funcionamiento, pues el termostato empieza a dejar pasar agua al radiador más o menos entre 80-85°C.

**VALVULA:** Es el elemento encargado de abrir y cerrar las canalizaciones por donde entra el aire de admisión (válvulas de admisión) y por donde salen los gases de escape (válvulas de escape) del cilindro. Por lo general están hechas de acero. En algunos casos, las de escape van huecas y rellenas de sodio para mejorar la refrigeración, ya que pueden llegar a alcanzar temperaturas de hasta 800°C. Las válvulas de admisión son siempre más grandes que las de escape, porque es más difícil introducir el aire en el cilindro que sacar los gases quemados.

## **MANTENIMIENTO ORDINARIO**

Es el mantenimiento regular, comprende el oportuno servicio de limpieza, aseo y condiciones mínimas, para la prestación del servicio de manera eficiente, segura y económica. Comprende la correcta presentación interna y externa del automotor o limpieza general del vehículo.

Las actividades a realizar son las siguientes:

- Lavado exterior
- Lavado interior
- Limpieza de vidrios

## **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**MANTENIMIENTO DIARIO:** Además del mantenimiento ordinario el conductor debe revisar los siguientes sistemas:

- El nivel de abastecimiento de agua, aceite, combustible y electrolitos
- El liquido de la bomba de embrague y nivel de hidráulico
- Tensión y estado de las diferentes correas, mangueras, tubería y empaques del motor.
- Ajuste de tornillos, racores y terminales
- Estado general de los cauchos y presión de los mismos
- Funcionamiento del motor y observación de controles
- Estado general de la carrocería, pintura, sistemas de comunicación, sistemas de confort

**MANTENIMIENTO PERIODICO:** Para el correcto funcionamiento de las partes que están en continuo movimiento cada 5.000 Kilómetros debe revisarse los siguientes sistemas: CARROCERIA, SISTEMA DE DIRECCION, SISTEMA DE SUSPENSION, TRANSMISION, CAJA DE VELOCIDADES, EMBRAGUE, MOTOR, SISTEMA DE FRENOS, SISTEMA ELECTRICO, DEPOSITO DE COMBUSTIBLE Y LOS SISTEMAS DE COMUNICACION comprendidos por:

### **CARROCERIA**

- Pintura
- Parabrisas
- Manijas
- Espejos
- Cinturon De Seguridad
- Tapiceria
- Anclajes De Silleteria

## **- SOPORTES DE CARROCERIA**

### **SISTEMA DE DIRECCION**

- Fugas De Aceite
- Juego Cabrilla
- Bujes
- Sinfin
- Terminales (Esfericas)
- Bomba Del Hidraulico
- Alineacion

### **SISTEMA DE SUSPENSION**

- Rotulas (Splinders)
- Tijeras
- Espirales
- Muelles
- Amortiguadores
- Soportes Generales
- Cauchos Min 4 Mm Prof.
- Rodamientos

### **SISTEMA DE TRANSMISION**

- Vibración
- Fugas De Aceite
- Cruceta
- Cardan
- Coopling
- Bajo

## **CAJA DE VELOCIDADES**

- Fugas De Aceite
- Cambios Suaves
- Salto De Cambios
- Caja O Carcaza
- Eje Primario De Mando
- Eje Secundario O Salida
- Eje Intermedio O Triple

## **EMBRAGUE**

- Recorrido Libre Pedal
- Vibración Al Embrague
- Ruidos En Balinera
- Fugas De Liquido
- Estado De Guaya, Bomba
- Palanca, Horquilla
- Rodamiento
- Prensa, Volante, Disco

## **SISTEMA DE FRENOS**

- Asbestos
- Pastillas
- Freno De Emergencia
- Campanas
- Discos
- Mangueras
- Tuberia, Compresor
- Tanque De Reserva Aire

## **MOTOR**

- Fugas De Aceite
- Presion De Aceite
- Compresion
- Correas
- Sistema De Escape
- Mangueras
- Radiador
- Prueba Dinámica (Co, Hc, Nox)

## **SISTEMA ELECTRICO**

- Limpia Parabrisas
- Pito, Pito Reversa
- Direccionales, Cocuyos
- Stops, Luces Trailer
- Luz Interior, Luz Placa
- Tacografo
- Sistema De Arranque
- Indicadores De Tablero
- Odómetro

