

**APLICABILIDAD DE TECNOLOGÍAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN  
EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE BUSES NPR DE  
TRANSMAMONAL LTDA.**

**FRANCIA ROSA LUNA CAFFRONI**

**ROBERTO ARTEAGA SUÁREZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**MINOR DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**CARTAGENA DE INDIAS D. C. Y T.**

**2011**

**APLICABILIDAD DE TECNOLOGÍAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN  
EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE BUSES NPR DE  
TRANSMAMONAL LTDA.**

**FRANCIA ROSA LUNA CAFFRONI  
ROBERTO ARTEAGA SUÁREZ**

**Monografía para optar por título de Ingeniero Mecánico**

**Dirigida por:**

**JUAN FAJARDO CUADRO**

**PhD (c), Msc, ME**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
MINOR DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS D. C. Y T.**

**2011**

Cartagena de indias D.T. y C. 22 de junio 2011

Señores

**COMITÉ CURRICULAR**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Facultad de Ingeniería

Cartagena

Estimados Señores

Presentamos para su consideración la monografía titulada “**Aplicabilidad de Tecnologías del Mantenimiento Predictivo en el Programa de Mantenimiento de la Flota de Buses NPR de TransMamonal Ltda.**” como requisito para obtener el título de Ingeniero Mecánico.

Atentamente

---

FRANCIA ROSA LUNA CAFFRONI

C. C. 1.051817740 de San Juan Nepomuceno, Bolívar

Cartagena de indias D.T. y C. 22 de junio 2011

Señores

**COMITÉ CURRICULAR**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Facultad de Ingeniería

Cartagena

Estimados Señores

Presentamos para su consideración la monografía titulada “**Aplicabilidad de Tecnologías del Mantenimiento Predictivo en el Programa de Mantenimiento de la Flota de Buses NPR de TransMamonal Ltda.**” como requisito para obtener el título de Ingeniero Mecánico.

Atentamente

---

ROBERTO ANTONIO ARTEAGA SUAREZ

C. C. 1.128.059.874 de Cartagena

Cartagena de indias D.T. y C. 22 de junio 2011

Señores

**COMITÉ CURRICULAR**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Facultad de Ingeniería

Cartagena

Estimados Señores

Luego de revisar la monografía titula “**Aplicabilidad de Tecnologías del Mantenimiento Predictivo en el Programa de Mantenimiento de la Flota de Buses NPR de TransMamonal Ltda.**” desarrollada por los estudiantes Francia Rosa Luna Caffroni y Roberto Antonio Arteaga Suárez, estudiantes de Ingeniería Mecánica; considero que cumple con los objetivos propuestos, por lo que estoy de acuerdo en presentarlo formalmente para su calificación y así opten por el título de Ingeniero Mecánico.

Cordialmente,

---

Ph.D (c) Juan Gabriel Fajardo Cuadro

Director de proyecto

Cartagena de indias D.T. y C. 22 de junio 2011

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, FRANCIA ROSA LUNA CAFFRONI identificada con cedula de ciudadanía número 1.051.817.740 de San Juan Nepomuceno Bolívar, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar, hacer uso de esta monografía de grado y publicarla en el catalogo online de su biblioteca.

Cordialmente,

---

FRANCIA ROSA LUNA CAFFRONI

C. C 1.051.817.740 de San Juan Nepomuceno Bolívar

Cartagena de indias D.T. y C. 22 de junio 2011

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, ROBERTO ANTONIO ARTEAGA SUAREZ identificada con cedula de ciudadanía número 1.128.059.874 de Cartagena de Indias, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar, hacer uso de esta monografía de grado y publicarla en el catalogo online de su biblioteca.

Cordialmente,

---

ROBERTO ANTONIO ARTEAGA SUAREZ  
C. C. 1.128.059.874 de Cartagena

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma de presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

---



## DEDICATORIA

A mi familia. A mis padres y mis hermanos que fueron y siguen siendo un apoyo e inspiración para todo lo que realizo.

Francia

A mi padre, quien se desvelo por mí para que yo alcanzara a llegar a esta meta.

A mi madre, compañera, incansable siempre apoyándome.

A mi hermana, de quien he tomado su ejemplo del tesón que la caracteriza.

A mi novia querida, que fue siempre mi inspiración para cumplir mis sueños.

Roberto

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias doy a Dios, por todo lo que somos y por utilizarnos como instrumentos. Por guiarnos para ir caminando en la senda del éxito en nuestras vidas.

A nuestros padres, hermanos y familiares que han apoyado todo nuestro proceso de formación.

Al personal de TransMamonal Ltda. por su información en el desarrollo de esta monografía, nuestro mi tutor Juan Fajardo Cuadro por su orientación. Al Ing. Ascanio Ferreira por su colaboración en la parte de lubricación, a la Universidad Tecnológica por toda su colaboración en instrumentos. Y a todos que de una u otra forman han contribuido en la elaboración de esta monografía.

## **APLICABILIDAD DE TECNOLOGÍAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE BUSES NPR DE TRANSMAMONAL LTDA.**

APPLICABILITY OF TECHNOLOGY OF MAINTENANCE PREDICTIVE IN MAINTENANCE PROGRAM FOR THE FLEET OF BUSES NPR TRANSMAMONAL LTDA.

Luna Caffroni, Francia<sup>1</sup>, lunacaffroni@gmail.com.  
Arteaga Suarez, Roberto<sup>1</sup>, raas29@hotmail.com.  
Fajardo Cuadro, Juan<sup>2</sup>, jfajardo@unitecnológica.edu.co.

### **RESUMEN**

El auge de la tecnología al servicio de la industria, principalmente enfocada en el mantenimiento nos hace ver la necesidad de adaptarla a las pequeñas y medianas empresas de nuestro medio. El análisis de aceites y el estudio termográfico son tecnologías muy prácticas, que permiten a su vez un mayor manejo y mantenibilidad de los equipos. Centradas en los equipos más críticos ayudan a prevenir fallas y actuar sobre el problema permitiendo que toda la empresa trabaje en pro de los activos, generando confiabilidad en la organización y en los clientes.

**Objetivo:** Estudiar la aplicabilidad de tecnologías de mantenimiento predictivo en planes de mantenimiento de sistemas de transporte terrestre de TransMamonal.

**Metodología:** Las estrategias que se utilizó fue una investigación analítica, y aplicada-descriptiva. La metodología se realizó de la siguiente manera: Recolección de información: Características del equipo, Funciones principales y rangos de variables, Recomendaciones de fabricantes en cuestión de monitoreo y toma de acciones de mantenimiento, Función de la empresa, y datos varios. Se estudió el funcionamiento y las técnicas de mantenimiento predictivo para monitorear las variables asociadas a cada subsistema.

**Resultados:** Se indicó la importancia de la realización de análisis de aceites, las fallas que se puede detectar antes de que afecte considerablemente al motor, y los valores de las sustancias y partículas encontradas que se deben calcular, también se deben tomar las muestras cada 4000 km para generar tendencias. Se estableció como frecuencia de monitoreo termográfico 2 veces por año a cada motor NPR Diesel para la creación de secuencias termográficas.

**Conclusiones:** Es posible aplicar tecnologías de mantenimiento predictivo en pequeñas empresas, ya que en la actualidad los costos de éstas no son tan excesivos, como los análisis de aceites, y respecto a termografía los

---

<sup>1</sup> Estudiantes de X semestre, Ingeniería Mecánica Universidad Tecnológica de Bolívar.

<sup>2</sup> PhD (c), Msc, ME. Profesor titular Universidad Tecnológica de Bolívar

costos pueden ser bajos dependiendo de la frecuencia de monitoreo que se establezca.

**Palabras claves:** *Mantenimiento predictivo, criticidad, termografía, análisis de aceites.*

## **SUMMARY**

The rise of technology in the service industry primarily focused on the maintenance we do see the need to adapt to small and medium enterprises of our environment. The oil analysis and thermographic study are very practical technologies that allow greater management turn and maintainability of the equipment. Focusing on critical equipment failures and help prevent the problem by acting on the whole enterprise work proactive, generating confidence in the organization and customers.

**Objective:** To study the applicability of predictive maintenance technologies in systems maintenance plans TransMamonal land transport.

**Methodology:** The strategies used was an analytical research, and applied and descriptive. The methodology was performed as follows: Collection of information: equipment characteristics, main functions and ranges of variables, manufacturer's recommendations in a matter of taking action monitoring and maintenance function of the company, and different data. We studied the performance and predictive maintenance techniques to monitor the variables associated with each subsystem.

**Results:** We noted the importance of conducting oil analysis, the faults can be detected before it affects considerably the engine, and the values of the substances and particles found to be calculated, must also be taken samples in 4000 km to generate trends. It was established as thermographic monitoring frequency 2 times per year to each NPR Diesel engine for the creation of thermographic sequences.

**Conclusions:** It is possible to implement predictive maintenance technologies in small businesses, currently costs are not as excessive as oil analysis, respect at thermography to costs may be lower depending on the frequency of monitoring to establish.

**Keys Word:** *Predictive Maintenance, criticality, thermography, oil analysis.*

## **INTRODUCCIÓN**

Este proyecto de investigación está dirigido en la flota de 12 busetas NPR Diesel con carrocerías Marcopolo de la empresa TRANSMAMONAL LTDA, basado en la pertinencia técnico-económica para la aplicación del mantenimiento predictivo a los sistemas de transporte, así como la determinación de rutas eficientes para el mantenimiento.

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La empresa TRANSMAMONAL no posee un sistema de mantenimiento que evalúe la eficiencia de este ni los costos generados, de igual forma no determina el costo lucro cesante por la no disponibilidad de cada activo.

## **JUSTIFICACIÓN**

La aplicación de técnicas de mantenimiento está enfocada a garantizar la disponibilidad

de los activos así como tener un balance con el costo que genera del total de producción.

Una correcta aplicación del mantenimiento predictivo a parte de ahorrar costo en comparación con el preventivo y correctivo permite tener una mayor confiabilidad en los activos, y es justificable en este caso ya que la interacción directa de la función de este es sobre pasajeros, siendo de gran criticidad y responsabilidad pues se trata de vidas humanas.

### **MANTENIMIENTO PREDICTIVO<sup>3</sup>**

El mantenimiento predictivo que surgió desde los años 80 consiste en que mediante el uso de las tecnologías poder detectar tempranamente las fallas que se pueden llegar a presentar, lo que permite actuar y corregir antes de que el daños sea mucho mayor(1).

Es el efecto de predecir o anteponerse a un evento que presenta sintoma aparente.

El Mantenimiento Predictivo está ligado de una cantidad de Técnicas (filosofías, métodos, Equipos, Conocimientos, herramientas, métodos y procedimientos) que aplicados de forma sincronizada logran con garantía su objetivo

A continuación explicaremos las diferentes técnicas de mantenimiento que realizaremos en nuestro plan de mantenimiento planificado para la empresa de TransMamonal Ltda y en enfoque en los equipos y componentes críticos.

**Enfoque del mantenimiento predictivo:** La principal desventaja del mantenimiento predictivo se relaciona con el costo de los equipos y el personal capacitado para ejercer esa labor, por ello su aplicación se sustenta en los equipos o componentes de mayor criticidad.

**Análisis de Criticidad:** El análisis de la criticidad es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de

<sup>3</sup> Texto tomado de documento  
[http://www.solomantenimiento.com/m\\_predictivo.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm)

facilitar la toma de decisiones. De forma matemática la criticidad está definida por la siguiente ecuación:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Efecto de la falla}$$

### **Cómo calcular la criticidad de un equipo**

La criticidad está en función de varios componentes, lo que nos dará un valor numérico del problema, magnitud del problema.

**El efecto de la falla:** Este componente está en función los siguientes efectos cuantificados (2):

MAS: Medio Ambiente y Seguridad

PROD: Producción

COP: Costos Operativos

STBY: Disponibilidad de los equipos de reserva

MTTR: Tiempo Promedio Para Reparar

**Frecuencia de fallas:** Este componente depende de múltiples factores como:

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas

Historial: Considera los datos históricos del equipo

Nivel de Carga: Es el nivel de carga a la que se somete el equipo respecto a su capacidad nominal.

Régimen: Es el régimen de trabajo horario al que se somete el equipo.

FFF: Factor de Frecuencia entre Fallas, cuantifica la influencia de todas las variables de Frecuencia de Fallas.

Por lo tanto la ecuación de criticidad podemos escribirla de la siguiente manera:

$$\text{Criticidad} = \{ [(PROD + COP) \times STBY] + MAS \} \times FFF$$

**Jerarquía de Activos:** Define el número de elementos o componentes de una instalación y/o planta en agrupaciones secundarias que trabajan conjuntamente para alcanzar propósitos preestablecidos (3).

### **Jerarquización de los equipos de TransMamonal Ltda.**

La empresa TransMamonal cuenta con 31 buses para transporte de personas, de los cuales tiene 12 busetas NPR Diesel, 3 HINO, 3 LT 500, 9 KODIAK ACPM y 4 KODIAK a Gas, El estudio estará enfocado

en las busetas NPR Diesel, como todos cumplen la misma función general, transportar personas, los Equipos viejos serán reemplazados por busetas de este modelo, además de ser el de mayor cantidad.

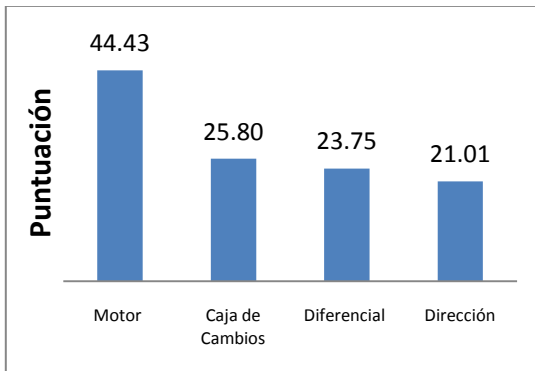
Los puntos de lubricación por aceites son Motor, Caja de Cambios, Diferencial y Dirección. Para determinar cuál es el punto más crítico, aplicaremos el análisis de criticidad, partiendo de encuestas realizadas en diferentes establecimientos donde se realizan reparaciones totales, parciales y venta de repuestos así como estos componentes nuevos.

Se realizaron los cálculos para determinar la criticidad de cada componente que requiere lubricación de acuerdo con la fórmula expuesta, en la tabla 1 se muestra un resumen de los cálculos y el valor de criticidad que se obtuvo.

**Tabla 1. Resultados de Índice de Criticidad de los componentes.**

COMPONENTE	PROD	COP	STBY	MAS	FRECUENCIA DE FALLA	MTBF	ÍNDICE DE CRITICIDAD
MOTOR	45	8	0.94	17.5	0.66	0.66	<b>44.43</b>
CAJA DE CAMBIOS	45	5	0.94	17.5	0.4	0.4	<b>25.80</b>
DIFERENCIAL	18.8	3	0.94	9.2	0.8	0.8	<b>23.75</b>
DIRECCIÓN	14.3	3	0.94	10	0.8	0.8	<b>21.01</b>

Como se observa, los resultados de la tabla anterior indican que el equipo más crítico es el motor, el componente de mayor incidencia para que este sea el equipo crítico es el COP. La figura 1 nos muestra en orden los resultados obtenidos en la tabla 4-12 de los índices de criticidad, donde observamos el componente de mayor criticidad y el de menor.



**Figura 1 Criticidad de los componentes por lubricación**

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE ACEITE

Las máquinas presentan diferentes tipos de materiales entre los más importantes encontramos cobre, aluminio, silicio, hierro, estaño, plomo, cromo. Cada uno de estos materiales son parte importante de este (el motor, la servo transmisión y los diferenciales delanteros trasero, entre otros).

Cuando el aceite presenta alguno de estos materiales es que estos materiales están desgastándose por consiguiente el componente ya no se encuentra en operaciones óptimas y el rendimiento de este está disminuyendo lentamente.

En los reportes de análisis de aceites usado nos da visión predictiva de que es lo que está sucediendo y lo que puede llegar a pasar sino no se toman acciones correctivas. Por consiguiente pueden venir problemas gravísimos y pueden quedar varadas las máquinas por mucho tiempo debido al costo de los repuestos o, inclusive, si se puede comprar, porque no es tan costoso el repuesto, no se encuentra en el país. Tocaría esperar días, semanas inclusive meses. Los gráficos 2, 3 y 4 muestran los resultados de análisis realizados a una buseta HINO durante 6 muestras consecutivas, esto es lo que se pretende realizar con las busetas NPR diesel de TransMamonal.



**Figura 2. Desgaste de metales (cromo, aluminio, estaño y sodio), Análisis Gulf**



Figura 3. Desgaste de metales (hierro, cobre y plomo), Análisis Gulf

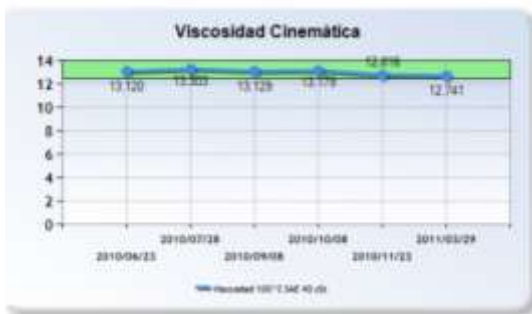


Figura 4. Viscosidad cinemática. Análisis Gulf

Para efectos del mantenimiento predictivo recomendamos tomar las muestras cada 4000 Km con el fin de establecer las tendencias de las sustancias y partículas encontradas en las muestras.

Frecuencia de cambio de aceite de motor: 5000 km

Frecuencia de toma de muestra de aceite: 4000 después de cada cambio.

En lo posible también tomar muestras del aceite cuando se cambia, pero para saber cómo vienen moviéndose las variables es necesario saber desde cuándo va caminando las condiciones.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA TÉCNICA DE TERMOGRAFÍA

Se puede definir la termografía como la ciencia dedicada a la medición y detección de temperaturas radiada por fenómenos de la superficie de la tierra. Una termografía es una técnica de producir una imagen visible de luz infrarroja, la cual es emitida por objetos a su condición térmica. La siguiente imagen muestra e espectro electromagnético y la ubicación de objetos que pueden percibir

como se muestra en la figura 5, que es parte del estudio termográfico realizado a una buseta NPR diesel de TransMamonal.

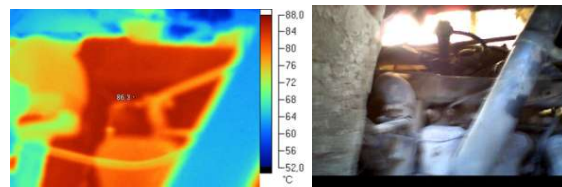


Figura 5. Motor NPR Diesel, TransMamonal

### Tabla 2. Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	86,3°C	0,95	22,0°C

### Tabla 3. Información de la imagen

Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Rango de temperatura de la imagen	53,6°C a 86,6°C

Para los equipos NPR Diesel de TransMamonal hemos propuesto que se realicen 2 análisis termográficos para cada vehículo por año. En la figura 6 se muestra esa distribución.

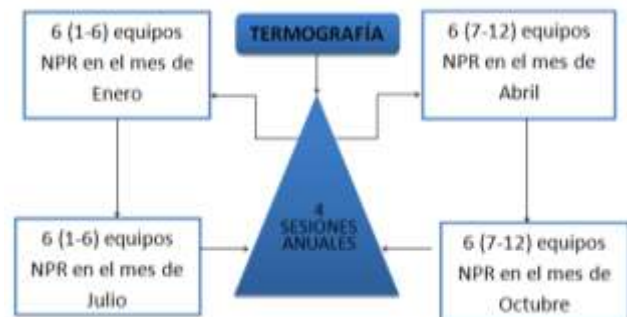


Figura 6. Esquema de mantenimiento propuesto a realizar.

Por medio de estos análisis se pueden predecir fallas o determinar la ubicación exacta de las existentes, ahorrando tiempos de reparación. La figura 7 muestra una falla en uno de los inyectores de un motor Diesel.

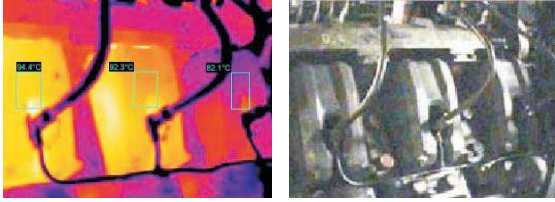


Figura 7. Falla en un inyector.

A nivel empresarial, lo importante es buscar resultados económicos, que a su vez respalden una excelente calidad del producto final que ofrece. La empresa TransMamonal Ltda es una empresa que se dedica al transporte de personas por lo que la seguridad de estos es primordial sin dejar de lado la optimización y aprovechamiento de los recursos económicos que posee para brindar este servicio.

El uso de estas dos técnicas estará representado en la detección de fallas tempranas, que tienen como consecuencia mayor disponibilidad de los activos, menos costos de reparación, en resumen mayores resultados en términos económicos.

El uso de las tecnologías de mantenimiento predictivo, análisis de aceites y estudio por termografía traerá inherente:

- Incremento en la seguridad de los pasajeros
- Mejora del nivel operacional
- Mantenimiento del Activo
- Distribución de tareas
- Información en tiempo real

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Web Solo mantenimiento. Sin autor, tipos de mantenimiento: Mantenimiento Predictivo. In [http://www.solomantenimiento.com/m\\_predictivo.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm)
2. PEPSOL YPF, Staff Técnico ABB, Ingeniería de Manteniendo. Estudio de criticidad en equipos.
3. Huertas M, Rosendo. Análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional. Confiabilidad.net.- In <http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/>

## CONCLUSIONES

El análisis de aceites es una técnica bastante sencilla que no ocasiona mayores costos, pero hemos observado es subutilizada, las pequeñas empresas en el afán de no llenarse de más procesos o tener que contratar personal adicional, no usan ni aprovechan está técnica muy valiosa para proveer fallas.

El uso de termografía permite visualizar las fallas o el avance de éstas, de una manera clara, no obstante esta debe realizarse por personal capacitado

Este estudio permite que TransMamonal Ltda. se dé cuenta de lo importante que es llevar registros de cada equipo, como sus hojas de vida y saber qué utilidad genera cada uno de ellos. Permitiendo que se puedan realizar comparaciones de costos.

Es posible aplicar tecnologías de mantenimiento predictivo en pequeñas empresas, ya que en la actualidad los costos de éstas no son tan excesivos, como los análisis de aceites, y respecto a termográfica los costos pueden ser bajos dependiendo de la frecuencia de monitoreo que se establezca.

**CONFLICTOS DE INTERÉS:** Ninguno que declarar.

**FINANCIACIÓN:** Recursos propios, implementos de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Personal de TrasMamonal.