## **DEPOSITO COMBUSTIBLE**

- Fugas De Combustible
- Tapa De Combustible

## **SIST. DE COMUNICACION**

- Celular
- Satelital
- Gps

## **ACTIVIDADES PRINCIPALES DEL MODELO DE MANTENIMIENTO**

Las principales actividades del Programa de Mantenimiento serán:

- I Inspeccionar
- A Ajustar
- T Torquear
- R Reemplazar
- L Lubricar

**MANTENIMIENTO PROGRAMADO:** Es el mantenimiento planificado que se debe realizar a un intervalo de tiempo menor a 6 meses con el fin de inspeccionar las partes y componentes críticos de los equipos. Este mantenimiento considera evaluar variables como: TEMPERATURA, PRESIÓN, HUMEDAD, TENSIÓN, DEFORMACIÓN, MOVIMIENTO MECÁNICO, VIBRACIONES, IMPULSOS, CHOQUES, SONIDO, RUIDO, ULTRASONIDO, POSICIÓN MECÁNICA, ACCIÓN CÍCLICA, DESPLAZAMIENTO, GRADO DE CAMBIO, TIEMPO, ACIDEZ / PH, DESCARGAS, CONCENTRACIÓN, COMPOSICIÓN, FUNCIÓN ELÉCTRICA, FUNCIÓN MECÁNICA, FUNCIÓN Y SECUENCIA, SECUENCIA ELÉCTRICA, ACELERACIÓN, DESACELERACIÓN, CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS, CARACTERÍSTICAS MAGNÉTICAS / ELECTROMAGNÉTICAS, CONDICIÓN DE ACEITES Y OTROS FLUIDOS, OTROS.

I Inspeccionar

**ELECTRICIDAD:** Funcionamiento del sistema eléctrico general y alternador.

**MOTOR:** Condiciones de Velocidad y aceleración de marcha mínima, pérdidas y contaminación de aceite, pérdidas de combustible, tanque de combustible, malla de aspiración de la bomba de combustible, separador de agua del combustible, presión de inyección y condición de pulverización, tiempo de inyección,

compresión del motor, fijación o daños en el tubo de escape y soportes. **EMBRAGUE:** Recorrido y juego libre del pedal de embrague. **TRANSMISION:** Juego de control del mecanismo de la caja de velocidades. **EJE PROPULSOR:** Conexiones flojas, desgaste excesivo del eje deslizante, ajuste de rodamientos y partes relacionadas. **DIRECCION:** Aceite de la caja de la dirección manual, ajustes en la conexión entre muñón y eje delantero, juego del volante, funcionamiento de la dirección, juego de rodamientos y daños en el mecanismo de dirección.

**FRENOS:** Funcionamiento del sistema de frenos y calibración de bandas, recorrido y juego libre del pedal de frenos, conexiones, tubos y mangueras de frenos, cable del freno de estacionamiento y válvula de seguridad, funcionamiento del freno de parqueo y válvula de seguridad. **SUSPENSION:** Fijación o daños en los soportes, estado general de amortiguadores, juego de rodamientos de los cubos delantero y trasero.

#### A Ajustar

**DIRECCION:** Alineación de la dirección. **SUSPENSION:** Grapas de sujeción de los muelles, pasadores de rueda

#### R Reemplazar

**MOTOR:** Aceite del motor, filtros de aceite, combustible, aire; graduación de válvulas, tensión o cambio de la correa del ventilador, refrigerante. **EMBRAGUE:** Líquido de embrague, funcionamiento del embrague. **DIRECCION:** Aceite de la dirección hidráulica. **FRENOS:** Líquido de frenos. **ELECTRICIDAD:** Batería. **SUSPENSION:** Daños en hojas de resortes o pasadores.

#### L Lubricar

**MOTOR:** Mecanismos de control del motor, bomba de vacío. **TRANSMISION:** Mecanismos de control de la caja de velocidades. **EJE PROPULSOR:** Juntas universales y ejes deslizantes. **EJE TRASERO Y DELANTERO:** Deformación o daños semi-ejes.