## **TABLA DE CONTENIDO**

**INTRODUCCIÓN**

**DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA**

**JUSTIFICACIÓN**

**ANTECEDENTES**

**OBJETIVO GENERAL**

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE**

**1.1 Sistemas de transporte aéreo.**

**1.2 Sistemas de transporte marítimo y fluvial.**

**1.3 Sistemas de transporte terrestre.**

**1.4 Clasificación de transporte según la carga por vía terrestre**

1.4.1 Carga sólida

1.4.2 Transporte de líquidos

1.4.3 Montacargas

1.4.4 Transporte de frigoríficos

1.4.5 Transporte de personas

### **2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE UN EQUIPO DE SISTEMA DE TRANSPORTE.**

**2.1 El motor**

2.1.1 Circuito de Alimentación

2.1.2 Sistema de Inyección

2.1.3 Sistema de Alimentación del Combustible

2.1.4 Sistema de distribución

2.1.5 Sistema de enfriamiento

2.1.6 Órganos del motor Diesel

**2.2 El combustible**

**2.3 Transmisión**

**2.4 Suspensión**

**2.5 Sistema eléctrico**

**2.6 Dirección**

**2.7 Frenos**

**2.8 Ruedas**

**2.9 Chasis**

### **3 FUNCIONES DE LOS COMPONENTES, VARIABLES DE OPERACIÓN Y CONTROL DEL VEHÍCULO Y FALLAS FUNCIONALES MAS COMUNES**

#### **3.1 Funciones principales, secundarias, de sistemas y de subsistemas**

3.1.1 Función principal de un vehículo de transporte de pasajero

3.1.2 Funciones secundarias del vehículo de transporte de pasajero

3.1.3 Función de los sistemas del vehículo de transporte de pasajero

#### **3.2 Variables de operación y de control de los vehículos.**

#### **3.3 Fallas funcionales más comunes en vehículos de transporte Diesel.**

### **4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

#### **4.1 Enfoque del mantenimiento predictivo**

4.1.1 Análisis de criticidad

4.1.2 Jerarquía de activos

#### **4.2 Jerarquización de los equipos de TransMamonal Ltda.**

4.2.1 Selección de equipos críticos

4.2.2 Selección de componente critico por lubricación

### **5 DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

#### **5.1 Vibraciones**

#### **5.2 Medición y análisis de ondas de alta frecuencia**

#### **5.3 Análisis de aceites**

#### **5.4 Termografía**

### **6 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE ACEITE Y SU APLICACIÓN A LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE**

#### **6.1 Toma de muestra de aceite**

#### **6.2 Métodos y ensayos**

#### **6.3 Descripción de características encontradas en los análisis de aceite.**

6.3.1 Viscosidad

6.3.2 Contaminación

6.3.3 Desgaste

6.3.4 Degradación

6.3.5 Resumen de características

#### **6.4 Ventajas de la aplicación de esta técnica en TransMamonal**

### **7 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA TÉCNICA DE TERMOGRAFÍA SU APLICACIÓN A LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE**

7.1 Estudio por termografía a buseta NPR diesel de TransMamonal Ltda.

7.2 Detección e inspección de fallas

## **8 UNA MIRADA A LA EVALUACIÓN ECONÓMICA**

## **9 DOCUMENTOS DE CONTROL PARA EQUIPOS**

**9.1 Elaboración de hojas de vida de equipos**

**9.2 Elaboración de registro de consumo de combustible**

**9.3 Elaboración de registro de consumo de aceite**

**9.4 Elaboración de registro y consumo de llantas**

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **LISTA DE FIGURAS**

**Figura 2-1. Motor Diesel de 4 ciclos**

**Figura 2-2. Funcionamiento del motor Diesel de 4 ciclos**

**Figura 2-3. Circuito de alimentación**

**Figura 2-4. Bomba de inyección**

**Figura 2-5. Sistema de enfriamiento**

**Figura 2-6. Sistema de lubricación**

**Figura 2-7. Cigüeñal**

**Figura 2-8. Sistema de dirección**

**Figura 2-9. Sistema eléctrico**

**Figura 2-10. Sistema de dirección**

**Figura 2-11. Freno de un bus**

**Figura 2-12. Estructura de la llanta**

**Figura 2-13. Componente banda de rodamiento**

**Figura 2-14. Como leer una llanta**

**Figura 2-15. Desgastes anormales en las llantas**

**Figura 2-16. Tipos de texturas en las ruedas**

**Figura 4-1. Formato de encuesta realizada**

**Figura 6-1. Puntos de muestreos correctos e incorrectos**

**Figura 6-2. Ejemplo de resultado análisis de aceite, baja la viscosidad**

**Figura 6-3. Ejemplo de resultado de análisis de aceite, aumento de la viscosidad**

**Figura 6-4. Ejemplo de resultado de análisis de aceite, aceite nuevo contaminado**

**Figura 6-5. Aceite contaminado por mala limpieza**

**Figura 6-6. Secuencia de implosión de burbujas**

**Figura 6-7. Contaminación por agua y glicol**

**Figura 6-8. Diferentes materiales de un cojinete**

**Figura 6-9. Desgaste de cojinetes**

**Figura 6-10. Desgaste de arandelas**

**Figura 6-11. Desgaste de guías de arandelas**

**Figura 6-12. Corrosión en cojinetes**

**Figura 6-13. Ejemplo de degradación de aceite**

**Figura 6-14. Pictograma de lubricación**

**Figura 7-1. Espectros de frecuencia de la luz**

**Figura 7-2. Imagen normal**

**Figura 7-3. Vistas por infrarrojos**

**Figura 7-4. Imagen termográfica de un motor encendido.**

**Figura 7-5. Puntos de máximo esfuerzo en las camisas.**

**Figura 7-6. Tuberías en general**

**Figura 7-8. Motor Diesel con problemas en los inyectores.**

## **LISTA DE TABLAS**

**Tabla 2-1. Fallas de componentes del vehículo**

**Tabla 3-1. Motor**

**Tabla 3-2. Sistema de refrigeración**

**Tabla 3-3 Sistema de transmisión**

**Tabla 3-4. Sistema de eléctrico**

**Tabla 3-5. Sistema de dirección**

**Tabla 3-6. Sistema de frenos**

**Tabla 3-7. Sistema de suspensión**

**Tabla 3-8. Chasis**

**Tabla 3-9. Ruedas**

**Tabla 4-1. Tipo y cantidades de equipos en TransMamonal Ltda.**

**Tabla 4-2. Busetas NPR Diesel de TransMamonal Ltda.**

**Tabla 4-3. Cuantificación del efecto**

**Tabla 4-4. Tabla de calificaciones**

**Tabla 4-5. Análisis estadístico de la encuesta sobre el Motor**

**Tabla 4-6. Análisis estadístico de la encuesta sobre la Caja de Cambios**

**Tabla 4-7. Análisis estadístico de la encuesta sobre el Diferencial**

**Tabla 4-8. Análisis estadístico de la encuesta sobre la Dirección**

**Tabla 4-9. Análisis estadístico de la encuesta sobre tiempo medio entre fallas**

**Tabla 4-10. Valores del COP para los componentes**

**Tabla 4-11. Calculo del Stand By**

**Tabla 4-12. Resultado de Índice de Criticidad**

**Tabla 6-1. Pruebas de laboratorio a aceites usados**

**Tabla 6-2. Rango de viscosidad para aceites a 100 ° C (temperatura del motor)**

**Tabla 6-3. Limite de desgaste normal**

**Tabla 6-4. Origen de las partículas del Motor**

**Tabla 6-5. Origen de las partículas de la Transmisión Automática**

**Tabla 6-6. Origen de las partículas de la Transmisión Manual**

**Tabla 6-7. Origen de las partículas del Diferencial y Mando**

**Tabla 6-8. Rutas de mantenimiento preventivo recomendado por la Chevrolet para busetas NPR Diesel**

**Tabla 8-1. Insumos que se utilizan con frecuencia en las labores de manteniendo preventivo y correctivo de TransMamonal.**

**Tabla 8-2 Fallas y frecuencias en un año de busetas NPR Diesel de TransMamonal Ltda.**

**Tabla 9-2 Control diario tanqueo buses TransMamonal Ltda.**

**Tabla 9-3 Control diario aceites buses TransMamonal Ltda.**

**Tabla 9-4 Control semanal llantas buses TransMamonal Ltda.**

## **LISTA DE GRÁFICOS**

**Gráfico 1. Jerarquías de los sistemas de transporte**

**Gráfico 2. Componentes principales de un equipo de transporte**

**Gráfico 4-1. Jerarquía de activos**

**Gráfico 4-2. Equipos de transporte de TransMamonal Ltda.**

**Gráfico 4-3. Criticidad de los componentes por lubricación**

**Gráfico 5. Rango de frecuencias**

**Gráfico 6-1. Desgaste de metales (cromo, aluminio, estaño y sodio),  
Análisis Gulf**

**Gráfico 6-2. Desgaste de metales (hierro, cobre y plomo), Análisis Gulf**

**Gráfico 6-3. Viscosidad cinemática. Análisis Gulf**

**Gráfico 6-4. Análisis de aceite de Motor a NPR Diesel de TRansMamonal.**

**Gráfico 6-5. Análisis de las partículas encontradas en aceite de Motor NPR Diesel de TRansMamonal.**

**Gráfico 7. Esquema de mantenimiento propuesto a realizar.**



## **LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO A.** Formato de solicitud de servicio para análisis de aceite de TERPEL

**ANEXO B.** Formato de solicitud de servicio para análisis de aceite MOBIL

**ANEXO C.** Etiqueta para muestras de aceite, GULF

**ANEXO D.** Resultados de análisis de aceites de Gulf para una buseta HINO, tabuladas 6, muestras consecutivas.

**ANEXO E.** Resultados de análisis de aceites de CHEVRON para una buseta NPR

**ANEXO F.** Características de una buseta NPR diesel suministrados por la CHEVROLET

## **INTRODUCCIÓN**

Este proyecto de investigación está centrado en 12 busetas NPR Diesel con carrocerías Marcopolo de la empresa TRANSMAMONAL LTDA, basado en la pertinencia técnico-económica para la aplicación del mantenimiento predictivo a los sistemas de transporte, así como la determinación de rutas eficientes para el mantenimiento.

La investigación que realizaremos estará enmarcada dentro de los conceptos de la investigación analítica, que permite estudiar las variables y su comportamiento y control sin manipularlas. También entraremos el tipo de investigación aplicada-descriptiva la cual tiene un enfoque dirigido a la solución de problemas y la relación de las personas involucradas en la investigación de temas reales y de su interpretación correcta.

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La empresa TRANSMAMONAL no posee un sistema de mantenimiento que evalúe la eficiencia de este ni los costos generados, de igual forma no determina el costo lucro cesante por la no disponibilidad de cada activo.

Actualmente, la empresa no lleva registros de los activos, es decir, no cuenta con hojas de vida de los equipos que permita hacer una comparación u observación de las variables más representativas en los costos de mantenimiento ni las fallas más comunes en cada uno de los equipos, lo que implica el desconocimiento de la causa raíz de las avería que se presentan.

## JUSTIFICACIÓN

La aplicación de técnicas de mantenimiento está enfocada a garantizar la disponibilidad de los activos así como tener un balance con el costo que genera del total de producción.

Una correcta aplicación del mantenimiento predictivo a parte de ahorrar costo en comparación con el preventivo y correctivo permite tener una mayor confiabilidad en los activos, y es justificable en este caso ya que la interacción directa de la función de este es sobre pasajeros, siendo de gran criticidad y responsabilidad pues se trata de vidas humanas.

La aplicación de técnicas novedosas y relativamente nuevas de mantenimiento predictivo en nuestro contexto, especialmente a pequeñas o medianas empresas promueven nuestro desarrollo tecnológico, catalogado por muchos como retrasado en comparación con potencias mundiales, ya que puede forjar innovaciones relacionadas con la aplicación del mantenimiento y sus filosofías o en otros campos u otras dependencias de la empresa.

## **ANTECEDENTES**

La empresa TransMamonal Ltda, lleva rutinas de mantenimiento preventivo, y correctivo basado en inspección o falla no esperada. Se desconocen las frecuencias de fallas, modos y componentes que mas presentan. Tampoco se lleva análisis de costos de los equipos en cuestión de mantenimiento frente a la prevención de fallas. No posee hojas de vidas de los equipos y registros de las especificaciones.

Además de esto, posee técnicas poco ortodoxas para la verificación del correcto funcionamiento de sistemas de lubricación de diferentes componentes del equipo. No analizan las fallas solo las corrigen.

La implementación de técnicas como análisis por termografía y aceite permite un monitoreo de la condición de múltiples componentes de los sistemas y subsistemas que trabajan con motores Diesel, lo que estadísticamente, aumenta la disponibilidad de los activos.

De igual modo el análisis de la causa raíz permite tomar acciones para prevenir o predecir fallas e implementar planes que permitan manejar o corregir las condiciones que surjan con el estudio.

## **OBJETIVO GENERAL**

Estudiar la aplicabilidad de tecnologías de mantenimiento predictivo en planes de mantenimiento de sistemas de transporte terrestre de TransMamonal.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar análisis estadístico de las fallas funcionales y modos de falla más frecuentes en los equipos NPR Diesel de TransMamonal.
- Estructurar una hoja de vida por equipos.
- Establecer criterios de aplicación y confiabilidad en el uso de la técnica de termografía en el mantenimiento de los activos.
- Establecer criterios de aplicación y confiabilidad en el uso de la técnica de análisis de aceite.
- Evaluar económicamente y en términos de disponibilidad de los activos el uso de técnicas de mantenimiento predictivo.

# 1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

Generalmente, se le denomina transporte a la acción de trasladar personas o bienes de un lugar a otro. Siendo un trabajo que requiere de habilidades en logística para proporcionar o colocar los productos en el momento indicado y al lugar adecuado.

Los sistemas de transporte se pueden clasificar de diferentes formas, a continuación nombraremos algunas de acuerdo a el medio por el cual se realiza el movimiento del vehículo.

## 1.1 Sistemas de transporte aéreo.

El transporte aéreo o transporte por avión es el servicio de trasladar de un lugar a otro pasajeros o cargamento, mediante la utilización de aeronaves, con fin lucrativo. El transporte aéreo tiene siempre fines comerciales. Si fuera con fines militares, éste se incluye en las actividades de logística.

Este modo de transporte, en principio, se pensó y desarrolló únicamente para pasajeros; sin embargo, gracias al uso de contenedores aéreos y al diseño de nuevos aviones destinados a carga, el volumen de mercancías transportado por este medio se incrementa año tras año.

### Características

- **Rapidez:** es el medio de transporte más rápido para largas distancias. Resulta imprescindible para envíos urgentes, de mercancías perecederas o de alto valor monetario.
- **Seguridad:** es el medio de transporte con menor siniestralidad.
- **Coste elevado:** también resulta el más costoso por kg o m<sup>3</sup> transportado de todos los medios de transporte.
- **Carga limitada:** debido a la capacidad de carga por peso o por volumen del avión y las medidas de las puertas y accesos.

## 1.2 Sistemas de transporte marítimo y fluvial.

El transporte marítimo es la acción de llevar personas (pasajeros) o cosas (cargas sólidas o líquidas) por mar (marítimo) o río (fluvial) de un punto geográfico a otro a bordo de un buque o barco con un fin lucrativo.

El transporte marítimo, en el ámbito mundial, es el modo más utilizado para el comercio internacional. Es el que soporta mayor movimiento de mercancías, tanto en contenedor, como graneles secos o líquidos.

## Características

- **Gran capacidad:** Se pueden transportar grandes masas de graneles o de contenedores. Los grandes petroleros llamados ULCC (*Ultra Large Crude Carrier*), tienen una capacidad de más de 500.000 toneladas de peso muerto.
- **Ámbito internacional:** Es el mejor medio para trasladar grandes volúmenes de mercancías entre dos puntos alejados geográficamente. Además, el desarrollo de las autopistas del mar y del «transporte marítimo de corta distancia» (en inglés, *Short Sea Shipping* o SSS) permite la combinación del transporte marítimo con otros medios de transporte.
- **Flexibilidad y versatilidad:** Estas características están dadas por la posibilidad de emplear buques desde pequeños tamaños (100TPM) hasta los ULCC versatilidad porque se han construido buques de diversos tamaños y adaptados a todo tipo de cargas; además de los tradicionales cargueros, existen buques portacontenedores, metaneros, para carga rodante, para carga refrigerada, para graneles sólidos, etc.

### 1.3 Sistemas de transporte terrestre.

El transporte terrestre es la acción de transportar personas o bienes de un lugar a otro, utilizando un vehículo a través carreteras o planicies que comunican el lugar de partida hasta el lugar de llega.

## Características

- **Capacidad:** La capacidad de carga depende del tipo de vehículo que se seleccione, puede ir de camiones pequeños hasta tractomulas de gran capacidad.
- **Vías:** es la forma de trasladar mercancía de un lugar a otro, pues las mallas viales constituyen la mayor forma de comunicación entre ciudades o cualquier punto de referencia.
- **Versatilidad:** Los vehículos empleados para el transporte por carretera se han amoldado al tipo de mercancía que transportan. Se pueden tener con refrigeradores, acolchonamiento, entre otros.

### 1.4 Clasificación de transporte según la carga por vía terrestre

#### 1.4.1 Carga sólida

Se define carga solida como bien transportado que se encuentra en estado sólido a las temperaturas de transporte, y que el tiempo no altera su condición.



Salvo excepciones de congelado y los vehículos son adaptables a estas condiciones.

#### 1.4.2 Transporte de líquidos

El transporte de líquidos hace referencia a sustancias en estado no gaseoso ni sólido. Para ellos se necesitan cuidados dependiendo el tipo de líquido que se desea transportar.

#### 1.4.3 Montacargas

Sistemas de transporte que tiene dos barras paralelas planas en su parte frontal, llamadas «horquillas», montadas sobre un soporte unido a un mástil de elevación para la manipulación de las tarimas. Las ruedas traseras son orientables para facilitar la maniobra de conducción y recoger las tarimas.

Es de uso rudo e industrial, y se utiliza en almacenes y tiendas de autoservicio para transportar tarimas o *pálets* con mercancías y acomodarlas en estanterías o *racks*. Aguanta cargas pesadas que ningún grupo de personas podría soportar por sí misma, y ahorra horas de trabajo pues se traslada un peso considerable de una sola vez en lugar de ir dividiendo el contenido de las tarimas por partes o secciones. Su uso requiere una cierta capacitación y los gobiernos de distintos países exigen a los negocios que sus empleados tramiten licencias especiales para su manejo.

#### 1.4.4 Transporte de frigoríficos

Se refiere a la carga que necesita condiciones de temperatura bajas y el sistema de transporte debe proporcionarlas para mantener el producto en las condiciones deseadas.

#### 1.4.5 Transporte de personas

Este medio de transporte es el más solicitados a nivel mundial, diario se emplean buses y camiones para dicho fin. Está carga es de gran cuidado pues al tratarse de personas la seguridad debe ser alta, al igual que los factores de seguridad de los diseños y mantenimiento de los vehículos empleados.

La jerarquización de los subsistemas descritos a partir del transporte, está esquematizado en el gráfico 1. Centrado en el transporte por vía terrestre el cual es el de nuestro interés

Gráfico resumen de generalidades del transporte.

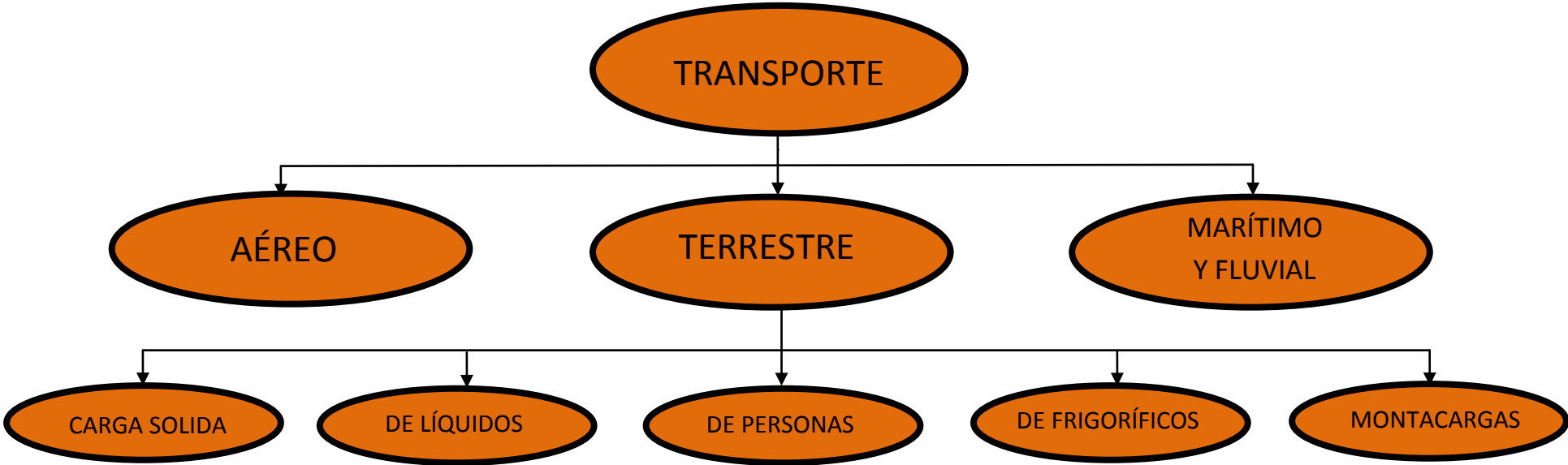


Gráfico 1. Jerarquías de los sistemas de transporte.

## 2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE UN EQUIPO DE SISTEMA DE TRANSPORTE

### 2.1 Motor

El motor diesel es aquel que quema combustible diesel, o ACPM (Aceite combustible para motor) en el proceso de combustión. El aire en el interior de los cilindros es comprimido. Cuando la temperatura del aire empieza a elevarse, el combustible es inyectado en forma pulverizada dentro del motor y la combustión espontánea del combustible ocurre. En la figura 2-1 apreciamos un motor diesel, podemos observar lo robusto de algunos componentes.

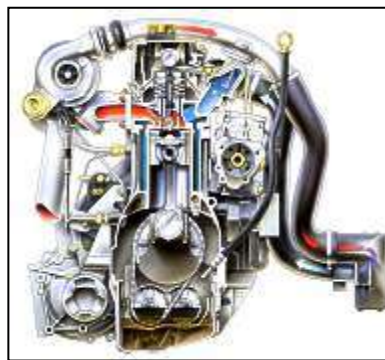


Figura 2-1. Motor Diesel de 4 Ciclos.

Tomado de <http://webdelautomovil.com/2007/09/el-motor-diesel-12>

Así como los motores a gasolina, los pistones en estos motores tienen 4 carreras, admisión, compresión, combustión y escape, como se muestra en la figura 2-2, pero estos difieren de los de gasolina en que solamente el aire es tomado dentro del cilindro en la carrera de admisión. Una vez que el aire es comprimido, el combustible diesel es inyectado dentro del cilindro y el combustible es quemado sin el uso de equipo de encendido, de este modo genera la fuerza motriz el vehículo.

**Carrera de Admisión:** Cuando los pistones bajan en el cilindro, la válvula de admisión se abre y aire es tomado dentro del cilindro.

**Carrera de Compresión:** Cuando el pistón se eleva en el cilindro, la válvula de admisión se cierra y el aire es comprimido en el cilindro cerrado. Como resultado de esta compresión, el aire altamente presurizado empieza a calentarse.

**Carrera de Combustión:** Justo antes que el pistón alcance la posición TDC (Punto Muerto Superior), el combustible diesel es inyectado dentro del cilindro con el aire comprimido. Como se observa en la parte inferior de la

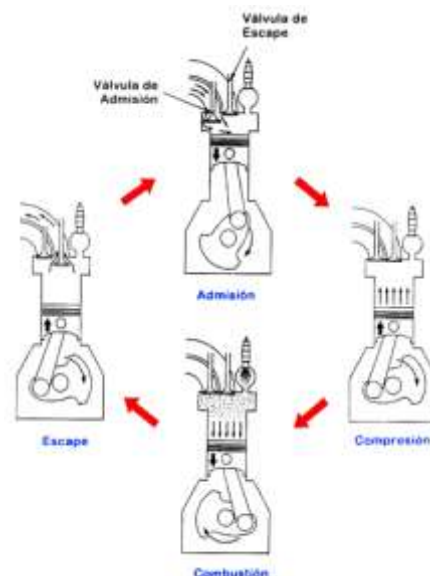


Figura 2-2. Funcionamiento del motor diesel 4 ciclos.  
Tomada <http://motordieselgh.wordpress.com/2009/08/19/imagenes-de-motores-diesel/>

figura 2-2. Cuando el combustible empieza a mezclarse con el aire a alta temperatura, este se enciende espontáneamente. La presión de combustión generada empuja al pistón hacia abajo y genera potencia.

**Carrera de Escape:** Cuando el pistón es empujado hacia abajo cerca de la posición BDC (Punto Muerto Inferior), la válvula de escape se abre y los gases de combustión son empujados afuera por la elevación del pistón en el cilindro.

### 2.1.1 Circuito de alimentación

El combustible es succionado del tanque por la bomba de suministro, pasa a través de un filtro y es conducido a la bomba de inyección, que lo envía a presión a los diferentes cilindros, para introducirlo a la cámara de combustión, finamente pulverizado, por los inyectores respectivos. El combustible no inyectado, retorna al tanque, por el circuito de retorno, tanto a partir de la bomba de suministro como de los inyectores. La figura 2-3 ilustra este sistema.

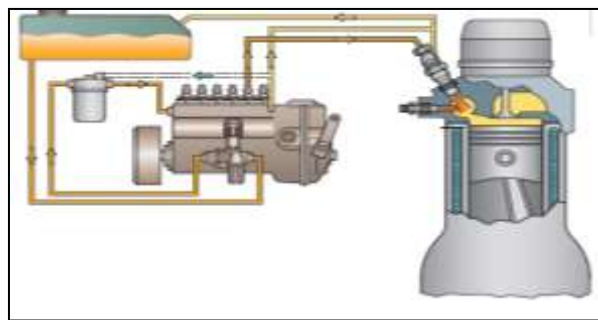


Figura 2-3. Circuito de alimentación

Tomado de Diapositivas de Clase de Máquinas térmicas 1P-2009

El circuito quedaría formado así:

**Depósito de combustible:** Es un contenedor seguro para líquidos inflamables, en el cual se almacena el combustible.

**Bomba de alimentación:** La bomba de alimentación es una bomba mecánica de émbolo, fijada generalmente a la bomba de inyección, es accionada por el árbol de levas de ésta. Además, puede venir equipada con un cebador manual, que sirve para llenar y purgar el lado de admisión del sistema de inyección, para la puesta en servicio o tras efectuar operaciones de mantenimiento.

**Filtro:** La principal función es retener partículas contenidas en el combustible que puedan causar desgaste en otras piezas del motor y generar mala combustión.

**Bomba de inyección:** Tiene como función elevar la presión del combustible a los valores de trabajo del inyector en el momento y con el ritmo y tiempo de duración adecuados. Además, debe dosificar con exactitud la cantidad de

combustible que será inyectado al cilindro de acuerdo a la voluntad del conductor.

**Inyectores:** Pulverizan la cantidad de combustible y direccionan el chorro para que sea esparcido de forma homogénea en toda la cámara de combustión. Su trabajo se hace a presiones muy elevadas y aproximadamente de 33 aperturas por segundo.

### 2.1.2 Sistema de inyección

Para realizar la combustión es necesario inyectar una determinada cantidad de combustible finamente pulverizado en la cámara de combustión, en la cual se encuentra el aire comprimido y caliente. Dicha misión está encomendada a los inyectores, que reciben el combustible de la bomba de inyección.

Los elementos encargados realizar todos los procesos son la bomba de inyección, que se encarga de dar combustible a cada inyector en el momento oportuno y a la presión requerida, en una cantidad determinada para cada condición de funcionamiento del motor, y los inyectores, que pulverizan el combustible en el interior de las cámaras de combustión de forma uniforme sobre el aire comprimido que las llena.

Los tipos de bomba de inyección empleados en el mundo del automóvil se dividen en dos grupos:

- Bombas de elementos en línea.
- Bombas rotativas.

Bombas de inyección en línea

Este tipo de bomba es de constitución muy robusta y de una fiabilidad mecánica elevada, sus inconvenientes son su tamaño, su peso y que están limitadas a un número de revoluciones, que las hacen aptas para vehículos pesados, pero no para ligeros. La figura 2-4 nos muestra la ubicación de la bomba de inyección y la distribución a cada uno de los inyectores en los pistones



**Figura 2-4. Bomba de inyección**  
Tomado de Diapositivas de Clase de Máquinas térmicas 1P-2009

En su conjunto incluye además de los elementos de bombeo, un regulador de velocidad que puede ser centrífugo, neumático o hidráulico y un variador de avance automático de inyección, acoplado al sistema de arrastre de la bomba.

La descripción de los demás tipos de bombas se puede encontrar en internet, hay bastante bibliografía sobre este tema.

### **2.1.3 Sistema de alimentación del combustible**

La bomba de inyección se acompaña de un circuito de alimentación, que le suministra combustible. Este circuito tiene un depósito de combustible, que está compuesto de una boca de llenado, de un tamiz de tela metálica, que impide la entrada al depósito de grandes impurezas que pueda contener el combustible. El tapón de llenado, que va provisto de un orificio, para comunicar el depósito con la atmósfera.

La bomba de alimentación aspira el combustible del depósito y lo lleva a la bomba de inyección, a una presión conveniente, que oscila entre 1-2 bar. El combustible sobrante, tiene salida a través de la válvula de descarga, retornando el combustible al depósito. Esta válvula de descarga controla la presión del combustible en el circuito.

Hay que hacer referencia al circuito de baja presión, compuesto del depósito de combustible, la bomba de suministro, el filtro de combustible y los conductos; y el circuito de alta presión, compuesto por la bomba de inyección, los inyectores y los conductos de alta presión, todos del mismo diámetro y longitud para que los tiempos de inyección sean los mismos.

### **2.1.4 Sistema de distribución**

Facilita la realización de los procesos de admisión de aire y de escape de gases de combustión de forma sincronizada. Está compuesto por:

Válvulas

Asiento de las válvulas

Balancines

Varillas de los balancines

Árbol de levas

### 2.1.5 Sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento se encarga de reducir la temperatura de operación entre los componentes del motor, como internos y externos. Para así disminuir el desgaste de las partes, de forma que se obtenga una temperatura óptima de operación que garantice un mayor desempeño.

Está compuesto principalmente por las siguientes partes, las cuales están ilustradas en la figura 2-5:

Termostatos

Radiador o intercambiador de calor

Ventilador o circulador de aire

Bomba de agua

Bandas y poleas

Conductos rígidos y flexibles

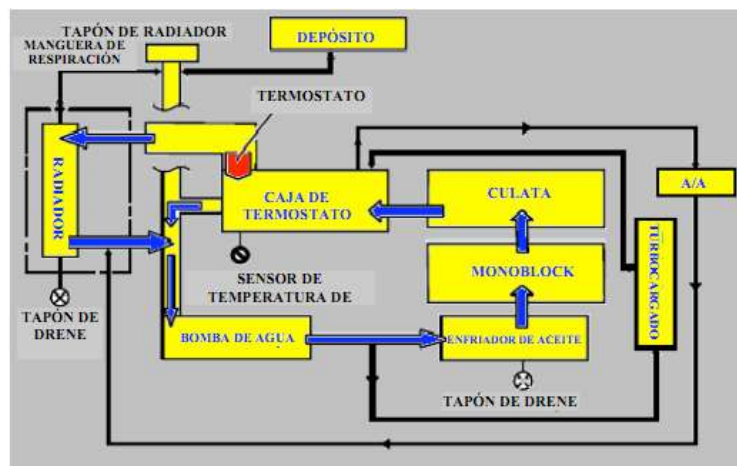


Figura 2-5. Sistema de enfriamiento, tomada de <http://www.hinomexico.com/admin/consejos/pdfs/SABIAS-1.pdf>

### 2.1.6. Sistema de lubricación

El sistema de lubricación es de gran importancia ya que mantiene las partes del motor separadas por una película de lubricante que permite que las temperaturas no sean tan elevadas y que por fricción se desgasten las piezas, mientras sirve, también, de refrigerante. En la figura 2-6 se esquematizan los componentes y funciones principales, las cuales son:

**Colador de succión:** Es el lugar por donde la bomba aspira el aceite del cárter. Lleva una rejilla metálica que impide que entren en la bomba restos o impurezas que arrastre el aceite.

**Eje motriz:** Va unido por un piñón al sistema de distribución del motor que hace funcionar la bomba. Arrastra una bomba de piñones que aspira por el colador de succión y envía el aceite por la tubería de presión.

**Tubería de presión:** Es la que lleva la presión de aceite al motor.

**Válvula reguladora de presión:** Su misión es limitar la presión máxima de aceite en el motor. Cuando el aceite está muy frío y viscoso, se puede producir una sobrepresión en las líneas de aceite que podría afectar algún componente del motor. Solamente lleva un muelle tarado a la presión nominal del sistema, que cuando es vencido por un exceso de presión, envía parte del aceite de nuevo al cárter sin pasar por el sistema.

**Válvula de derivación del enfriador:** Cuando se arranca un motor en frío el enfriador de aceite, debido a la cantidad de aceite que contiene, provoca un aumento del tiempo necesario para que el circuito consiga su presión nominal, con esta válvula conseguimos que el aceite no pase por el enfriador mientras el aceite no alcance una cierta temperatura.

**Filtro de aceite:** Es el encargado de quitar las impurezas que el aceite arrastra en su recorrido a través del motor.

**Válvula de derivación del filtro:** Cuando el filtro está muy sucio provoca una restricción de aceite en el circuito que podría dar lugar a una falta de lubricación en el motor.

**Válvula de lubricación del turbo:** El turbo necesita con urgencia aceite en cuanto el motor comienza a girar por lo que, para que no se deteriore, la válvula de derivación que lleva en su circuito le da prioridad en el sistema de lubricación.

**Engrase del cigüeñal:** El cigüeñal recibe aceite por los cojinetes de bancada que viene de las líneas de aceite de la bomba a través del bloque del motor, parte de este aceite lubrica los cojinetes de bancada y luego se cae al cárter y otra parte se va por el interior del cigüeñal al cojinete de biela para lubricarlo. El cigüeñal por salpicadura engrasa también segmentos y camisas.

**Engrase de pistones y camisas:** En ciertos motores existen unos surtidores de aceite que inyectas en la parte inferior de los pistones un chorro de aceite para lubricarlos y refrigerarlos.

**Engrase del árbol de levas y eje balancines:** Pueden ser lubricados por salpicadura de aceite o bien tener un conducto interno que va repartiendo el aceite en cada uno de los cojinetes de apoyo.

**Respiradero del cárter:** Es un filtro que deja escapar al exterior una pequeña cantidad de gases de combustión que se fuga a través de los pistones.



Varilla de nivel. Sirve para comprobar el nivel de aceite en el cárter del motor.

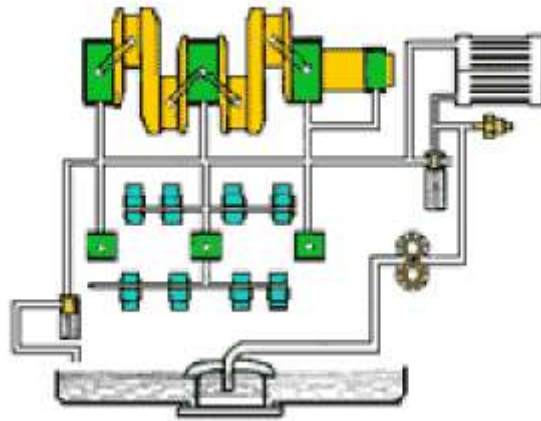


Figura 2-6. Sistema de lubricación.

Tomada de <http://members.fortunecity.es/100pies/mecanica/lubricacion.htm>

### 2.1.6 Órganos del motor diesel

Básicamente la arquitectura es semejante a la de los motores de ECH, pero sus elementos son más robustos.

**El block:** los cilindros forman casi siempre un sólo bloque, pero si la culata es de gran tamaño, se divide en dos o hay culatas individuales por cilindro. Los cilindros son casi siempre de camisa húmeda o de forro seco, para evitar maquinas directamente en el block, y asegurar mayor resistencia (acero, fundición centrifugada, nitrurada).

**Cigüeñal:** Apoyado en cojinetes intercalados entre codo y codo (número de bielas +1), para asegurar rigidez y resistencia. En la figura 2-7 observamos un cigüeñal apoyado en 5 cojinetes. Motor de 4 pistones.

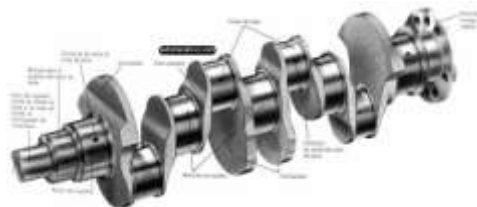


Figura 2-7. Cigüeñal. Tomado de <http://gatoloko6.blogspot.com/2009/07/ciguenal.html>

**Bielas y pistones:** Dadas las altas presiones, llevan más aros que en gasolina (4 de compresión y varios de lubricación).

Los pistones se hacen de aleaciones de aluminio, y soportan esfuerzos de 70-140 bares y son más largos. Suelen tener formas específicas en la cabeza,

para permitir apertura de válvulas y crear efecto de turbulencia y mayor compresión.

**La culata:** Se realiza en fundición o aleación ligera. Es lo más característico del motor, debido a la forma de la cámara de combustión, la situación del inyector y la ubicación del colector de admisión.

## 2.2 El combustible

El combustible empleado es el gasoil, producto más denso que la gasolina y de mayor poder calorífico para igual volumen. Es un producto refinado, y necesita estar bien filtrado, porque las menores impurezas físicas perturban el funcionamiento del equipo de inyección, construido con ajustes de milésimas de mm para inyectar a presiones elevadas unos  $\text{mm}^3$  de combustible, miles de veces por minuto.

Con respecto a la gasolina hay diferencias de densidad, viscosidad, grado de limpieza y poder calorífico. Cumple requisitos más exigentes que la gasolina, y mientras a esta última se le agregan aditivos antidetonantes, en el gasoil no se han encontrado aún aditivos predetonantes. Su grado de detonación se mide por el denominado número de cetano (entre 40-70 de cetano).

En la composición química del combustible hay predominio de hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos.

No debe contener más de 350 ppm de azufre: para evitar la formación de  $\text{SO}_x$ , que en contacto con la atmósfera forma ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ).

Residuos carbonosos como máximo 0.30%

Agua como máximo 200 ppm

Valor calorífico de 11 000 kcal/kg

Densidad de 0.820-0.850  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

Viscosidad cinemática (40°C) de 2.0-4.5 cSt

El diesel es caracterizado en USA, por la ASTM estándar D975:

- **Grado No. 1-D y bajo en sulfuro 1-D:** Para aplicaciones que requieren un combustible con alta volatilidad, cargas fluctuantes y velocidades tales como la de los camiones pequeños y buses.

- **Grado No. 2-D y bajo en sulfuro 3-D:** Para aplicaciones que no requieren combustibles de alta volatilidad, para motores de alta velocidad, que operan bajo cargas altas por períodos sostenidos.
- **Grado No. 4-D (combustible pesado):** Es un combustible viscoso, que debe ser precalentado para garantizar su atomización efectiva. Se utiliza en motores de velocidad media y baja.
- Durante la vida de un motor, el combustible representa alrededor del 75% del total de los costos de operación. Pero, si la calidad del combustible no se mantiene, puede causar fallas prematuras del motor o un funcionamiento disminuido.

### 2.3 Transmisión

Se trata del sistema encargado de trasladar el movimiento del motor (giro del cigüeñal) a las ruedas, teniendo por misión: Modificar la relación de transmisión entre el cigüeñal y las ruedas. En la imagen 2-8 se esquematiza este sistema para un auto sencillo.

Liberar el giro del cigüeñal del sistema de transmisión. Hacer que las ruedas puedan girar a distinta velocidad en las curvas o giros. En la figura 2-8 se ilustran los elementos por los cuales está compuesta la transmisión y son los siguientes:

- Embrague.
- Caja de cambio o caja de velocidades.
- Árbol de transmisión.
- Grupo cónico-diferencial.

**Embrague:** Situado entre el motor y la caja de cambio, es el encargado de transmitir el giro del motor (cigüeñal) al sistema de transmisión. Cuando no se pisa el pedal, los muelles aprietan el plato de presión contra el disco del embrague transmitiendo el movimiento al eje primario y, al pisarlo, se vence la resistencia de los muelles, liberando el disco de embrague (no se transmite el movimiento al eje primario).

**Caja de cambio o caja de velocidades:** La caja de cambio se utiliza para transmitir mayor o menor velocidad de giro al árbol de transmisión y, por él, a las ruedas, recibiendo el movimiento por el eje primario. El eje intermediario transmite el movimiento al eje secundario cuando se selecciona una relación de marcha. Si el piñón del intermediario es pequeño y el del secundario es grande, la relación de marcha es corta. A la inversa, es larga. La marcha directa une el eje primario y el secundario, y la quinta velocidad multiplica las revoluciones del eje primario.

La marcha atrás se consigue intercalando un piñón que invierte el sentido de giro del árbol de transmisión.

**Árbol de transmisión:** El árbol de transmisión recibe el movimiento de giro del eje secundario. El árbol se une al eje secundario y al puente trasero mediante juntas cardan y flexibles

**Grupo cónico-diferencial:** Transforma el giro longitudinal del árbol de transmisión en giro transversal de los palieres desmultiplicando constantemente el giro del árbol.

Se compone de piñón de ataque, corona, satélites y planetarios manteniendo constante la suma de velocidades angulares para que las ruedas motrices en las curvas puedan girar a diferentes velocidades.

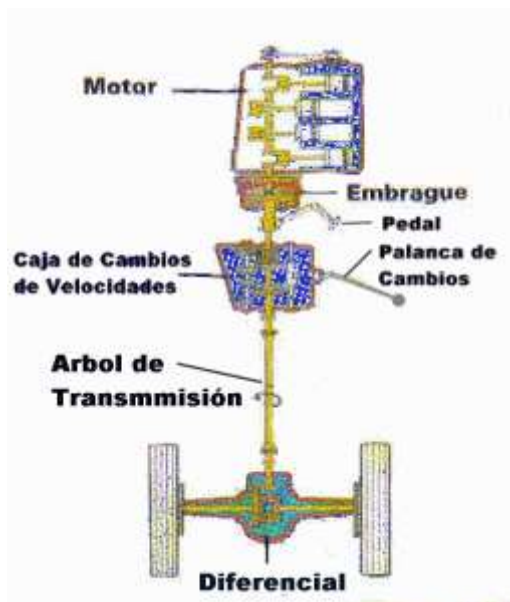


Figura 2-8. Sistema de Transmisión.

Tomada de <http://www.examendeteorica.com/www/manual/conducir/t/1051/sistema-de-transmision>

## 2.4 Suspensión

El sistema de suspensión cumple principalmente dos funciones, la primera es que las ruedas y los neumáticos del vehículo rueden y estén en correcta alineación, y amortiguar al equipo de la carrocería entre los esfuerzos presentados en las ruedas, debido al camino. Está compuesto principalmente por muelles y amortiguadores con componentes de conexión como brazos, rótulas, pivotes, bujas y barras, entre otras.

Muelles: Proporcionan elasticidad o movimiento de arriba abajo entre ruedas y carrocería.

Amortiguadores: Controlan las oscilaciones de los muelles

## 2.5 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico está diseñado para iniciar el movimiento en el cigüeñal y almacenar energía para bombillas, y otros sistemas o aparatos que necesiten corriente eléctrica para su funcionamiento. Los principales componentes se ilustran en la figura 2-9 y son:

**Motor de arranque:** Es el que desarrolla el par inicial para mover el cigüeñal o la resistencia pasiva del motor diesel. Existen diferentes tipos de motores de arranque como el de piñón deslizante, con horquilla y sin reductor o con reductor, el inducido deslizante, entre otros.

**Batería:** Se denomina batería eléctrica, acumulador eléctrico, usa procedimientos electroquímicos y que posteriormente la devuelve en su totalidad, este ciclo se repite por un número de veces determinadas. No puede entregar energía eléctrica sin ser previamente cargada.

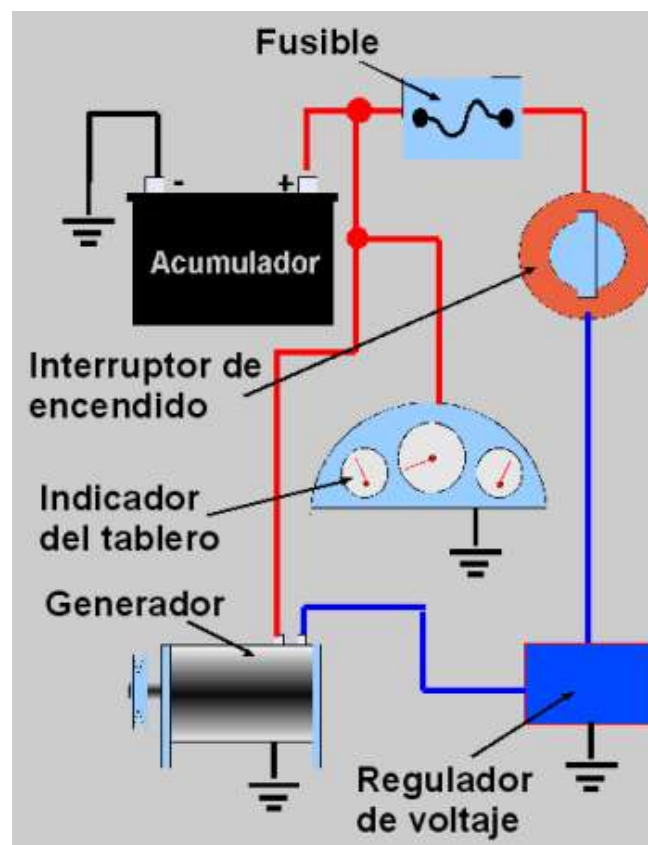


Figura 2-9. Sistema eléctrico. Tomada de diapositivas clase de Maquinas térmicas 1P-2009

**Alternador:** Genera tensión cuando el motor está en marcha, recarga las baterías para que puedan entregar posteriormente la fuerza de arranque del motor. Está compuesto, básicamente, por un rotor, estator, puente de rectificador y escobillas.