## **RECURSOS**

**RECURSO HUMANO:** conductores profesionales, técnicos automotrices, ingenieros mecánicos.

**RECURSOS FISICOS:** Oficina para la dependencia, con comunicación telefónica, celular, fax y correo electrónico, radios etc

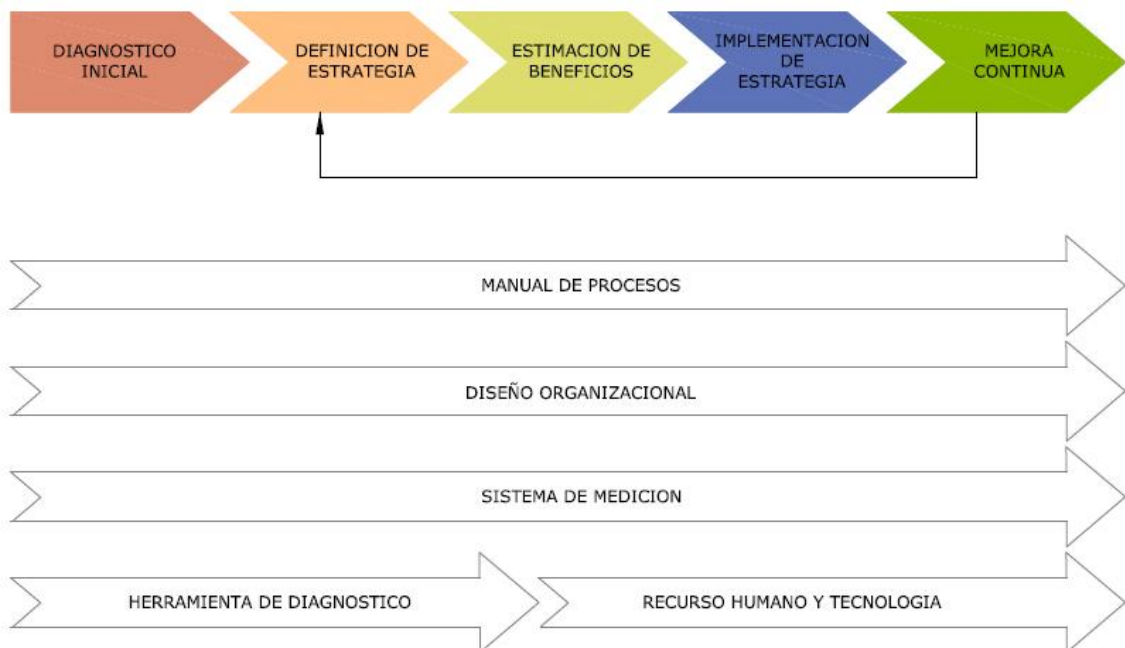
**RECURSOS TECNOLÓGICOS:** Equipo de computo con software de mantenimiento, cámara digital, memoria USB

## 10. IMPLEMENTACION DEL MODELO<sup>10</sup>

La implementación del modelo de administración de mantenimiento es relativamente sencillo, lo cuál significa tiempo y esfuerzo continuo en un periodo variable entre 2 y 5 años dependiendo del tamaño y complejidad de la empresa u organización.

La implementación de un nuevo modelo de gestión de mantenimiento es un proceso continuo e interactivo; en forma general, las etapas generales del proceso de implantación son:

Figura 9. Proceso de Implementación del Modelo De Administración de Mantenimiento



**DIAGNOSTICO INICIAL:** En esta etapa se aplicarán las herramientas de diagnóstico la cuál definirá el estado de madurez de los sistemas, procesos,

<sup>10</sup> Conferencias Noria – Modelo Gerencial de Mantenimiento – Reliability World 2.006

instalaciones o unidades de operación que son seleccionadas para el proceso de implementación.

Se destaca que para empresas o organizaciones muy grandes se recomienda la implementación en forma escalonada dado que en esta forma se pueden ser identificadas oportunidades de mejora en cada uno de los productos y herramientas diseñados en conjunto con la definición del modelo. Para organizaciones pequeñas podría iniciarse la implementación en forma masiva dado que las probabilidades de que existan inconsistencias en el modelo son mínimas.

**DEFINICION DE ESTRATEGIA:** Con base en las información recopilada en el diagnostico inicial y dada la constante de recursos limitados, se deben definir donde están las mejores condiciones desde los puntos de vista de gente, procesos y tecnología y posteriormente se debe establecer los beneficios que se quieren adquirir con la estrategia de mantenimiento.