**Instalaciones eléctricas:** Son el medio que permite llevar la energía eléctrica de un lugar a otro. La mayoría de los camiones o busetas funcionan con voltaje de 12 V. Está compuesto por caja de fusibles, los fusibles, conexiones y conectores, conmutadores, relé y cableado.

**Tablero de alarmas e instrumentos:** Recibe la información de la unidad de control electrónica o directamente desde sensores ubicados en los principales contenedores o componentes del vehículo y lo presentan de forma análoga o digital por medio de medidores de agujas o displays, que en ocasiones lanzan alarmas que permiten el monitoreo de variables. Las principales variables que ilustran y miden los sensores son combustible, nivel de aceite presión de llantas, medidor de velocidad, medidor de revoluciones entre otras, y depende del diseño del fabricante.

## 2.6 Dirección

Este sistema es el encargado de dirigir el movimiento del vehículo, con un giro de manubrio se transmite por medio de un engranaje al mecanismo de dirección teniendo estabilidad, suavidad y seguridad en su funcionamiento. Su construcción debe ser lo bastante robusta y confiable para evitar que el sistema falle.

Al sistema de dirección lo componen una serie de varillas y engranes que transmiten el movimiento rotatorio del volante a un movimiento lineal de barras de acoplamiento interconectadas a unos pivotes de dirección en cada una de las ruedas respectivas.

**Componentes del sistema de dirección:** Se dividen en tres partes, una correspondiente a lo anterior a la caja de dirección que comprende: manubrio, eje de la columna y la columna de dirección; la caja de dirección y el varillaje.

1 **El manubrio:** Es una corona que se une por una serie de radios al cono central que tiene unas estrías cónicas para que quede firme al apretar la tuerca que lo une al eje de la columna.

2 **La columna de dirección:** Cuerpo cilíndrico de acero fijado al bastidor o a la carrocería dentro del cual gira el eje de la dirección que en un extremo está unido al manubrio y en el otro a la caja de

3 **Caja de dirección:** La caja de dirección va montada al chasis o a la carrocería del vehículo dependiendo del tipo de mecanismo que utilice, debe transformar el movimiento de rotación del manubrio de dirección en movimiento de un lado a otro del brazo "pitman", produciendo una reducción del giro recibido y del esfuerzo del conductor para obtener una maniobra fácil en la conducción.

4-1 **Caja de sinfín y sector:** Este conjunto está constituido por un eje que en la punta tiene un tornillo sinfín cilíndrico que va montado en la caja de fierro fundido entre dos rodamientos cónicos ubicados en forma opuesta para

permitirle el giro con un roce mínimo y poder controlar el juego axial por la reacción que se produce al presionar los dientes del sector que es un eje corto con un dentado parcial engranado transversalmente al sinfín en la caja de dirección montado sobre dos rodamientos que tienen un reten de aceite en el final de la caja, en la parte final del eje tiene un estriado cónico donde se acopla el brazo pitman y termina en un hilo para fijarlo con una tuerca.

**4-2 Caja de sinfín y rodillos:** Este sistema es una evolución del anterior y su gran ventaja con respecto a los anteriores es que disminuye el roce mejorando la suavidad de la dirección, se utiliza un sinfín cónico y un sector con sistema de rodillos giratorios montados por medio de un pasador en rodamientos con el eje sector como dentado de engranajes laterales.

**4-3 Caja de bolas recirculantes:** Este tipo de caja es más liviana que las anteriores, debido a que el roce es menor. En el sinfín de la caja se monta una tuerca que su punto de unión con el sinfín es una hilera de bolas que circulan en el canal del diámetro interior de la tuerca para mejorar el deslizamiento entre ambos y ésta a su vez va acoplada al sector de la caja que por medio de un eje transmite el movimiento al brazo y su principio de funcionamiento es el mismo que las descritas anteriormente.

**4-4 Caja de cremallera:** Consiste en un piñón dentado montado en rodamiento a un extremo de la carcasa de la caja hacia el lado que está ubicado el manubrio de dirección y se acopla a éste a través del eje de la columna de dirección por medio de estrías o flanche y en la carcasa se acopla a la cremallera, llamada comúnmente peineta, que es una barra larga dentada en forma diagonal que en sus dos extremos tiene un orificio roscado para poder atornillar los extremos que se conectan a los brazos de acoplamiento.

**Caja inversora de giro:** En algunos vehículos la columna de dirección pasa por delante de la cremallera y para poderse acoplar a la cremallera es necesario usar un sistema de inversión de giro entre la columna de dirección y el piñón de la cremallera, este mecanismo está constituido por dos piñones cónicos montados en rodamientos. En la parte superior va acoplada a la columna y en la inferior a la cremallera Los acoples pueden ser por junta cardánica o por flanche de caucho.

**5 Varillaje de dirección:** Es el conjunto de palancas y tirantes que transmiten el movimiento de viraje desde la caja de dirección hacia los brazos de la dirección.

**6 Brazos de dirección:** Son uniones que absorben ciertas irregularidades del suelo.

En la figura 2-10 se ilustran los anteriores componentes, la parte número cuatro es un sistema de biela y no se ilustran las variaciones descritas.

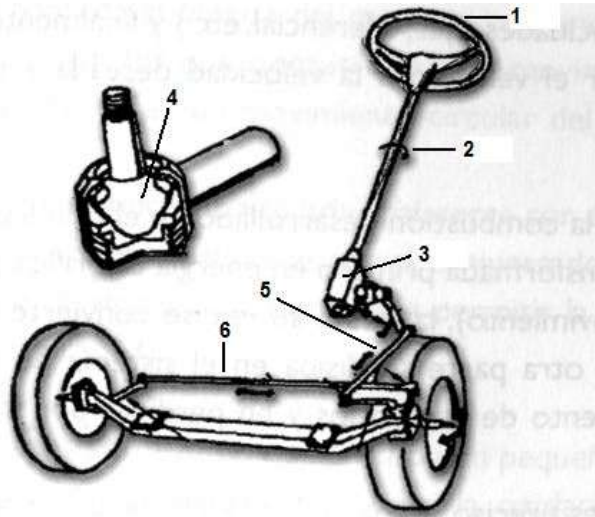


Figura 2-10. Sistema de Dirección. Tomada de <http://aprendiendosobrelaelectricidad.blogspot.com/>

## 2.7 Frenos

La finalidad de este sistema es disminuir el efecto de la energía cinética que posee el vehículo en cualquier instante y a la demanda solicitada del conductor, convirtiéndola en fricción y como consecuencia en calor. Los sistemas de frenado pueden ser de disco o de tambor, por lo general se usan los segundos en los vehículos de carga y de uso industrial. En la figura 2-11 podemos observar un freno de uso común en buses de transporte de pasajeros.

- Tambor
- Mordazas
- Material de fricción
- Actuador
- Muelles o resortes de retorno
- Mecanismos de recuperación del juego



Figura 2- 11. Freno de un bus. Tomada de <http://www.autostuning.com.ar/2007/12/12/frenos>



## 2.8 Ruedas

Las llantas o ruedas son objetos mecánicos por lo general elaborados con hule, sustancias químicas, textiles, aceros y otros materiales. Que al ser montadas sobre el rin dan el movimiento. Soportan también la carga de los vehículos y es el aire contenido en su interior en que soporta dicha carga. El aire es un fluido compresible.

Las funciones principales que realizan las llantas son:

Soportar la carga total del vehículo

Realizar la tracción para generar movimiento

Transmite la potencia generada por el motor en el movimiento final del vehículo

Direcciona el vehículo

Son la que realizan el frenado

Amortiguan

Por lo general las llantas están conformadas por la estructura que se muestra en la figura 2-12



Figura 2-12. Estructura de la Llanta. Tomado de <http://www.bridgestone.com.mx/index.asp?action=content.main&cID=4,119,121>

Componentes:

- Banda de rodamiento
- Recubrimiento de costado
- Cinturones estabilizantes
- Cuerpo de cuerdas
- Ceja
- Sellante
- Cap strip
- Cap ply

- **Banda de rodamiento:** La figura 2-13 muestra los diferentes componentes de la banda de rodamiento, como son hombros, ranuras, estrías y los bloques.



Figura 2-13. Componentes Banda de Rodamiento. Tomado de <http://www.bridgestone.com.mx/index.asp?action=content.main&cid=4,119,121>

-**Como leer una llanta:** Saber leer una llanta es muy importante, ya que nos permite saber por cuales similares se pueden reemplazar, sus uso, su mantenimiento y a las presiones a las cuales se inflar. La figura 2-14 nos muestra las características generales de lectura y que significan las designaciones.

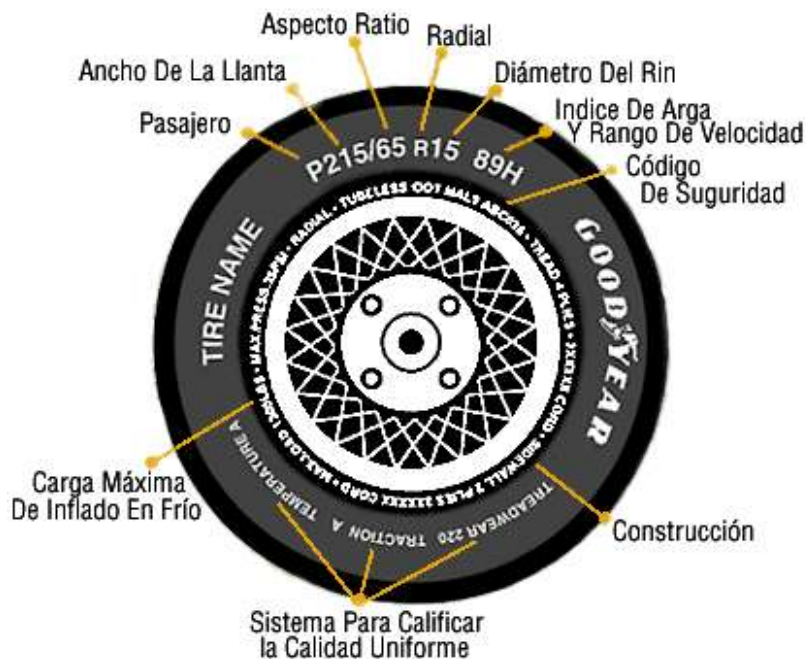


Figura 2-14. Como leer una llanta Tomado de <http://www.bridgestone.com.mx/index.asp?action=content.main&cid=4,119,121>

**-Desgastes anormales en las llantas de los vehículos:** La forma de manejo y las condiciones a las que es expuesta la llanta, tiene forma particular y se muestra en el desgaste que presenta, en la figura 2-15 están los estados que se presentan en las llantas y las posibles causas con las soluciones pertinentes.

ESTADO	DESGASTE EN LOS HOMBROS	DESGASTE EN EL CENTRO	GRIETAS	DESGASTE EN UN LADO	REBABAS	ZONAS PELADAS
CAUSA	BAJA PRESION 	SOBREPRESION 	VELOCIDAD EXCESIVA O BAJA PRESION 	CAMBER 	CONVERGENCIA DIVERGENCIA 	DESBALANCEO 
CORRECCION	REGULAR LA PRESION CON LOS NEUMATICOS FRIOS			AJUSTAR ALINEAMIENTO		BALANCEAR

Figura 2-15. Desgastes anormales en las llantas.  
Tomada de Manual del automóvil, Arias Paz, Año 1995, Editorial Muriel S.A.

**-Aplicaciones recomendadas para rueda con banda de rodamiento:** En la figura 2-16 se muestra los tipos de labrado y donde es recomendado su uso.

Dibujo	Ilustración	Ejemplo	Aplicación Recomendada
Direccional			Pavimentos (Autopistas, Ciudad)
Mixto			Sobre y Fuera del Pavimento de Calles (Caminos Locales, de Tierra, de Ripio)
Traccional			Fuera del Pavimento (Camino de Tierra, Ripio, Barro)
En Bloques			Sobre y Fuera de Pavimento con Nieve (Calles Pavimentadas, de Tierra, de Ripio, y con Nieve)

Figura 2-16. Tipos de texturas en las ruedas.  
Tomado de <http://www.bridgestone.com.mx/index.asp?action=content.main&cID=4,119,121>

## 2.9 Chasis

El chasis o el llamado bastidor es una estructura metálica que integra y sujeta todos los componentes mecánicos de un vehículo, como el motor, las ruedas, la suspensión, y toda la carrocería.

Por lo general un chasis está construido por varios materiales, y la selección de estos depende de la rigidez que requiera el uso, el costo y la forma que tendrá el vehículo. Los materiales más comunes son las aleaciones de acero o de aluminio. Compuestos por piezas como tubos, vigas de diferentes calibres.

En el gráfico 2, se muestra un resumen de los componentes principales que conforman a un equipo de transporte, los cuales fueron descritos y detallados anteriormente.

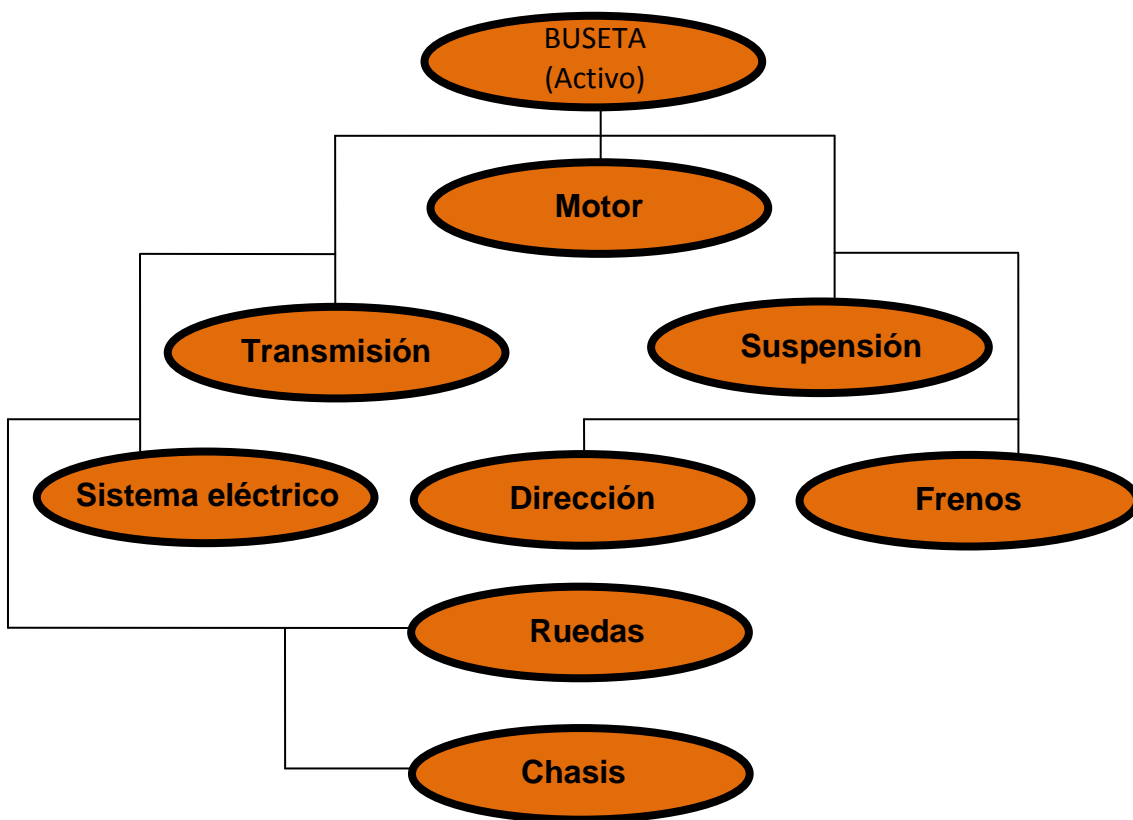


Gráfico 2. Componentes principales de un equipo de transporte.

### **3 FUNCIONES DE LOS COMPONENTES, VARIABLES DE OPERACIÓN Y CONTROL DEL VEHÍCULO Y FALLAS FUNCIONALES MAS COMUNES**

#### **3.1 Funciones principales, secundarias, de sistemas y de subsistemas.**

Cuando se están realizando estudios para mantener los activos, es necesario conocer cuál o cuáles son sus funciones y direccionar todos los procesos y actividades en pro de cumplirlos, estos están directamente relacionados con los objetivos de la empresa.

##### **3.1.1 Función principal de un vehículo de transporte de pasajero:**

Transportar personal de empresas, turismo, académico de un lugar a otro y/o distribución por una ruta específica.

##### **3.1.2 Funciones secundarias del vehículo de transporte de pasajero:**

Garantizar la seguridad del operario y de sus ocupantes

Obtener ganancia operacional

Tener gastos mínimos de operación y mantenimiento

Emitir la no más de la cantidad de contaminantes establecidas

##### **3.1.3 Funciones de los sistemas del vehículo de transporte de pasajero:**

En las tabla 3-1 hasta 3-9, están representados todos los sistemas del vehículo y su funciones o funciones principales.

Saber y conocer las funciones de cada una de las partes permite que podamos detectar las fallas y permite la clasificación en cuanto a criticidad. Para nuestro caso solo ilustraremos las funciones y no las clasificaremos de acuerdo a este criterio.

**Tabla 3-1. Motor**

<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Componentes</b>	<b>Función</b>
Motor	Inyección de combustible	Tanque de combustible	Almacenar el combustible del vehículo
		Bomba de cebado	Extraer el combustible del tanque y enviarlo a la bomba de inyección
		Filtro	Retener las impurezas que pueda contener el combustible.
		Bomba de inyección	Entregar el caudal requerido de combustible a los inyectores
		Gobernador	Transformar la señal enviada por el movimiento del pedal de aceleración, para que la cantidad requerida de combustible, llegue a la cámara de combustión. Regular el caudal de combustible durante las marchas mínima y máxima.
		Inyectores	Entregar el combustible a la cámara de combustión en forma sincronizada con los otros componentes que hacen posible la conversión de la energía química a energía calorífica
		Cámara de combustión	Brinda el espacio adecuado para que se realice la combustión y se desplace el cilindro a través de un solo eje
	Turbo-compresor		Aprovecha la presión generada por los gases de escape, para comprimir aire permitiendo así el ingreso de una mayor masa de este ocupando menos volumen, y maximizando la eficiencia de la combustión
	Inter. Cooler		Inter. Cooler Enfría el aire que entrega el turbocompresor, para contrarrestar la expansión generada por el aumento de temperatura en el compresor.
	Tren alternativo		Convertir el movimiento axial que proviene de los pistones en un movimiento rotacional realizado por el cigüeñal
		Pistón-biela-	Transmitir el movimiento.

		cigüeñal	
		Bulón del pistón	Funciona como junta, entre el pistón y la biela.
		Volante	Estabiliza la curva de energía entregada por el proceso de combustión por medio de la volante.
		Cojinetes del cigüeñal	Funcionan como apoyos lisos del cigüeñal, para que este pueda girar libremente y con la menor oposición de la fuerza de rozamiento.
		Anillos del pistón	Aseguran un cierre hermético de la cámara de combustión
	Distribución		Regular de forma sincronizada el paso de la mezcla aire combustible y la salida de gases residuales de la cámara de combustión
		Válvulas	Abren y cierran de forma sincronizada permitiendo la entrada de aire y la salida de los gases de escape
		Asiento de las válvulas -	Asegurar un cierre hermético para las válvulas. Asegurar aislamiento térmico
		Balancines	Se encargan de la apertura y cierre de los orificios de las válvulas.
		Árbol de levas A	Acciona el mecanismo de apertura y cierre de las válvulas, siendo comandado por el cigüeñal
	Lubricación		Disminuir los efectos del rozamiento en los apoyos, juntas y entre superficies de contacto directo entre dos piezas o componentes del motor. Reforzar el proceso de refrigeración
		Cárter	Almacena el aceite de lubricación del motor
		Bomba de aceite	Impulsar el aceite proveniente del cárter, a través de los canales de lubricación
		Filtros	Retener las impurezas que puede recoger el aceite por su paso a través del motor

**Tabla 3-2. Sistema de refrigeración**

<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Componentes</b>	<b>Función</b>
Refrigeración			Mantener los componentes del sistema motor en un rango de temperatura óptimo para el cumplimiento de sus respectivas funciones y para evitar su desgaste y deformación
		Cámaras	Actúan como conductos para el paso del agua de refrigeración
		Radiador	Enfría el líquido de refrigeración por medio de el intercambio de calor con el aire que circula a través de este
		Bomba de agua	Impulsa el líquido de refrigeración a través de las cámaras
		Ventilador	Se acciona determinada temperatura del líquido de refrigeración, para ayudar en el proceso de este
		Termostato	Activa el ventilador
		Líquido de refrigeración	Compuesto de agua y otros aditivos, que por transferencia de calor por convección, disminuye la temperatura de los componentes del motor

**Tabla 3-3 Sistema de transmisión**

<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Componentes</b>	<b>Función</b>
Transmisión			Transmitir el torque entregado por el motor hasta las ruedas del vehículo o equipo móvil, lo que permitirá su desplazamiento
		Caja de cambios	Convertir las revoluciones entregadas por el motor y específicamente por el cigüeñal, en unos valores, que serán los requeridos por el operario.



		Bajo	Multiplicar el número de cambios disponibles en el vehículo
		Cardan	Transmitir el par entregado por la caja al diferencial
		Diferencial	Entregar el par fuerza que proviene del cardan, a los ejes de las llantas. Siendo la velocidad flexible para giros en las curvas.

**Tabla 3-4. Sistema de eléctrico**

Sistema	Subsistema	Componentes	Función
Eléctrico			Generar y almacenar corriente eléctrica a los componentes del vehículo cuando se requiera.
		Batería	Proporcionar la energía para encender el motor de arranque
		Motor de arranque	Entrega el torque inicial para que el motor inicie.
		Alternador	convertir el torque del motor en energía que almacenará la batería
		Instalaciones	Recogen datos, transmiten corriente y sirve como seguro contra sobre cargas
		Tablero de alarmas	Mostrar comparación de variables de operación frente a los permitidos.

**Tabla 3-5. Sistema de dirección**

Sistema	Subsistema	Componentes	Función
Dirección			Permitir que el operario manipule el camino a seguir del vehículo

		Volante	Conexión del operario al vehículo
		Caja	Transformar el movimiento giratorio de la volante en un movimiento basculante
		Cilindro hidráulico	Generar fuerza auxiliar sobre la biela del mando de la dirección
		Bomba	Mover el aceite del sistema hidráulico
		Deposito de aceite	Almacenar el aceite
		Válvula de regulación	Regular el paso de aceite
		Biela de mando	Transmite el movimiento desde la caja hasta las terminales
		Terminales de dirección	Transmite el movimiento a las llantas

**Tabla 3-6. Sistema de frenos**

Sistema	Subsistema	Componentes	Función
Frenos			Controlar la reducción de velocidad por el operario

**Tabla 3-7. Sistema de suspensión**

Sistema	Subsistema	Componentes	Función
Suspensión			Disminuir las vibraciones de la vía en la carrocería
		Elástico	Brinda elasticidad entre a los ejes de las llantas
		Amortiguador	Absorba las vibraciones mecánicas causadas por las vías
		Barra estabilizadora	Controla la torsión de la carrocería
		Circuito de aire	Acciona las zapatas
		Fuelles (Bombonas)	Regulan la altura de los ejes y actúan amortiguadores

**Tabla 3-8. Chasis**

<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Componentes</b>	<b>Función</b>
Chasis			Soporta todos los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos.
			Da rigidez y estabilidad a todo el vehículo

**Tabla 3-9. Ruedas**

<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Componentes</b>	<b>Función</b>
Ruedas			Soportar carga total del vehículo
			Realizar tracción y frenado
			Direccionar el vehículo

### 3.2 Variables de operación y de control de los vehículos.

Existen numerosas variables de operación asociadas a los componentes del equipo en general. A continuación haremos referencia a los que podemos medir visiblemente o con técnica e implementos sencillos. Observaremos como los sentidos hacen parte de nuestras herramientas de monitoreo diarias en los equipos.

**Combustible:** Se debe usar combustible en estaciones de confianza ya que su calidad juega importancia en el momento del ahorro. El manejo, las rutas utilizadas, las vías también juegan un papel esencial en el rendimiento del combustible.

Para optimizar esta variable se debe tener la relación de galones/Km. Y determinar que ajustes se pueden realizar como revisión de los sistemas de inyección, lubricación y el estado de sus elementos.

**Estado de las llantas:** Esta variable es fácil de realizar monitoreo, pero su control depende del estado de los demás componentes como sistema de frenos, suspensión, dirección y la forma como es operado el vehículo, al igual que el estado de las vías.

**Porcentaje de disponibilidad del vehículo:** En esta variable entra a restar todo el tiempo que el vehículo no esté disponible como son los tiempos de parada debido al mantenimiento preventivo y correctivo que se le realiza.

**Costos de mantenimiento:** Los repuestos, cambio de piezas, cambio de aceite, la mano de obra generan costos directos del vehículo. Esta variable se puede medir en costos/ Km, e involucra a todos los componentes del vehículo, convirtiéndose en un variable de respuesta a los cambios en los planes y frecuencias de mantenimiento que se le realicen al vehículo. Se puede optar por tomar todos los costos de mantenimiento en esta variable o realizar por separado los costos relacionados a mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo cada uno frete a los kilómetros recorridos, para así poder comparar y/o analizar datos en un tiempo y situación determinada.

### 3.3 Fallas funcionales más comunes en vehículos de transporte Diesel.

Las fallas funcionales las podemos clasificar de la siguiente forma y estas fueron sacadas de preguntas en diferentes talleres de reparación de equipos NPR diesel.

1. El motor no arranca

#### **Observaciones**

Arroja humo negro

Arroja humo blanco

No arroja ningún tipo de humo

## Posibles causas

*Arroja humo negro:*

Inyectores o toberas defectuosas

La velocidad del motor de arranque es insuficiente

La bomba inyectora está mal calibrada

*Arroja humo blanco:*

Precalentadores defectuosos

Filtro de combustible tapado

Tanque o depósito de Diesel vacío

El cableado de la bomba inyectora está mal.

*No arroja ningún tipo de humo:*

Electro válvula de paso de diesel defectuosas

Alimentación de diesel defectuosa en la bomba inyectora

2. El motor arranca y luego se apaga.

## Posibles causas

Filtro de combustible tapado

Filtro de aire tapado

Aire en el circuito de diesel no funciona

3. El motor está perdiendo potencia

## Posibles causas

Filtro de combustible está tapado

Varilla del acelerador está mal regulada

Circuito de alimentación diesel defectuosos

Inyectores o toberas recalibradas

Bomba inyectora recalibrada

## Observaciones

Consumo anormal de diesel y arrojado de humo

## Posibles causas

Mal regulado de las válvulas

Inyectores o toberas recalibradas

Bomba inyectora recalibrada

Filtro de aire sucio

Compresión insuficiente

Temperaturas de funcionamiento muy bajas

Escape parcialmente tapado

4. El motor tiene una marcha irregular

**Posibles causas**

Fuga de diesel entre la bomba y los inyectores

Filtro de combustible tapado

Toma de aire en el circuito de diesel

Mal regulado de las válvulas

Disco o prensa de embrague en mal estado

5. Golpeteos en el motor

**Posibles causas**

Inyector trancado por suciedad

Tobera rota

Cabeza de la válvula partida

Asiento de la válvula caído

Precalentador fundido

Pistón desejada

Buje del pasador de biela terminada

Cojinete de biela terminada

6. Calentamiento del motor

**Posibles causas**

Ventilador roto o rajado

Radiador tapado

Termostato en mal estado

Filtro de aire tapado

Manguera de agua tapada

Circuito de refrigeración en mal estado

Culata rajada

Junta de la culata en mal estado

Camisa del block rajada o agujereada

Culata del motor doblada

## 4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.<sup>4</sup>

El mantenimiento predictivo que surgió desde los años 80 consiste en que mediante el uso de las tecnologías poder detectar tempranamente las fallas que se pueden llegar a presentar, lo que permite actuar y corregir antes de que el daños sea mucho mayor

Es el efecto de predecir o anteponerse a un evento que presenta síntoma aparente.

El Mantenimiento Predictivo está ligado de una cantidad de Técnicas (filosofías, métodos, Equipos, Conocimientos, herramientas, métodos y procedimientos) que aplicados sincronizadamente logran con garantía su objetivo.

Predecir eventos en Maquinarias y Sistemas que puedan interferir con el proceso productivo y tomar acciones para evitarlos.

Definición de Mantenimiento Predictivo:

Mantenimiento apoyado fundamentalmente en revelar una falla antes de que ocurra, para dar tiempo a corregirla sin daños en el proceso, ni atraso en la producción, etc. Estas inspecciones pueden llevarse a cabo de forma habitual o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

Para ello, se usan para ello herramientas de prueba, aparatos y ensayos no destructivos, como análisis de aceites, escalas de temperatura de dispositivos eléctricos, etc.

Ventajas del Mantenimiento Predictivo:

- Disminuye los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Revisión del estado de la maquinaria, tanto la realizada de forma habitual como de forma accidental, con esto permite diseñar un archivo histórico sobre el comportamiento mecánico.
- Saber con precisión el tiempo límite de actuación que no incluya el progreso de un fallo imprevisto.
- Tomar decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en instantes críticos.
- Elaboración de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.

---

<sup>4</sup> Texto tomado de documento [http://www.solomantenimiento.com/m\\_predictivo.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm)



- Facilitar el estudio de los daños producidos.
- Proporciona un análisis estadístico del sistema.

#### Desventajas

- Los costos de inversión inicial son altos, representados en equipos e instrumentos de alta tecnología, como analizadores de vibración, cámaras termográficas.
- El personal tiene que ser altamente capacitado que pueda interpretar la información y así garantizar la correcta implementación de un sistema de mantenimiento predictivo, así como también se necesita el personal encargado para la recolección de datos.

### 4.1 Enfoque del mantenimiento predictivo.

La principal desventaja del mantenimiento predictivo se relaciona con el costo de los equipos y el personal capacitado para ejercer esa labor, por ello su aplicación se sustenta en los equipos o componentes de mayor criticidad.

#### 4.1.1 Análisis de Criticidad

El análisis de la criticidad es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis. Establecer la criticidad de Equipos o componentes permite asegurar que el programa de mantenimiento predictivo se centre en las partes que generan mayores costos, donde una falla puede generar pérdidas humanas, desastres ambientales, pérdidas económicas, caída de la imagen de la empresa entre otras.

De forma matemática la criticidad está definida por la siguiente ecuación:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia (Efecto de la falla)}$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y el efecto en el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

## Cómo calcular la criticidad de un equipo

La criticidad está en función de varios componentes, lo que nos dará un valor numérico del problema, *magnitud del problema*.

**El efecto de la falla:** Este componente está en función los siguientes efectos cuantificados:

MAS: Medio Ambiente y Seguridad

PROD: Producción

COP: Costos Operativos

STBY: Disponibilidad de los equipos de reserva

MTTR: Tiempo Promedio Para Reparar

**Frecuencia de fallas:** Este componente depende de múltiples factores como:

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas

Historial: Considera los datos históricos del equipo

Nivel de Carga: Es el nivel de carga a la que se somete el equipo respecto a su capacidad nominal.

Régimen: Es el régimen de trabajo horario al que se somete el equipo.

FFF: Factor de Frecuencia entre Fallas, cuantifica la influencia de todas las variables de Frecuencia de Fallas.

Por lo tanto la ecuación de criticidad podemos escribirla de la siguiente manera:

$$\text{Criticidad} = \{ [(PROD + COP) \times STBY] + MAS \} \times FFF$$

**4.1.2 Jerarquía de Activos:** Define el número de elementos o componentes de una instalación y/o planta en agrupaciones secundarias que trabajan conjuntamente para alcanzar propósitos preestablecidos. En el gráfico 4-1 se muestra el estilo de agrupación típica de una instalación, donde se observa que la jerarquía de los activos la constituyen grupos consecutivos.



Gráfico 4-1. Jerarquía de Activos. Tomado de <http://confiabilidad.net>. Artículo El Análisis de la criticidad una metodología para mejorar la confiabilidad operacional.

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

## **4.2 Jerarquización de los equipos de TransMamonal Ltda.**

### **4.2.1 Selección de equipos críticos**

En los sistemas de transporte se debe seleccionar los equipos más críticos o más relevantes, en la flota de Buses que posee la empresa TransMamonal Ltda todos cumplen la misma función.

La empresa TransMamonal cuenta con 31 buses para transporte de personas, de los cuales tiene 12 busetas NPR Diesel, 3 HINO , 3 LT 500, 9 KODIAK ACPM y 4 KODIAK a Gas. El estudio estará enfocado a las busetas NPR Diesel, como todos cumplen la misma función general, transportar personas, los Equipos viejos serán reemplazados por busetas de este modelo, además de ser el de mayor cantidad. Por ello, determinamos que lo más conveniente es centrar el estudio en las NPR Diesel. La tabla 4-1 nos ilustra la distribución de los equipos en la empresa.

**Tabla 4-1.** Tipo y cantidades de Equipos en TransMamonal Ltda.

<b>Tipo de equipo</b>	<b>Cantidad</b>
NPR Diesel	12
HINO	3
LT 500	3
KODIAK ACPM	9
KODIAK a Gas	4
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>

El gráfico 4-2 está representando las clases de vehículos que hay en la empresa TransMamonal Ltda.

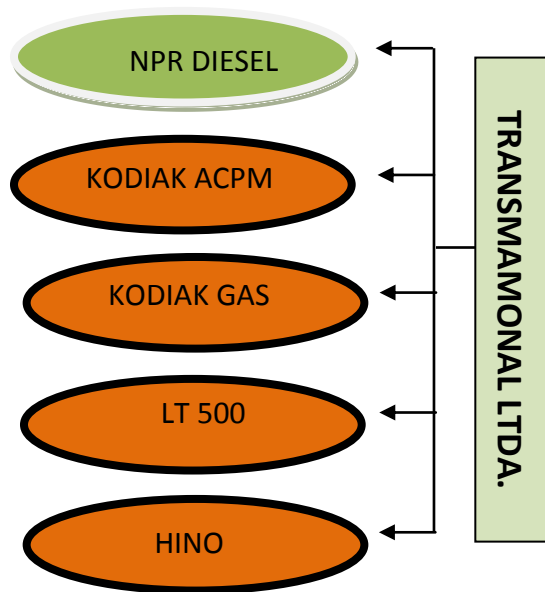


Gráfico 4-2. Equipos de transporte de TransMamonal Ltda.

#### 4.2.2 Selección de componente crítico por lubricación

Ya se seleccionó a las Busetas NPR, como nuestros equipos críticos dentro de la empresa TransMamonal Ltda.

Los buses están conformados por varios sistemas o componentes, como se describió en el capítulo 2.

En la tabla 4-2 tenemos cada uno de los buses NPR Diesel de TransMamonal Ltda. y la placa que se usa de referencia. Este número no está repetido en ningún vehículo por lo tanto es la identificación dentro del personal de la empresa.

**Tabla 4-2** Listado de vehículos NPR Diesel de TransMamonal

<b>N</b>	<b>Tipo</b>	<b>Placa</b>
1	BUSETA NPR	<b>115</b>
2	BUSETA NPR	<b>121</b>
3	BUSETA NPR	<b>616</b>
4	BUSETA NPR	<b>617</b>
5	BUSETA NPR	<b>969</b>
6	BUSETA NPR	<b>971</b>
7	BUSETA NPR	<b>972</b>
8	BUSETA NPR	<b>974</b>
9	BUSETA NPR	<b>433</b>
10	BUSETA NPR	<b>737</b>
11	BUSETA NPR	<b>975</b>
12	BUSETA NPR	<b>590</b>

Como se describió anteriormente los puntos de lubricación por aceites son Motor, Caja de Cambios, Diferencial y Dirección. Para determinar cuál es el punto más crítico, aplicaremos el análisis de criticidad, partiendo de encuestas realizadas en diferentes establecimientos donde se realizan reparaciones totales, parciales y venta de repuestos así como estos componentes nuevos.

La aplicación de encuestas se realiza debido a que las fallas encontradas en estos equipos son muy sencillas, considerando que estos vehículos tienen entre 1 y 2 años de estar en funcionamiento. Por lo que es importante medir y monitorear los componentes de mayor criticidad.

En la Figura 4-1 mostraremos el formato de las encuestas, las cuales se realizaron por cada componente que necesita lubricación por aceites. La pregunta 1, hace referencia a la frecuencia con que se presenta la falla, es decir con que periodicidad, respecto a la pregunta 2, a partir de que fallo que

tiempo transcurre para volver a fallar, las preguntas 3 y 4 dependen de la apreciación de cómo afecte a las personas y al medio ambiente y la pregunta 5 hace referencia a el tiempo promedio en días que dura la reparación cuando ha fallado un componente.


		<b>FORMATO PARA REALIZAR ENCUESTA DE CRITICIDAD DE VEHICULOS DIESEL</b>	
<b>FECHA:</b> _____ <b>COMPONENTE:</b> _____		<b>NOMBRE DEL ENCUESTADO</b> _____ <b>CARGO:</b> _____	
<b>1. ¿Con que frecuencia se presenta fallas en la CAJA?</b>		<b>2. ¿Cual es el tiempo entre falla de equipo al hacer la reparacion?</b>	
Mayor de 4 fallas por año	5	3 meses	5
Entre 1 y 4 fallas por año	4	Entre 3 y 12 meses	4
Entre 5 y 1 falla por cada 5 años	3	Entre 1 año y 5 años	3
Entre 2 y 1 año y 10 años	2	Entre 5 años y 10 años	2
Menos de 1 falla en 10 años	1	Mass de 10 años	1
<b>3. ¿como afecta a las personas el funcionamiento del componente?</b>		<b>4. ¿Como afecta la falla al medio ambiente y la seguridad fisica?</b>	
Totalmente	5	Muy alto	5
Significativamente	4	Alto	4
Parcialmente	3	Medio	3
Escasamente	2	Bajo	2
Nulo	1	Nulo	1
<b>5. Que tiempo demora en reparar la falla (dias)</b>		<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>	
<p>Encuesta elabora para determinar los componentes mas críticos por lubricación con aceite.            Se realiza para Motor, Caja de Cambios, Diferencial y la Dirección.</p>			

Figura 4-1. Formato de encuesta realizada

### Cuantificación del efecto

Cuantificar el efecto es la ponderación fundamental de la criticidad, para ello asignamos los siguientes valores: PROD 45%, MAS 45 % y COP 10%, que hacen referencia a las variables en las que está en función el efecto descritas anteriormente. Las variaciones en rangos se muestran en la tabla 4-3:

**Tabla 4-3. Cuantificación del efecto**

CUANTIFICACIÓN DEL EFECTO										
EFECTO	MUY ALTO		ALTO		MEDIO		BAJO		NULO	
	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor
PROD	La falla provoca un perdida altísima en el proceso	<b>45</b>	La falla provoca un pérdida importante en el Proceso	<b>32</b>	La falla provoca una perdida media del proceso.	<b>20</b>	La falla provoca poca perdida en el proceso	<b>10</b>	La falla no provoca perdida en el proceso	<b>0</b>
MAS	La falla provoca un efecto grave en el medio ambiente o en seguridad	<b>45</b>	La falla provoca un efecto significativo en el medio ambiente o en seguridad	<b>32</b>	La falla provoca un efecto parcial en el medio ambiente o en seguridad	<b>20</b>	La falla provoca leve efecto en el medio ambiente o seguridad	<b>10</b>	La falla no provoca efectos en el medio ambiente o seguridad	<b>0</b>
COP	La falla genera COP > =10 M	<b>10</b>	La falla genera 10 M < COP < =5	<b>8</b>	La falla genera 5 M < COP < = 2 M	<b>5</b>	La falla genera COP < 2 M	<b>3</b>	La falla no genera COP	<b>0</b>

Para cada uno de las calificaciones dadas por los encuestados se tienen valores diferentes dependiendo del componente que se esté evaluando, teniendo en cuenta los datos de la tabla anterior.

Cabe recordar que el costo no lo tomaremos de encuestas sino de cotizaciones realizadas, ya que el personal de reparaciones, en ocasiones no conoce los datos reales de los costos y es muy subjetiva la apreciación con respecto a este componente.

En la tabla 4.4 están los valores de cada una de las posibles respuestas de la encuesta mencionada arriba, respecto a los valores establecidos en la tabla anterior, tabla 4-3.

**Tabla 4-4. Calificaciones**

<b>TABLA DE CALIFICACIÓN</b>		
<b>1. FRECUENCIA DE FALLA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>VALOR</b>
Más de 4 fallas por año	5	1
Entre 1 y 4 fallas por año	4	0.9
Entre 5 y 1 falla por cada 5 años	3	0.8
Entre 2 y 1 falla cada 10 años	2	0.6
Menos de 1 falla cada 10 años	1	0.4
<b>2. MTBF</b>		
3 meses	5	1
3 y 12 meses	4	0.9
1 y 5 años	3	0.8
5 y 10 años	2	0.6
Más de 10 años	1	0.4
<b>3. PRODUCCIÓN ( AFECTOS SOBRE TRASPORTE DE LAS PERSONAS)</b>		
Totalmente	5	45
Significativamente	4	32
Parcialmente	3	20
Escasamente	2	10
Nulo	1	0
<b>4. IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD (MAS)</b>		
Muy alto	5	45
Alto	4	32
Medio	3	20
Bajo	2	10
Nulo	1	0



### Análisis estadístico de las encuestas

Las tablas que están a continuación nos ilustran los resultados y cálculos de los valores ponderados de las encuestas. Dependiendo del valor que se estableció anteriormente.

La tabla 4.5 nos muestra los resultados de la incidencia que tiene la frecuencia de falla, el tiempo medio entre fallas, y respecto a los otros componentes está el resultado del efecto sobre la producción y sobre el Medio Ambiente y Seguridad. Se observa que el efecto que causa sobre la producción es el máximo. Respecto a la frecuencia y tiempo medio entre fallas es un valor intermedio.

**Tabla 4-5** Análisis estadístico de la encuesta sobre el Motor

N	ENTREVISTADO	MOTOR							
		FRECUENCIA				EFECTO			
		Frecuencia de falla		MTBF		PROD		MAS	
		Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor
1	Gerente de TransMamonal	2	0.6	2	0.6	5	45	3	20
2	Técnico SENA de TransMamonal	2	0.6	2	0.6	5	45	3	20
3	Mecánico principal Importadora Celeste	3	0.8	3	0.8	5	45	2	10
4	Técnico de VehiDiesel	1	0.4	1	0.4	5	45	3	20
5	Asesor comercial de VehiCosta-Chevrolet	1	0.4	1	0.4	5	45	3	20
6	Gerente Rectificadora La Heroica	3	0.8	3	0.8	5	45	2	10
PONDERADOS		0.66		0.66		45		17.5	

La tabla 4-6 muestra los resultados ponderados de la encuesta respecto a la Caja de Cambios. Podemos observar que los resultados nos indican que el efecto que causa la falla en este componente compromete totalmente a la producción ya que su valor ponderado es de 45 que es el valor máximo asignado de acuerdo a lo ilustrado en la tabla 4-3. Respecto a la frecuencia de fallas es más bajo que el motor, respecto a los resultados de este componente en la tabla anterior.

**Tabla 4-6** Análisis estadístico de la encuesta sobre la Caja de Cambios

N	ENTREVISTADO	CAJA DE CAMBIOS							
		FRECUENCIA				EFECTO			
		Frecuencia de falla		MTBF		PROD		MAS	
		Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor
1	Gerente de TransMamonal	1	0.4	1	0.4	5	45	3	20
2	Técnico SENA de TransMamonal	1	0.4	1	0.4	5	45	2	20
3	Mecánico principal Importadora Celeste	1	0.4	1	0.4	5	45	3	10
4	Técnico de VehiDiesel	1	0.4	1	0.4	5	45	3	20
5	Asesor comercial de VehiCosta-Chevrolet	1	0.4	1	0.4	5	45	2	20
6	Gerente Rectificadora La Heroica	1	0.4	1	0.4	5	45	3	10
PONDERADOS		0.4		0.4		45		17.5	

La tabla 4-7 muestra los resultados ponderados de la encuesta respecto al Diferencial. Podemos observar que los resultados nos indican que el efecto que causa la falla en este componente no compromete totalmente a la producción ya que su valor ponderado es de 18.8 que es el medio respecto a los datos de la tabla 4-3. Respecto a la frecuencia de fallas es alta, por lo que tenemos que esperar los resultados de la ecuación de criticidad para observar cual es nuestro componente crítico.

**Tabla 4-7** Análisis estadístico de la encuesta sobre el Diferencial

N	ENTREVISTADO	DIFERENCIAL							
		FRECUENCIA				EFECTO			
		Frecuencia de falla		MTBF		PROD		MAS	
		Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor
1	Gerente de TransMamonal	3	0.8	3	0.8	3	20	2	10
2	Técnico SENA de TransMamonal	3	0.8	3	0.8	3	20	2	10
3	Mecánico principal Importadora Celeste	3	0.8	3	0.8	3	20	2	10
4	Técnico de VehiDiesel	3	0.8	3	0.8	2	10	3	20
5	Asesor comercial de Vehicosta-Chevrolet	3	0.8	3	0.8	3	20	2	10
6	Gerente Rectificadora La Heroica	3	0.8	3	0.8	3	20	2	10
PONDERADOS		0.8		0.8		18.8		9.2	

La tabla 4-8 muestra los resultados ponderados de la encuesta respecto a la Dirección, se observa frecuencia y tiempo medio entre fallas alto, y efecto bajo.