**ESTIMACION DE BENEFICIOS:** en esta fase se refiere al cálculo de la inversión requerida y a la estimación de los beneficios a ser generados con el resultado de acciones encaminadas al ejercicio de las actividades de mantenimiento. El cálculo de recursos comprende: Recursos Humanos, Hardware, Software y Entrenamiento, por otra parte los beneficios esperados estarán asociados con: reducción de tiempos de parada de equipos, disminución de costos de mantenimiento y reparación, incremento de la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de los equipos.

**IMPLEMENTACION DE ESTRATEGIA:** En esta etapa simplemente se aplican las actividades de mantenimiento definidas en el modelo de mantenimiento y es probablemente la etapa más exigente desde el punto de vista de esfuerzo presupuestario y disciplina para continuar con toda la implementación.

MEJORA CONTINUA: Una vez implementadas las acciones de mejora es importante volver a medir el nivel de la gestión de mantenimiento y si el conjunto de actividades y estrategias ha dado un valor agregado a la organización. Igualmente se decide si es conveniente invertir más esfuerzos hacia otras áreas de la organización. En todo caso se quiere que el proceso de implementación sea continuo hasta lograr los niveles de clase mundial, lo cuál lo convierte filosóficamente en un proceso de mejora infinito puesto que las prácticas de mantenimiento cambian con el tiempo.

## CONCLUSIONES

- En Colombia dada las características geográficas y la ubicación de los centros de producción y consumo, sumados a la tradición histórica, el transporte de carga por carretera cumple un papel determinante en el desarrollo económico y social del país, ya que para el año 2.007 el 98% de la carga nacional excluyendo carbón e hidrocarburos, se movilizó por este modo, lo cuál lo convierte en un soporte fundamental del sector productivo.
- Con el análisis de aceites dentro de un programa de mantenimiento predictivo se obtiene una reducción en los costos de Mantenimiento y en los lucros cesantes por paradas no programadas de los equipos rotativos. Igualmente pueden manejarse mejor los mantenimientos programados de unidades activas y el manejo de mantenimientos preventivos con el consecuente beneficio financiero.
- Con el análisis de aceites se obtiene una mayor confiabilidad operativa, extendiendo la vida útil de los equipos, eliminando también paradas imprevistas. En muchos casos se obtienen datos que sirven para realizar cambios de diseño de piezas o equipos mayores. Se extiende el período de cambios de lubricantes y se verifica el rendimiento de éste manifestado por el proveedor.
- Generalmente los aceites utilizados poseen un muy buen desempeño por la calidad con la que están elaborados, pero no están exentos de contaminaciones externas y es cuando el mantenimiento predictivo de equipos mediante análisis de aceite cobra importancia, por poder precisar los diferentes tipos de contaminación y las acciones a seguir, además evitar todo tipo de contratiempos que origina un desgaste imprevisto, valiéndonos del historial de

cada equipo para marcar tendencias de los diferentes metales de desgaste pudiendo en la mayoría de los casos precisar de donde proviene el desgaste. En la medida que se incorporan históricos de los distintos metales se amplía el campo de acción.

- El análisis de fallas realizado por medio del principio de Pareto, permite determinar en una empresa de transporte de carga las causas principales de las fallas de los equipos de transporte donde el 20% de cualquier causa produce el 80% de los efectos, mientras que el 80% restante sólo cuenta para el 20% de los resultados. En los resultados obtenidos para una flota de 20 tracto-camiones con un recorrido de 100.000 Kms las causas principales de los problemas se notan en la administración de llantas utilizadas para la operación 100.000 Kms, las cifras corresponden a un promedio de unidades que oscilan entre los 0 y 12 años de vida útil y estos transitan por todo tipo de terrenos y condiciones de peso y operación regulares.
- El modelo gerencial de mantenimiento es una herramienta administrativa eficiente al implementarse con disciplina y rigor para el control del mantenimiento en empresas de transporte de carga, el cuál permite diagnosticar fallas prematuras en los equipos, disminución de costos de operación y mantenimiento y mínimas paradas de los equipos de transporte otorgando un alto nivel de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad para las unidades prestadoras de servicios de transporte de carga específicamente.