**Tabla 4-8** Análisis estadístico de la encuesta sobre la Dirección

N	ENTREVISTADO	DIRECCIÓN							
		FRECUENCIA				EFECTO			
		Frecuencia de falla		MTBF		PROD		MAS	
		Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor
1	Gerente de TransMamonal	3	0.8	3	0.8	2	10	2	10
2	Técnico SENA de TransMamonal	3	0.8	3	0.8	2	10	2	10
3	Mecánico principal Importadora Celeste	3	0.8	3	0.8	3	20	2	10
4	Técnico de VehiDiesel	3	0.8	3	0.8	2	10	2	20
5	Asesor comercial de VehiCosta-Chevrolet	3	0.8	3	0.8	3	20	2	10
6	Gerente Rectificadora La Heroica	3	0.8	3	0.8	2	10	2	10
PONDERADOS		0.8		0.8		14.3		10	

La tabla 4-9 nos representa los resultados de las encuestas a partir de la pregunta 5, sobre el tiempo que demora cada componente en reparar, esta pregunta fue realizada para cada uno de los componentes.

**Tabla 4-9** Análisis estadístico de la encuesta sobre Tiempo Medio Entre Fallas

N	ENTREVISTADO	MTTR			
		MOTOR	CAJA DE CAMBIOS	DIFERENCIAL	DIRECCIÓN
1	Gerente de TransMamonal	4	2	1	1/2
2	Técnico SENA de TransMamonal	4	2	1	1/2
3	Mecánico principal Importadora Celeste	6	3	1	1/2
4	Técnico de VehiDiesel	6	2	1	1/2
5	Asesor comercial de Vehicosta-Chevrolet	5	2	1	1/2
6	Gerente Rectificadora La Heroica	5	3	1	1/2
<b>PROMEDIO</b>		<b>5</b>	<b>2 1/3</b>	<b>1</b>	<b>1/2</b>

### Valores de criticidad para el componente COP (costos operacionales)

La siguiente ecuación nos permite calcular el efecto de la incidencia en los costos, y está afectada por la variable de tiempo de reparación.

*Lucro cesante:* Está representado la cantidad de dinero que se deja de producir por el equipo estar varado. El valor es de 700 000 por día. Valor consultado a la empresa de acuerdo al costo del arrendamiento del vehículo por día.

$$\text{COP} = \text{Costos de reparación de la falla} + (\text{MTTR} \times \text{Lucro cesante})$$

Los costos de reparación fueron consultados en los mismos talleres y casas de ventas consultadas en la encuesta, esta se realizó a modo de cotización por cada una de las fallas.

Los valores de MTTR están en días como se especificó en la encuesta, por lo que los resultados del COP serán respecto a los días que demore el equipo en repararse. Para los MTTR utilizaremos los datos promedios arrojados en el análisis de la encuesta.

En resumen, el valor del COP indica en costo que genera la falla de cada componente.

Motor

$$\text{COP} = 2.187.760 + 5 ( 700 000) = 5.687.760$$

Caja de Cambios

$$\text{COP} = 950.000 + 2 \frac{1}{3} ( 700.000) = 2.583.333$$

Diferencial

$$\text{COP} = 832000 + 1 ( 700.000) = 1.532.000$$

Dirección

$$\text{COP} = 500000 + \frac{1}{2} ( 700.000) = 1.532.000$$

De acuerdo a los datos de la tabla de cuantificación del efecto (Tabla 4-3) y los datos calculados para el COP en la tabla 4-10 se ilustran los valores correspondientes para cada componente.

**Tabla 4-10.** Valores del COP de los componentes

Componente	Valor de COP
Motor	8
Caja de Cambios	5
Diferencial	3
Dirección	3

### Calculo de Stand By (STBY)

La empresa TransMamonal realiza 6 recorridos en el día, utilizando entre el total y un 30 % de la flota en los recorridos, dependiendo de las horas del día de mayor demanda de buses. Siempre tiene adicional 2 buses en Stand By para los recorridos que implican el uso de toda la flota.

Como al tener mayores equipos de Stand By, la criticidad disminuye. Por lo tanto el cálculo será realizado de la siguiente forma:

$$STBY = 1 - \frac{\text{Buses disponibles}}{\text{Buses en uso}}$$

Si la relación Buses disponibles / Buses en uso es mayor que 1, tomar el valor de la relación como 1, por lo que STBY= 0, y no tendría valor en criticidad por costo ni por producción. De lo contrario obtenemos valores negativos ya que tendríamos más de un equipo en Stand By por cada equipo en operación.

En la tabla 4-11 están los diferentes recorridos que realizan en un día de trabajo los activos de la empresa TransMamonal, cuantos se usan, cuantos quedan en Stand by por cada recorrido, para relaizar el cálculo de STBY, utilizando la formula anterior.

**Tabla 4-11. Cálculo del STBY**

CÁLCULO DE STBY				
RECORRIDOS	Horario	No Equipos en uso	No Equipos en Stand By	STBY
Recorrido 1	4:00 AM	31	2	0.94
Recorrido 2	7:00 AM	31	2	0.94
Recorrido 3	12:00 M	31	2	0.94
Recorrido 4	2:00 PM	10	21	0.00
Recorrido 5	5:00 PM	31	2	0.94
Recorrido 6	10:00 PM	9	22	0.00

De acuerdo a los resultados de la tabla 4-11. Tenemos que los recorridos 1, 2, 3 y 5 tienen los valores más altos, es decir la disminución de la criticidad por tener equipos de Stand By es menor durante estos recorridos. Tomaremos como STBY= 0.94 para todos los análisis de Criticidad.

### Cálculo del componente más crítico por lubricación

Para efectos de este cálculo utilizaremos la ecuación descrita anteriormente en punto 3.1.1. Análisis de la Criticidad

$$\text{Criticidad} = \{ [(PROD + COP) \times STBY] + MAS \} \times FFF$$

Como ejemplo tomaremos los datos del motor, relacionados en las tablas anteriores.

PROD= 45

MAS= 17.5

MTBI= 0.66

Frecuencia de Falla= 0.66

COP= 8

Calculo del Factor de Frecuencia de Falla

$$FFF = (MTBI + FF) / 2$$

$$Cr = \{ [(45 + 8) \times 0.94] + 17.5 \} \times 0.66 = 44.43$$

La criticidad del motor será 44.43

Ilustraremos en la tabla 4-12 los valores de criticidad resultantes para los componentes seleccionados:

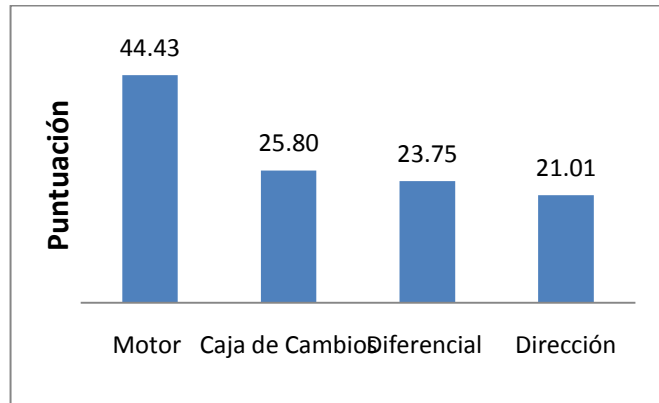
**Tabla 4-12.** Resultados de Índice de Criticidad de los componentes

COMPONENTE	PROD	COP	STBY	MAS	FRECUENCIA DE FALLA	MTBF	ÍNDICE DE CRITICIDAD
MOTOR	45	8	0.94	17.5	0.66	0.66	<b>44.43</b>
CAJA DE CAMBIOS	45	5	0.94	17.5	0.4	0.4	<b>25.80</b>
DIFERENCIAL	18.8	3	0.94	9.2	0.8	0.8	<b>23.75</b>
DIRECCIÓN	14.3	3	0.94	10	0.8	0.8	<b>21.01</b>

Como se observa, los resultados de la tabla anterior indican que el equipo más crítico es el motor, el componente de mayor incidencia para que este sea el



equipo crítico es el COP. El gráfico 4-3 nos muestra en orden los resultados obtenidos en la tabla 4-12 de los índices de criticidad, donde observamos el componente de mayor criticidad y el de menor.



**Gráfico 4-3. Criticidad de los componentes por lubricación**

## **5 DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

### **Introducción a las tecnologías de mantenimiento predictivo**

La gran mayoría de los estudios realizados actualmente sobre el mantenimiento predictivo están relacionados a la confiabilidad. Se ha buscado directamente la aplicación de las tecnologías de mantenimiento predictivo en las tareas de mantenimiento.

Por ello la implementación de técnicas y tecnologías ligadas a la ciencia de la predicción juegan un papel cada vez más importante en las tareas de mantenimiento que lleven a altos índices de confiabilidad de los equipos en las empresas de hoy.

A continuación describiremos varias técnicas y/o tecnologías de mantenimiento predictivo, que son más usadas actualmente.

### **5.1 Vibraciones**

La vibración mecánica es el parámetro más utilizado universalmente para monitorear la condición de la máquina, debido a que a través de ellas se pueden detectar la mayoría de los problemas que ellas presentan. La base del diagnóstico de la condición mecánica de una máquina mediante el análisis de sus vibraciones se basa en que las fallas que en ella se originan, generan fuerzas dinámicas que alteran su comportamiento vibratorio. La vibración medida en diferentes puntos de la máquina se analiza utilizando diferentes indicadores vibratorios buscando el conjunto de ellos que mejor caractericen la falla. Entre los indicadores vibratorios que incluyen los programas de monitoreo continuo se encuentran entre otros: el espectro, la medición de fase de componentes vibratorias, los promedios sincrónicos y modulaciones.

### **5.2 Medición y análisis de ondas de alta frecuencia**

Las técnicas de medición de señales de alta frecuencia, son complementarias al análisis de vibraciones y pretenden detectar algunos tipos de fallas que se producen en los equipos y que no son posibles de diagnosticar con los métodos tradicionales de análisis de vibraciones de las frecuencias bajas. De las técnicas ampliamente utilizadas, se pueden nombrar las siguientes: Destellos de energía, conocido como Spikes de energía, Análisis de las ondas de choque (SPM), Análisis de las emisiones acústicas, ultrasonido, Energía espectral emitida (SEE) y

Análisis de vibraciones de alta frecuencia (HDF). Los rangos de frecuencia para cada técnica se indican en el Gráfico 5.

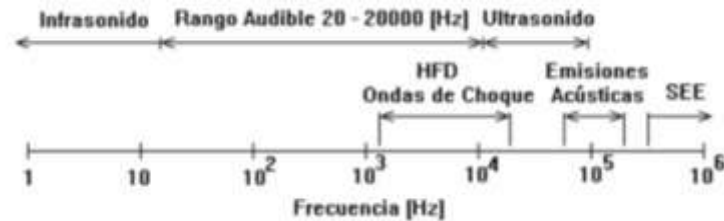


Gráfico 5. Rango de Frecuencias

Los problemas que se pueden detectar son variados, y van desde la detección incipiente de fallas en las pistas de los rodamientos, hasta la detección de fugas en trampas de vapor o de aire comprimido en estanques a presión. Es importante tener en cuenta que las técnicas de análisis de las señales de alta frecuencia tienen un mismo objetivo, esto es, detectar el origen de la emisión de alta frecuencia a partir del procesamiento de la señal global. La metodología existente para analizar las ondas de alta frecuencia, consiste básicamente en filtrar aquellas señales de baja frecuencia y analizar las de frecuencia alta. Este proceso depende de la técnica utilizada y de los medios tecnológicos que se disponga.

### 5.3 Análisis de aceite

El análisis de aceite consiste en una serie de pruebas de laboratorio que se usan para evaluar la condición de los lubricantes usados o los residuos presentes. Al estudiar los resultados del análisis de residuos, se puede elaborar un diagnóstico sobre la condición de desgaste del equipo y sus componentes. Lo anterior, permite a los encargados del mantenimiento planificar las detenciones y reparaciones con tiempo de anticipación, reduciendo los costos y tiempos de detención involucrados.

Los objetivos por lo que se realiza un análisis de lubricantes son los siguientes:

- Control de la degradación del lubricante.
- Monitorear daño mecánico de componentes. (Desgaste).
- Control de contaminantes por sólidos, fluidos o gases.
- Verificar que se está usando el lubricante adecuado.

Entre los análisis que se realizan al aceite se encuentran:

- Análisis espectrométrico del aceite (SOAP Analysis: Spectrometric Oil Analysis Procedure).
- Análisis de los residuos en el aceite: ferrografía directa, ferrografía analítica, análisis de astillas (chips).
- Análisis de la contaminación en los aceites hidráulicos, evaluando mediante diversos procedimientos, la viscosidad, el grado de oxidación y el contenido de cenizas.

#### **5.4 Termografía**

La termografía infrarroja es una técnica no destructiva y sin contacto, por medio de la cual, se hace visible la radiación termal o energía infrarroja que un cuerpo emite o refleja. Esto permite visualizar las distribuciones superficiales de temperatura. Las aplicaciones son muy amplias para el control de temperatura y detección de fallas, se utiliza en equipos eléctricos fundamentalmente, pero también en equipos mecánicos, control de procesos, refrigeración, aislaciones de sistemas de fluidos, edificios y estructuras, etc. Las fallas típicas que hacen aumentar la temperatura son la fricción, exceso o falta de lubricante, chispas eléctricas, etc.

## **6. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE ACEITE**

### **6.1 Toma de muestras de aceites**

Las maquinas presentan diferentes tipos de materiales entre los más importantes encontramos cobre, aluminio, silicio, hierro, estaño, plomo, cromo. Cada uno de estos materiales son parte importante de este (el motor, la servo transmisión y los diferenciales delanteros trasero, entre otros).

Cuando el aceite presenta alguno de estos materiales es que estos materiales están desgastándose por consiguiente el componente ya no se encuentra en operaciones optimas y el rendimiento de este está disminuyendo lentamente.

Los reportes de análisis de aceites usado nos permite tener criterios para determinar qué es lo que está sucediendo y lo que puede llegar a pasar sino no se toman acciones correctivas, por lo que podemos anticiparnos a que ocurra una falla. Por consiguiente pueden venir problemas gravísimos y pueden quedar varadas las maquinas por mucho tiempo debido al costo de los repuestos o, inclusive, si se puede comprar, porque no es tan costoso el repuesto, no se encuentra en el país. Tocaría esperar días, semanas inclusive meses.

¿Cómo hace que el análisis de aceite sea tan efectivo?

Este análisis de aceite es efectivo debido que cada uno de los componentes del motor, diferenciales y servo transmisión dependiendo también del modelo y tipo de máquina, tienen unos parámetros establecidos de presencia de cada uno de los materiales, si estos materiales tienen mayor presencia muestra las posibles o seguras fallas que pueden llegar a tener esta.

Si se toman muestras antes y después del filtro de aceite del motor, podremos evaluar la eficiencia del filtro, pero nuestro interés es evaluar el desgaste de las piezas, dependiendo de las partículas o sustancias encontradas, y las condiciones de las propiedades del aceite y sus contaminantes. La toma ideal es en la línea principal de muestreo. Como se ilustra en la figura 6-1.

Puntos de muestreos correctos e incorrectos.

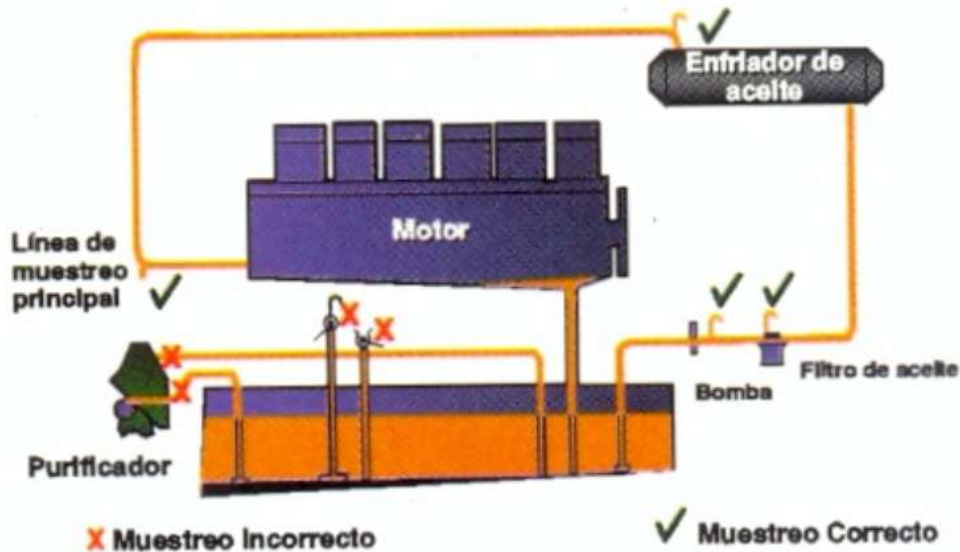


Figura 6-1. Puntos de muestreos correctos e incorrectos. Tomada de modulo Lubricación Minor en mantenimiento Industrial.

Para extraer una muestra de aceite y poder tener una muestra ideal como muestra la gráfica hay que tomar la muestra entre el motor y el enfriador de aceite hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) Tomar el recipiente que se va a enviar al laboratorio, verificar que esté limpio.
- 2) Tomar la muestra en los puntos señalados como correctos, para esto se debe instalar una T en la tubería, y así poder extraer la muestra.
- 3) Extraer la cantidad necesaria establecida por el laboratorio

Enviar a laboratorio especializado con la tecnología de punta más avanzada y analizar el estado del componente. El laboratorio demora en estos análisis de 2 a 3 días.

Para diligenciar una muestra antes de ser enviada a laboratorio se debe tener en cuenta que hay que diligenciar el formato (ver anexo A y B) con las siguientes características:

- Tipo de componente.
- Marca del equipo.
- Fecha de toma de muestra.
- Odómetro en el cual se encuentra el equipo.
- Odómetro que indique a los cuantos se hizo el cambio de aceite.
- Grados SAE.
- Calidad API.

Antes de enviar la muestra al laboratorio hay que añadirle un serial que debe de ser colocado en el recipiente donde deba ser corroborado todo esto, un ejemplo se puede apreciar en el anexo C, referente a el formato que usan los laboratorios de Gulf. Esto depende del laboratorio que va a realizar la prueba, ellos establecen las codificaciones para las muestras.

## 6.2 Métodos y ensayos

En la tabla 6-1 se presentan las diferentes pruebas que se realizan en un análisis de aceites en diferentes equipos incluido Motores Diesel y la norma ASTM que rige la prueba que se va realizar.

**Tabla 6-1. Pruebas de laboratorio a aceites usados<sup>5</sup>**

Prueba	Método	Motores			Sistemas	Engranajes
		ASTM Gasolina Diesel	Gas	Eléctricos	Hidráulicos	automotrices
Grav. Esp.	D-287	1	1	1	1	1
Viscosidad	D-88	X	X	X	X	X
	D-445					
	D-567					
Índice de Viscosidad						
Punto de Inflamación	D-92	1				
Carbón Conradson	D-189					
	D-524	2				
Numero de neutraliz.	D-664		X	X	X	X
	D-974					
Numero básico Total	D-664	X	X			
	D-2896					
Insolubles en pentano y en benceno (9)	D-893	1	1	1	1	1
Tensión Interfacial	D-971					
Dilución por combustibles	D-322					
			3			
Demulsibilidad	D-1401				3	
	D-2711					

<sup>5</sup> Minor de Mantenimiento industrial. 2010. Módulo Lubricación, Ascanio Ferreira.

Tabla adaptada de Pruebas de laboratorio para aceites usados para diferentes equipos como compresores, motores.

Formación de Espuma	D-892				1	1
Agua y sedimentos	D-95				3	
	D-96					
Tensión Interfacial	D-971					
Herrumbre	D-665				5	
Contenido de Ceniza	D-482	X	X		1	
	D-784					
Rigidez Dieléctrica	D-1816					
Contenido de Azufre	D-1266					X
Contenido de Cloro	D-808					6
	D-1317					
Silicio		X	X	X	X	X
Calcio		X	X			
Bario		X	X			
Magnesio		X	X			
Hierro		X	X	X	X	X
Cromo		X	X			
Aluminio		X	X			
Estaño		X	X			
Cobre		X	X	7	7	7
Plata		8				
Plomo		X	X			
Vanadio		X	X			
Sodio		X	X			
Níquel		X	X			
Boro		X	X			

### Convenciones de la tabla anterior

(x) Se aplica

(1) Opcional. Rara veces se hace

(2) Para temperatura de operaciones por encima de los 80 C.

(3) Si el contenido de agua ocasional o permanentemente es alto ( 0,50 vol)

(5) Se analiza cuando el contenido de agua es alto (0,5% vol.) y hay presencia de materiales ferroso en el equipo lubricado. Siempre que se analiza (3) se debe analizar (4) o (5)

(6) Si el aceite es del tipo EP

(7) Si hay cobre, bronce o babbitt en el mecanismo lubricado

(8) Si los cojinetes de apoyo del cigüeñal son de plata.

(9) Esta prueba ha sido reemplazada por insolubles en membrana con diferentes métodos según los fabricantes de aceite



Entre las normas ASTM para análisis de aceites destacamos:

La norma ASTM D-88 se refiere a los métodos para determinar las diferentes viscosidades Saybolt Universal y Saybolt Furol en cuanto se nos indica los productos del petróleo a la temperatura específica entre 21 y 99 grados °C

ASTM D-664 describen dos métodos simples para la determinación del índice de acidez total e índice de basicidad total.

ASTM. D-893 Este método se utiliza para determinar compuestos insolubles en tolueno (contaminantes del exterior) y pentano (degradación de aditivos) de aceites lubricantes usados

ASTM D-482 nos habla sobre la presencia de ceniza en los aceites

### 6.3 DESCRIPCIÓN DE CARACTERÍSTICAS ENCONTRADAS EN LOS ANÁLISIS DE ACEITE<sup>6</sup>

#### 6.3.1 Viscosidad

La viscosidad del aceite de motor se mide a 100°C y debería mantenerse dentro de los rangos establecidos por el API para el grado utilizado. Un SAE 40 o un SAE 15W-40 debería mantenerse entre 12.5 cSt y 16.3 cSt a 100°C. Variaciones dentro de este rango no son significativas. Para los valores de otras viscosidades observe la tabla 6-2.

**Tabla 6-2.** Rango de viscosidades a 100 °C. (Temperatura del motor)<sup>7</sup>

Viscosidad SAE	Viscosidad Mfínima cSt a 100°C	Viscosidad Máxima cSt a 100°C
0W-40	12.5	16.29
5W-40	12.5	16.29
10W-40	12.5	16.29
15W-40	12.5	16.29
20W-40	12.5	16.29
25W-40	12.5	16.29
40	12.5	16.29

<sup>6</sup> Análisis de muestras y estudios de resultados tomados de los estudios publicados en la página web de Widman International SRL y Donaldson, especialistas en lubricación y filtros.

<sup>7</sup> Tabla tomada de Widman International SRL

La pérdida de viscosidad causará mayor desgaste de cojinetes (plomo, estaño, bronce) por falta de lubricación hidrodinámica. El aumento del grado de viscosidad puede causar mayor desgaste de anillos y alta presión de aceite que puede abrir la válvula de alivio de presión del filtro de aceite y pasar aceite sucio al motor. Cuando evaluamos la viscosidad en el reporte, observar:

Si bajó la viscosidad, las causas más probables pueden ser:

- Dilución con aceite más delgado (puede ser aceite hidráulico, de transmisión, u otro, o un SAE 5W-30 aumentado al SAE 15W-40 por error del operario).
- Contaminación por combustible (problemas de inyectores, falta de termostato, viajes cortos, marcha en vacío, etc.).
- Rotura o ruptura de polímeros (utilizados para fabricar el aceite multigrado) por cizallamiento (polímeros baratos, altas temperaturas o presiones, molienda entre los engranajes o anillos).

**Cizallamiento o rotura de aceite base.** El aceite básico de baja calidad puede perder su viscosidad. La figura 6-2 muestra un ejemplo de este tipo de falla del aceite base y las incidencias de otros componentes en el resultado de las muestra.

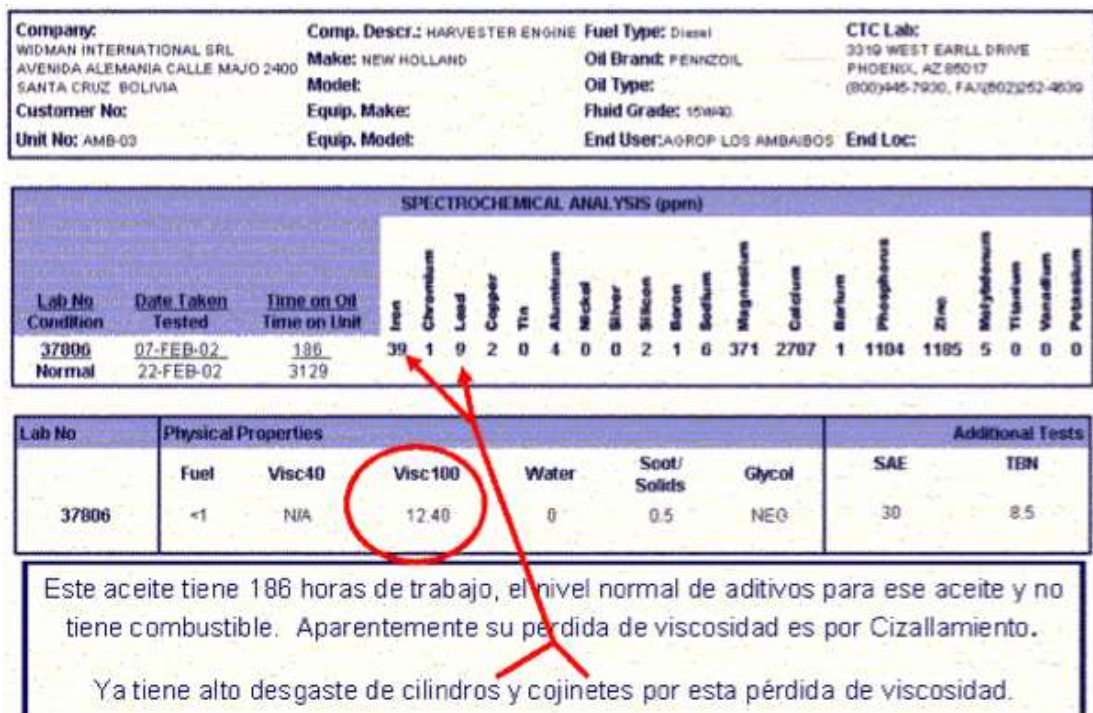


Figura 6-2. Ejemplo de resultado de análisis de aceite. Baja viscosidad-Cizalladura.

Tomada de <http://www.widman.biz/Analisis/cizallamiento.html>

Si aumentó la viscosidad, las causas más probables pueden ser:

- Oxidación del aceite (alta temperatura, altas revoluciones o baja calidad de aceite básico).
- Cocción del aceite (alta temperatura o baja calidad del aceite base).
- Contaminación por agua o glicol (falla de empaquetadura de culata, perforación de camisas o bloque).
- Contaminación por alta acumulación de hollín (combustible de baja calidad, mala combustión, ausencia o falla de termostato, problemas de bomba inyectora o inyectores).
- Contaminación por tierra (falla del filtro de aire, perforaciones en el sistema de entrada de aire).
- Mezcla con un aceite más viscoso.

La figura 6-3 nos muestra un ejemplo de cómo aumenta la cantidad de partículas de de varios materiales en la muestra por un aumento en la viscosidad del aceite.

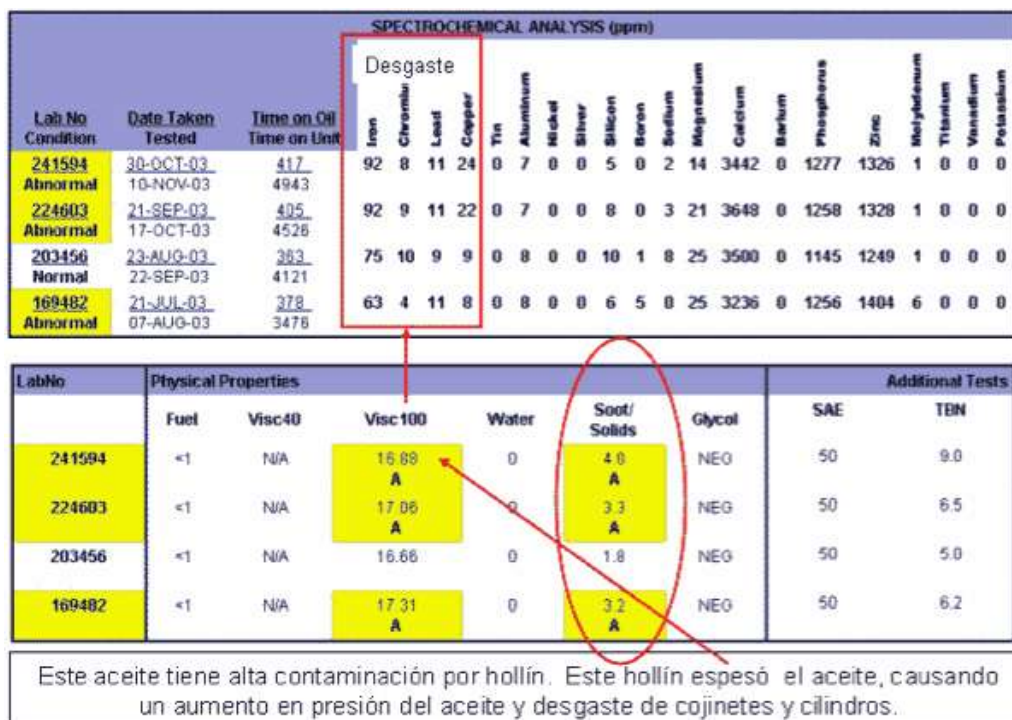


Figura 6-3. Ejemplo de resultado de análisis de aceite. Aumento de viscosidad. Tomada de Widman International SRL

Para determinar la causa específica, hay que comparar los ítems arriba mencionados con los contaminantes y contenido de aditivos.

### 6.3.2 Contaminación

Hay varios contaminantes que pueden aparecer en el aceite usado. Todos estos son dañinos y causarán desgaste. El análisis de aceite demuestra esta contaminación en partes por millón (ppm). Es importante tomar en cuenta que el análisis de aceite indica los contaminantes más pequeños a 5 micrones (actualmente varía entre 3 y 8 micrones, dependiendo del equipo utilizado), mientras en un alto porcentaje los filtros de aceite solamente retienen las partículas mayores de 10 micrones. Las partículas grandes causan el daño al entrar, rayando o lijando las camisas o el bloque. Después quedan atrapadas en el filtro de aceite. Las partículas menores continúan circulando y dañando cojinetes, bujes, válvulas con sus guías y asientos, anillos y camisas en cada paso por el motor.

Una de las contaminaciones más común es el residuo del aceite en el motor al hacer el cambio de aceite. Frecuentemente queda cerca de 20% del aceite viejo en el motor cuando se cambia. Este aceite tiene residuos de cualquier contaminante, residuos de desgaste, etc. Si el aceite está sucio, contaminará el nuevo aceite y continuará gastando el motor. Cuando se encuentra alto hollín, tierra, combustible u otro contaminante, hay que hacer un segundo cambio después de pocos kilómetros para enjuagarlo.

**Silicio (Tierra):** La cantidad de Silicio leída por la computadora combina todos los elementos parecidos. Por eso es normal encontrar Silicio en un motor nuevo o recién rectificado porque la computadora lee como "silicio" la Silicona que sale de nuevos retenes y selladores. También puede haber Silicona en los aditivos del aceite como antiespumante. Por eso se requiere una muestra del aceite virgen para comparar los resultados. Si el aceite nuevo tiene 3 ppm de silicio y el usado tiene 10 ppm, 7 ppm entraron del medio ambiente. Tenemos que preocuparnos del silicio que viene de la tierra

Por ejemplo podemos tener aceites nuevos contaminados, así como se ilustra en la figura 6-4, muestra de un aceite nuevo en la cual se encontraron varias cantidades por millón de partículas sin ser usado.

			SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																				
Lab No	Date Taken	Time on Oil	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium	
Condition	Tested	Time on Unit																					
180881	01-OCT-01	-	3	0	0	0	0	1	0	0	6	1	0	481	2442	0	1126	1249	0	0	0	0	0
Normal	01-OCT-01																						

Figura 6-4. Ejemplo de resultado de análisis de aceite. Aceite nuevo contaminado. Tomado de Widman International SRL

Si el motor no es nuevo, el silicio es tierra que entró por el filtro de aire o alguna parte del sistema de alimentación del aire. La tierra que ingresa actúa como lija y destroza las camisas, los anillos y todo donde existe fricción y entra en contacto con el aceite.

El motor por cada litro de ACPM que consume, gasta aproximadamente 12,000 litros de aire para su combustión. Este aire debe ser totalmente puro y libre de contaminantes. Para eso el filtro de aire debe estar bien sellado y ser eficiente.

Si podemos mantener el nivel de silicio debajo de 10 ppm en un auto o camión en 6,000 kilómetros de recorrido, entonces el motor tendrá poco desgaste y seguramente alcanzara una vida útil larga, ya que el desgaste de cilindros es directamente proporcional con la cantidad de silicio que ingresa.

Un alto contenido de silicio requiere una revisión completa del sistema de entrada de aire. La causa más común es el soplado de los filtros de aire, en ocasiones los operadores lo hacen innecesariamente o con presiones altas del aire comprimido. En la figura 6-5 se muestra un aceite que se contaminó por un filtro limpiado con alta presión de aire comprimido.

			SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																			
Lab No	Date Taken	Time on Oil	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
211010	24-OCT-03	300	894	22	3	21	0	150	7	0	325	119	19	52	2720	0	1103	1295	109	0	0	0
Oilcraft	10-NOV-03		L	C				S			S											

Figura 6-5. Aceite contaminado por mala limpieza del filtro de aire. Tomada de Widman International SRL

**Agua:** El agua causa herrumbre y aumenta el potencial corrosivo de los ácidos. También reacciona con ciertos aditivos para formar productos agresivos. El agua también actúa como catalizador para promover oxidación en la presencia de metales como hierro, cobre y plomo. Cuando hay agua libre en el cárter, pueden crearse micro-organismos que se comen el aceite, formando ácidos que causan oxidación y obstruyen el filtro.

El agua reduce la película lubricante e interfiere con la lubricación dejando las piezas susceptibles al desgaste abrasivo, adhesivo y fatiga. En áreas de presión las gotas de agua colapsan causando cavitación, secuencia que se muestra en la figura 6-6. Esta cavitación se ve como corrosión o picado de la superficie donde hay diferencias de presiones. Las burbujas de agua (o aire en caso de espuma por exceso de aceite en el cárter) llegan al punto de presión e implosión, causando grietas pequeñas o



puntos microscópicos en la superficie. Cada vez que implosiona otra burbuja en el mismo lugar se agranda este punto.

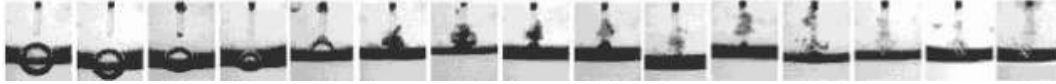


Figura 6-6. Secuencia de implosión de burbujas. Tomado de [www.solociencia.com/quimica/05041912.htm](http://www.solociencia.com/quimica/05041912.htm)

El agua ingresa por los respiraderos, retenes y el sistema de enfriamiento. También se acumula mediante la condensación (humedad en el motor cuando se enfría).

**Sodio:** Si la muestra fue tomada con el motor caliente, cualquier ingreso de agua normalmente debería haberse evaporado y solo dejar residuos de sus minerales. En algunos casos el sodio puede entrar con la humedad del aire al motor, pero generalmente es un residuo de agua. Esta agua puede haber entrado por una empaquetadura de culata “soplada”, camisa o bloque perforado o simplemente por lavado del motor con agua a alta presión. Este contaminante debe ser controlado.

**Potasio:** La contaminación por potasio es similar a lo que ocurre con el sodio, pero en menor cantidad.

**Aluminio:** El aluminio aparece en el análisis por varias causas. Una parte de esto puede ser desgaste (se deben analizar todos los resultados de los materiales de desgaste). La otra parte viene del aire contaminado con tierra que se introduce en el motor. La tierra y polvo que respira el motor contiene un porcentaje de aluminio que varía entre 0.29% a 0.33%. Esto quiere decir que por cada 10 ppm de tierra que observamos en el análisis deberíamos tener cerca de 3 ppm de aluminio por la tierra. Si la muestra tiene 10 ppm de silicio y 5 ppm de aluminio, 2 ppm serán provenientes del desgaste. La contaminación de aluminio se evita controlando el ingreso de silicio.

En la figura 6-7 se muestra un ejemplo de contaminación con agua y glicol del sistema de refrigeración.

			SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																			
Lab No	Date Taken	Time on Oil	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
241598	30-OCT-03	1502	7	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	19	3275	0	1281	1316	0	0	0	0
Normal	10-NOV-03	41547																				
723603	20-SEP-03	7982	22	1	12	7	0	4	0	0	29	3	1000	19	3605	0	1309	1443	1	0	0	2100
Critical	17-OCT-03	32393											C									C
153249	10-JUN-03	7058	38	2	1	3	0	8	0	0	20	8	0	32	3326	0	1128	1487	7	0	0	0
Normal	18-JUL-03	17058																				

LabNo	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/Solids	Glycol	SAE	TBN
241598	<1	N/A	15.50	0	0.5	NEG	40	11.8
723603	<1	N/A	15.60	0	1.4	PROB C	40	9.5
153249	<1	N/A	15.62	0	0.6	NEG	40	8.0

Figura 6-7. Contaminación por agua y glicol. Tomada de Widman International SRL

### 6.3.3 Desgaste

Al realizar una análisis de aceite usado, siempre tendrá desgaste, lo principal es reducir esas cantidades.

El desgaste proviene de muchas partes, por lo que es importante saber de cuales materiales están conformadas las piezas que integran al motor.

Existen muchos diseños de motores, utilizando variados materiales. Por ejemplo, en la figura 6-8 se muestra un cojinete formado por varios componentes.



Figura 6-8. Diferentes materiales de un cojinete. Tomada de <http://www.mahle.com>

En general, los bujes y cojinetes de árbol de levas, martillo, pasadores y pistones son de bronce, mientras los cojinetes de bielas y bancada que reciben mayores fuerzas son de dos o tres metales. La última capa normalmente es de plomo para gastarse en el asentado del motor y dejar mejor circulación del aceite sin turbulencia.

Para las siguientes explicaciones tomaremos un motor con características generales.

**Hierro:** El primer elemento que miramos es el hierro. Normalmente el hierro viene de la fricción entre las paredes de los cilindros (sean camisas o el bloque mismo) y los anillos. Pero también puede ser del árbol de levas, el cigüeñal, las válvulas, los cojinetes, la bomba de aceite, los engranajes de la cadena, el turbo, las guías de válvulas, o las bielas.

El hierro puede provenir del desgaste o herrumbre. Un motor que tiene aceite contaminado por tierra, falta de viscosidad, o alto hollín (entre otros) tendrá desgaste por contacto o falta de lubricación hidrodinámica. Si el aceite está con agua, todas las piezas de hierro son sujetas a herrumbrarse. Si la herrumbre es severa, puede continuar después de corregir el problema hasta que el aceite logre controlarla.

- **Desgaste de anillos y cilindros:** Cada hora que el motor está encendido, los pistones suben y bajan, raspando los anillos contra las paredes de los cilindros. En un viaje de 10 minutos en un auto normal, cada anillo de cada pistón viajó 6 kilómetros raspando las paredes. Si el aceite pierde su viscosidad, el desgaste es severo. Si el aceite está contaminado, los contaminantes rayan las paredes. Mucha de ésta lubricación es hidrodinámica, dependiendo de la viscosidad para evitar desgaste. Cuando falla la lubricación hidrodinámica los anillos dependen de los aditivos anti-desgaste que proveen lubricación límite. El trabajo del anillo superior es “barrer” el aceite al bajar en el cilindro, dejando las paredes secas para la combustión. Este anillo depende 100% de la lubricación límite.
- **Desgaste de la bomba de aceite:** La bomba de aceite solamente puede gastarse si existe contaminación del aceite, nivel bajo de aceite (falta de lubricación), o nivel demasiado alto de aceite (causa espuma que se rompe en la bomba provocando cavitación y falta de lubricación).
- **Otras piezas:** El desgaste del cigüeñal, árbol de levas, válvulas y otras piezas similares no depende tanto de la carga o las presiones, sino la lubricación hidrodinámica y la contaminación. Alto contenido de hollín o tierra causa desgaste severo de estas piezas.

**Cobre:** El cobre normalmente viene de cojinetes, bujes, enfriador de aceite, arandela de empuje, guías de válvulas y bujes de bielas.

Los cojinetes y bujes normalmente son aleaciones y capas de diferentes metales blandos diseñados para absorber impacto y desgaste en lugar del cigüeñal y las bielas. El residuo de estos elementos viene de desgaste o corrosión.



**Desgaste de cojinetes y bujes:** Cuando falta lubricación hidrodinámica por falta de viscosidad o velocidad el motor depende de los aditivos anti-desgaste en el aceite para proveer lubricación límite (también llamado marginal o estática). Si el aceite no puede cumplir con este requerimiento por falta de aditivos, al existir degradación o sobrecarga, el cojinete roza contra su contraparte (el cigüeñal, biela, etc.) y desgasta. En la figura 6-9 se muestra un cojinete desgastado por esta situación.



Figura 6-9. Desgaste de cojinetes <http://www.mahle.com>

**Desgaste de arandelas de empuje (cojinetes axiales):** Las arandelas de empuje siempre están en contacto con el bloque cuando exigimos la máxima fuerza del motor o lo sobrecargamos tratando de acelerar rápidamente o subir las montañas. Este desgaste normalmente aparece como cobre, en la figura 6-10 se muestran unas arandelas en buen estado y al lado una desgastada.



Figura 6-10. Desgaste de arandelas. Tomada de Widman International SRL

**Desgaste de guías de válvulas:** Las guías de válvulas deberían durar muchos años. Sin embargo, cuando el aceite es de baja calidad y empieza a carbonizarse en los vástagos, como se ilustra en la figura 6-11, este carbón desgasta las guías, causando cobre en los análisis y alto consumo de aceite.



Figura 6-11. Desgaste de guías de válvulas. Tomada de Widman International SRL

**Corrosión:** El enfriador de aceite es sujeto a corrosión por los ácidos y la humedad en el aceite. Se presenta mayormente cuando está detenido el motor por un tiempo.

**Plomo:** El plomo viene de cojinetes, volandas de empuje, bujes de bielas. En la figura 6-12 se muestran las ralladuras y la corrosión que se genera en los cojinetes.



Figura 6-12. Corrosión en cojinetes Tomada de Widman International SRL

La causa más común del plomo en el aceite es la corrosión de los cojinetes en motores que son guardados un mes o más con aceite semi-usado o sucio. Los contaminantes y los ácidos que se forman en el aceite causan corrosión cuando no está circulando para refrescar los aditivos en contacto con los cojinetes.

**Aluminio:** Las partículas de desgaste de aluminio (después de eliminar lo que ingresa como tierra) viene de los cojinetes, bujes (varios), pistones, arandelas de empuje y el turbo.

Normalmente los cojinetes y bujes trabajan 100% en lubricación hidrodinámica. Solamente cuando falla esta lubricación o se contamina el aceite ocurre contacto entre las piezas y desgaste adhesivo.

Desgaste de aluminio de los pistones ocurre cuando hay falla de lubricación hidrodinámica o se abre mayor espacio entre las paredes de los cilindros y los pistones permitiendo el movimiento lateral de la falda del pistón.

**Cromo:** El cromo viene de la camisa, las válvulas de escape, los anillos, y algunos cojinetes. El desgaste de cromo normalmente se origina con la contaminación del aceite.

**Estaño:** El estaño viene de las aleaciones de metales en los cojinetes y bujes (varios) y volandas de empuje. Estos dependen 100% de la lubricación hidrodinámica.

**Plata:** La mayoría de los motores no tienen piezas de plata, pero en los que tienen (EMD) el uso de lubricantes con Zinc causará corrosión de plata.

### Límites de desgaste normal

En la tabla 6-3 se muestra los valores típicos o límites de silicio y desgaste. Niveles por encima de éstos deberían ser investigados y tomar acciones para evitar acortar la vida útil del motor. Mientras se puede decir que estos límites son aceptables, hay que reconocer que entre más bajo el desgaste, mayor la vida útil del motor.

Estos valores son para el momento del cambio de aceite. Si tenemos 50 ppm de partículas de hierro en 250 horas de trabajo y podemos mejorar el

mantenimiento o el aceite para llegar a 40 ppm en 500 horas de trabajo, tenemos un doble ahorro.

En la siguiente tabal están los valores de los limites de desgaste normal, en los comentarios están las aplicaciones y algunas observaciones sobre los valores estipulados.