## BIBLIOGRAFÍA

Conferencias Noria – Modelo Gerencial de Mantenimiento – Reliability World 2.006. Publicaciones de Internet

MENDOZA REINA, Libardo; CHACON CALDERON, Carlos Raúl, Gerencia de Mantenimiento Proactivo Basado en Análisis de Aceite para Motores de Maquinaria Pesada en Minería. – UIS, Especialización en Gerencia de Mantenimiento – Monografía, 2.002

[http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm\\_intro.shtml](http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml)

MORA GUTIÉRREZ, Alberto- Mantenimiento Estratégico Para Empresas Industriales Y De Servicios Enfoque Sistemático Kantiano, Alberto 2008

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS LUBRICANTES, JOSE JAVIER LOPEZ- Monografias.com química

RODRIGUEZ BARRERO, Ofer. Modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte de carga – UIS, Especialización En Gerencia De Mantenimiento – Monografía, Bucaramanga, 2.006,

TRUJILLO C, Gerardo. Análisis de Aceite – Una estrategia Proactiva y Predictiva. Vice Presidente Noria Corporation, Publicaciones de Internet

VALDERRAMA ROMERO Andrés, LÓPEZ MIRANDA, William Hidráulica y termofluidos 2001; 2 (2): PAG 24-31 Diagnóstico Técnico De Motores Diesel Mediante el Análisis Estadístico Del Aceite Lubricante.

## **ANEXOS**

## ANEXO A. ANALISIS DE ACEITE LUBRICANTE USADO EN MOTOR DIESEL

Ejemplo: de un resultado de Análisis de Aceite lubricante y los comentarios y las recomendaciones del mismo.



Los siguientes son los resultados de los análisis efectuados a la muestra de MOBIL 15W40 enviada por Uds. y radicada con el consecutivo de Servicio de Laboratorio N° 2608, para el vehículo motor diesel relacionado.

NOMBRE DEL PRODUCTO		MOBIL 15W40		
Consecutivo N°		2608		
Fecha de análisis		06-11-08		
Horas de trabajo	Hr.		110	
<b>PRUEBAS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RANGO</b>	<b>RESULTADOS</b>	
Viscosidad 40°C (ASTM D-445)	cSt-40°C	118.0-144.0	120.16	
Viscosidad 100°C (ASTM D-445)	cSt-100°C	15.20-18.6	15.62	
I.V. (ASTM D-2270)		Min. 120	137	
Punto de Inflamación (ASTM D-92)	°C	Min. 200	218	
TBN (ASTM D-2896)	mg KOH/g	Min. 3.0	8.48	
Contenido de agua (ASTM D-95)	%	No	0	
Sedimentos (visual)		No	No	
METALES DE DESGASTE (ASTM D-6595)	Fe	ppm max.	100	17.1
	Cr		40	2.8
	Pb		40	0.7
	Cu		40	1.0
	Sn		40	0.6
	Al		10	2.7
	Si		20	5.5

**NOTA: Nuestro equipo determina 21 metales, por sentido práctico sólo se reportan los que tienen valores diferentes de 0.**

## COMENTARIOS

- Los resultados indican que el MOBIL 15W40 se encuentra en adecuadas condiciones fisicoquímicas
- La viscosidad está dentro del rango de un SAE 15W40.
- No hay contaminación con agua ni con sólidos.
- El punto de inflamación reporta valores normales.
- La oxidación alcanzó el 15% del valor máximo recomendado.
- El resultado de la prueba de metales de desgaste indica que no hay desgaste.
- Respecto al comentario del cambio de color: una de las características principales de un aceite de motor multigrado de alta especificación API es la de detergencia y dispersión que permite mantener el motor limpio de depósitos de carbón, gomas, etc, evitando que se adhieran a las superficies manteniéndolos dispersos dentro del aceite para que el filtro los retenga. Este mugre que permanece disperso en el aceite genera su oscurecimiento y causa el cambio de color más no de sus propiedades fisicoquímicas como lo demuestran los resultados de los análisis. Por esto también es importante que con cada cambio de aceite se cambie el filtro de aceite. Aceites de baja especificación API no remueven las suciedades, se adhieren a las superficies afectando el desempeño del motor y su color demora en tornarse oscuro.

## RECOMENDACIONES

- Si las actuales condiciones de trabajo del motor y políticas de manejo de lubricantes no varían efectuar un nuevo análisis dentro de 3000 kilómetros o su equivalente en horas de trabajo.