**Tabla 6-3. Límite de desgaste normal<sup>8</sup>**

Elemento	ppm	Comentarios
Silicio (Tierra) Silicon	2-10	Niveles encima de 10 ppm empiezan a mostrarse con un desgaste significativo.
Hierro Iron	2-50	Un motor pequeño debería ser entre 2 y 15 ppm, mientras un motor grande puede ser entre 10 y 50 ppm.
Cromo Chromium	1-8	Depende mucho de la cantidad de piezas cromadas en el motor.
Aluminio Aluminum	2-15	Después de descartar lo que entró con la tierra, dependerá mucho del diseño del motor. Un bloque de aluminio mostrará más desgaste de aluminio y menos partículas de hierro.
Cobre Copper	2-5	Aceleración fuerte o enfriador de aceite mostrará valores más altos. Muchos motores pueden quedar cerca de 5 ppm.
Sodio Sodium	0-10	Depende del combustible y medio ambiente. Valores mayores son contaminaciones por agua.
Pomo Lead	2-10	Aceleración fuerte o largos periodos sin utilizar el motor, falta de viscosidad del aceite o motor sin usar varios meses.
Estaño Tin	1-2	Aceleración fuerte en algunos motores, falta de viscosidad en el aceite.

### 6.3.4 Degradación

La degradación del aceite empieza cuando se abre el envase y permite la entrada de aire. El aire oxida el aceite. Un balde o tambor de aceite abierto y utilizado durante el curso de varios meses será más oscuro al final que al principio. Este nivel de oxidación afecta la apariencia del aceite, pero no afecta su comportamiento.

En el momento del cambio de aceite, siempre el nuevo aceite se mezclará con un residuo de aceite viejo. Esta mezcla no causará ningún daño en sí (químicamente), pero la muestra acusará residuos de ese aceite y puede parecer degradado.

Hay que considerar que entre más partículas de desgaste metálicas hay, mayor degradación de aditivos sufrirá. Las partículas metálicas como

<sup>8</sup> Widman International SRL, <http://www.widman.biz/Analisis/desgaste.html>

cobre, hierro y plomo aumentan la velocidad de oxidación del aceite. También quita del aceite sus aditivos polares, incluyendo los de anti-desgaste, extrema presión, inhibidores de herrumbre y dispersantes.

### **Degradación de los aditivos**

**Calcio y Magnesio:** Estos dos aditivos son detergentes/dispersantes. Son utilizados para combatir el hollín, neutralizar los ácidos formados por la humedad en la combustión, mantener los contaminantes y lodos en suspensión hasta llegar al filtro, sin dejar que se aglomeren y formen grumos, ni que se adhieran a las superficies metálicas. Como cualquier antiácido, estos se consumen. Entre más ácido se forma por la calidad de combustible, falta de temperatura en el motor o combustión incompleta, más rápido se degradan los detergentes/dispersantes. Ambos aditivos trabajan bien para este propósito, pero el magnesio deja 45% más cenizas sulfatadas al quemarse, causando problemas de válvulas y depósitos en el motor. Por esta razón normalmente se encuentra solamente calcio o una mezcla con un máximo de de 30% del detergente/dispersante en forma de magnesio.

Hay que saber el valor inicial de cada aditivo para poder determinar su degradación. Un buen aceite (API CI-4) para motores a diesel tendrá cerca de 3300 ppm de detergente/dispersante.

En el recorrido de los kilómetros estos aditivos se consumen. Es normal que en el curso de 6,000 kilómetros estos aditivos bajan un 5% a 10%. Cuando bajan más de 15%, deberíamos buscar la causa o acortar el intervalo entre cambios para esa marca de aceite. Hay aceites en el mercado boliviano que pierden más de 30% de su detergente/dispersante en 6,000 kilómetros en el mismo uso o motor que otros donde sus aceites solamente pierden 8.5% con el mismo recorrido y combustible.

### **Pérdida de los aditivos y dispersantes**

- **Aditivos de mala calidad.** Hay presiones en las fábricas de aceites de bajar costos de producción. La manera escogida por algunas es de formular productos con lo más barato.
- **Combustible de mala calidad** o adulterado.
- **Mala combustión.**
  - La temperatura del motor debería estar siempre encima de 80°C. Si está operando sin termostato, no llega a esta temperatura y entonces la humedad forma lodo en vez de evaporarse.

- Presiones excesivas en la bomba inyectora.
- Inyectores sucios o mal colocados en la cámara de combustión.
- Válvulas mal reguladas.
- Desgaste de anillos, camisas o bloque.
- Mala sincronización de la chispa o inyección de combustible.
- **Limpieza de lodos** dejados por el aceite anterior.
- **Contaminación** por otros aceites inferiores, en el relleno.

**Zinc y Fósforo (ZDDP):** El zinc y el fósforo trabajan en conjunto para proveer lubricación límite cuando la lubricación hidrodinámica no alcanza las necesidades de presiones y fricción. Esta protección se llama antidesgaste.

ZDDP (Dialquil ditiofosfato de zinc) es una sal organometálica, compuesta de zinc, azufre y fósforo. Forma una capa de sulfato de hierro en la superficie de las piezas, donde el azufre puede actuar para atraer el zinc, dejando tres capas suaves para evitar contacto acero-acero. Un buen aceite para un motor a diesel (API CI-4) tendrá cerca de 1450 ppm de zinc y 1350 ppm de fósforo. Los valores de ZDDP no varían mucho con el uso dentro del motor pudiendo llegar al fin de su vida útil sin haber sido adheridos a las superficies, en esos casos el laboratorio lo reporta.

La mayoría de la variación que se ve en el aceite usado es lo quemado o evaporado. Muchas veces la baja en el nivel de zinc o fósforo es por la volatilidad (calidad) del aditivo utilizado. Esta evaporación o quema del ZDDP es dañina al medio ambiente, contamina el catalizador del auto y reduce la protección a las piezas del motor.

Otra parte es absorbida por el hollín y forma parte del lodo extraído por el filtro o adherido a las piezas metálicas. Mientras menos hollín, menos deterioro del zinc y fósforo.

En la figura 6-13 se muestra un ejemplo de un aceite que no aguantó el recorrido esperado.

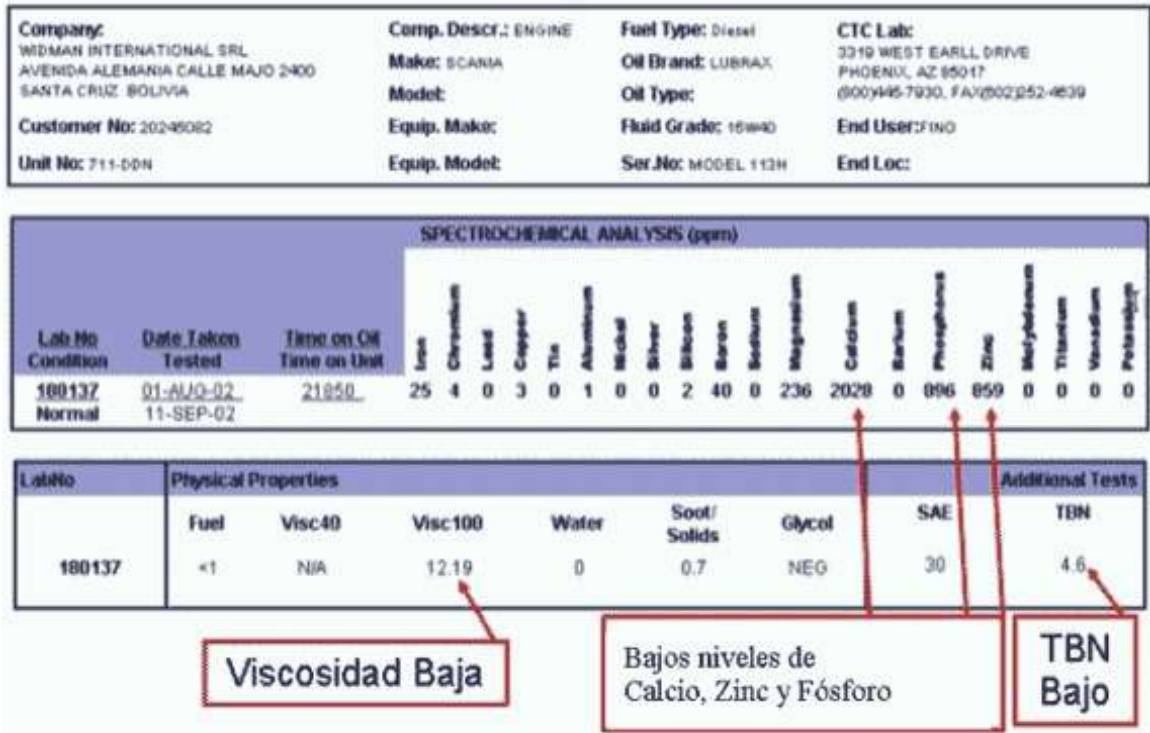


Figura 6-13. Ejemplo de degradación de aceite. Tomada de Widman International SRL

**Molibdeno:** Algunos aceites para motores contienen disulfuro de molibdeno para reducir el desgaste en altas temperaturas y presiones. En estas formulaciones el molibdeno actúa con el ZDDP para proveer la máxima protección posible.

**Boro:** El Boro utilizado en algunas formulaciones es un aceite sintético grupo V que actúa como aditivo antidesgaste y modificador de fricción. Existen varias formas de boro y cada una tiene sus ventajas y desventajas. También existen formulaciones de aceites sin boro. Frecuentemente el boro es utilizado para mejorar el aceite básico para cumplir con las normas.

#### 6.4 Resumen de los Resultados de Análisis

El análisis de aceite muestra materiales de desgaste que están en suspensión. Esto indica cuando hay desgaste y de que parte del equipo viene. Estas tablas muestran los orígenes más comunes de estos materiales para la mayoría de los equipos. Las explicaciones anteriores se han centrado al motor por lo que es nuestro equipo crítico, para a continuación ilustraremos tablas para los diferentes sistemas que requieren lubricación en un vehículo.

Siempre hay que tomar en cuenta los materiales actuales que se emplea en la construcción del equipo específico, por ejemplo hay motores que tienen mayor cantidad de aluminio.

- Origen de Partículas Metálicas en el Motor

El desgaste puede provenir de varias partes del Motor. La tabla 6-4 indica el origen más probable del material que reporta análisis del aceite. Existen variaciones de acuerdo a los componentes de cada motor.

**Tabla 6-4.** Origen de las partículas del Motor<sup>9</sup>

Motor	Hierro	Cobre	Plomo	Aluminio	Silicio	Cromo	Estaño	Sodio	Potasio
Cojinetes		X	X	X			X		
Bujes		X		X			X		
Árbol de levas	X								
Refrigerante					X	X		X	X
Cigüeñal	X								
Camisa	X					X			
Válvula Escape	X					X			
Cojinetes anti-fricción	X					X			
Empaquetaduras					X				
Gasolina			X					X	
Carcasa	X			X					
Tierra					X				
Aditivo					X				
Enfriador de Aceite		X							
Bujes de bomba de aceite				X					
Bomba de aceite	X			X					
Pistones	X			X					
Anillos	X					X			
Volandas de empuje		X	X	X			X		
Engranajes de cadencia	X								
Turbo	X			X					
Guías de válvulas	X	X							
Tren de válvulas	X								
Bujes de bielas		X	X	X			X		
Bielas	X								

<sup>9</sup>Widman International SRL, <http://www.widman.biz/Analisis/tablas.html>



- Origen de Partículas Metálicas en la Transmisión Manual

El desgaste puede provenir de varias partes de la Transmisión Manual. La tabla 6-5 indica el origen más probable del material que reporta análisis del aceite. Existen variaciones de acuerdo a los componentes de cada transmisión.

**Tabla 6-5.** Origen de las partículas de la Transmisión Manual<sup>10</sup>

Transmisiones	Hierro	Cobre	Plomo	Aluminio	Silicio	Cromo	Estaño	Sodio	Potasio
Bujes		X		X					
Embragues	X	X							
Aditivo de Refrigerante					X	X		X	X
Cojinetes anti-fricción	X					X			
Engranajes	X								
Tierra					X				
Aditivo de Aceite					X				
Enfriador de Aceite		X		X					
Bombas	X			X					

- Origen de Partículas Metálicas de la Transmisión Automática

El desgaste puede provenir de varias partes de la Transmisión Automática. La tabla 6-6 indica el origen más probable del material que reporta análisis del aceite. Existen variaciones de acuerdo a los componentes de cada transmisión.

**Tabla 6-6.** Origen de las partículas de la Transmisión Automática

Transmisiones Automáticas	Hierro	Cobre	Plomo	Aluminio	Silicio	Cromo	Estaño	Sodio
Cojinetes	X	X	X				X	
Bujes		X						
Aditivo de Refrigerante					X	X		X
Cojinetes anti-fricción	X							
Empaquetaduras					X			
Engranajes	X							
Tierra					X			
Ejes					X			
Volandas de empuje		X		X				
Válvulas	X			X				

<sup>10</sup> Widman International SRL, <http://www.widman.biz/Analisis/tablas.html>



- Origen de Partículas Metálicas en el Diferencial

El desgaste puede provenir de varias partes del Diferencial o Mando Final. La tabla 6-7 indica el origen más probable del material que reporta análisis del aceite. Existen variaciones de acuerdo a los componentes de cada diseño.

**Tabla 6-7.** Origen de las partículas de Diferencial y Mando<sup>11</sup>

Diferencial y Mando Final	Hierro	Cobre	Plomo	Aluminio	Silicio	Cromo	Estaño	Sodio	Potasio
Cojinetes	X								
Bujes		X		X					
Cojinetes anti-fricción	X								
Engranajes	X								
Tierra					X				
Aditivo de Aceite					X				
Bomba de aceite		X		X					
Sal del medio ambiente								X	
Volandas de empuje		X		X					

#### 6.4 VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE ESTA TÉCNICA EN TRANSMAMONAL

El propósito de implementar la técnica de análisis de acetites, aparte de ser gratuita, nos permite observar tendencias, por ejemplo aquí tenemos una muestra de 6 análisis efectuados a un motor Diesel de un vehículo Chevrolet HINO, por Gulf<sup>12</sup>, este ejemplo es presentado debido a que no se disponía de los resultados propios de los Equipos NPR Diesel de TRansMamonal, en estos observamos las tendencias, estos estudios son los que nos permitirán ahorrar costos en la medida que podamos establecer tiempos de cambio de aceite mayores, o detectar fallas costosas, ya que los componentes del motor y el motor mismo son las partes más costosas de nuestro vehículo.

El gráfico 6-1 nos muestra las tendencias durante 6 pruebas efectuadas cuando se cambio el lubricante por mantenimiento preventivo, de los metales como el cromo, aluminio, estaño y silicio. En el gráfico 6-2 hierro, cobre y plomo, y en la gráfica 6-3 la tendencia de las viscosidad cinemática, observamos que es muy similar en las diferentes pruebas.

<sup>11</sup> Tabla Origen de las partículas de Diferencial y Mando. Tomada de [Widman International SRL](#)

<sup>12</sup> Lubricantes Gulf, productos de GULF OIL Company

**Gráficos**



Gráfico 6-1. Desgaste de metales (cromo, aluminio, estaño y sodio), Análisis Gulf

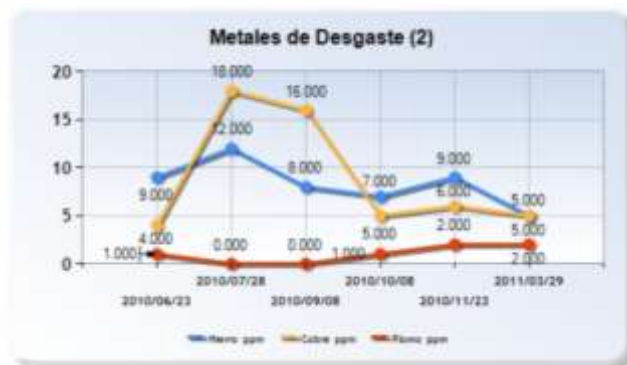


Gráfico 6-2. Desgaste de metales (hierro, cobre y plomo), Análisis Gulf



Gráfico 6-3. Viscosidad cinemática. Análisis Gulf

Al decidir realizar nuestros con cierta frecuencia, se debe establecer con la empresa de lubricantes que nos realiza las pruebas las fechas o tiempos máximos de entrega, ya que esto permite que las decisiones sean basadas en datos reales y no demasiado tarde donde las condiciones del equipo han variado considerablemente. Ver análisis completo en el Anexo D.

Las imágenes de la gráfica 6-4 son de un análisis de aceite realizado a las busetas NPR Diesel de TRansMamonal y en el gráfico 6-5 se muestran los valores de las partículas encontradas. El resumen del análisis por el laboratorio dice: Tendencia de desgastes satisfactoria. Nivel de Silicio (polvo/tierra/sellos) normal. No se detecta contaminación con agua. Dilución por combustible es normal. Nivel de hollín / sólidos satisfactorio. La viscosidad esta dentro del rango operacional.

Acción: Retomar muestra durante el próximo periodo de servicio para continuar monitoreo. En el Anexo E se muestra el análisis completo.

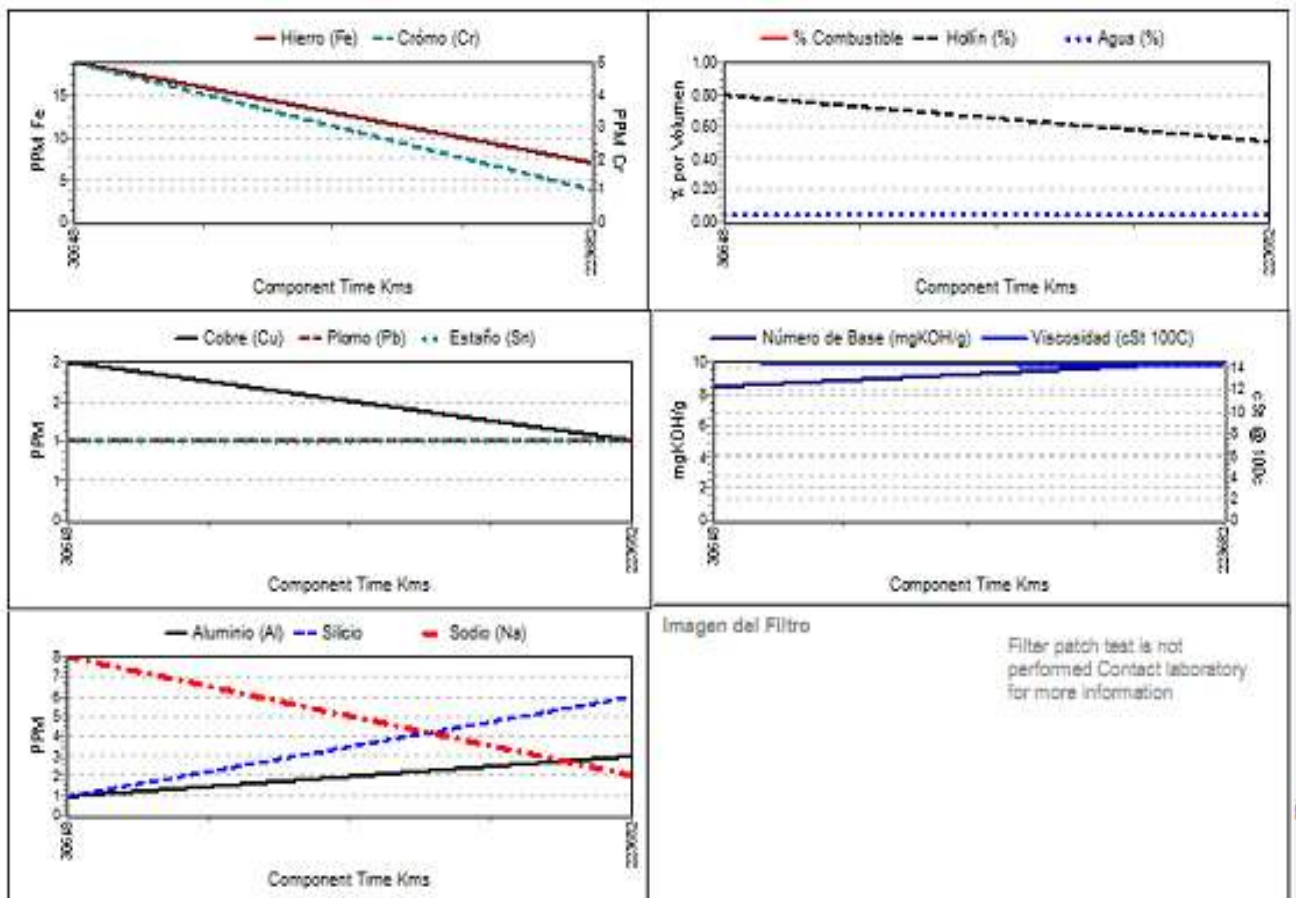


Gráfico 6-4. Análisis de aceite de Motor a NPR Diesel de TRansMamonal.



Fecha de la Muestra	21-May-11	18-Apr-11
Fecha de Recepción	12-Jun-11	06-Jun-11
Fecha del Reporte	17-Jun-11	10-Jun-11
N. ° de Laboratorio	44200022980	44200030113
N. ° de SIF	10890832	10657554
Tiempo de Unidad	Kms 104000	98000
Tiempo del Aceite	Kms 8000	7300
Marca de Aceite	Chevron	Shell
Tipo de Aceite	RPM HDMO	Rimula R3X
Grado del Aceite	SAE 15W40	15W40
Aceite Agregado		
Filtro		
Cambio de Aceite	Cambiado	
N. ° de Orden		
<b>Metales (ppm)</b>		
Hierro (Fe)	7	11
Cromo (Cr)	1	<1
Plomo (Pb)	1	7
Cobre (Cu)	1	5
Estaño (Sn)	1	<1
Aluminio (Al)	3	3
Niquel (Ni)	<1	<1
Plata (Ag)	<1	<1
Titanio (Ti)	<1	<1
Vanadio (V)	<1	<1
<b>Pruebas Físicas</b>		
Viscosidad (cSt 100C)	14,1	13,5
% Combustible	<1	<1
Hollin (%)	0,5	0,2
SAE Rating Determination	40	40
<b>Contaminantes (ppm)</b>		
Silicio	8	4
Sodio (Na)	2	7
Potasio (K)	<5	10
Agua (%)	<0,05	<0,05
Refrigerante	No	No
<b>Aditivos (ppm)</b>		
Magnesio (Mg)	12	328
Calcio (Ca)	3331	2753
Bario (Ba)	<1	1
Fósforo (P)	1427	1272
Zinc (Zn)	1493	1345
Molibdeno (Mo)	<1	1
Boro (B)	<5	8
<b>Pruebas Físicas / Químicas</b>		
Número de Base (mgKOH/g)	9,0	8,2
		

Gráfico 6-5. Análisis de las partículas encontradas en aceite de Motor NPR Diesel de TRansMamonal.

Para efectos del mantenimiento predictivo recomendamos tomar las muestras cada 4000 Km con el fin de establecer las tendencias de las sustancias y partículas encontradas en las muestras.

Frecuencia de cambio de aceite de motor: 5000 km

Frecuencia de toma de muestra de aceite: 4000 después de cada cambio.

En lo posible también tomar muestras del aceite cuando se cambia, pero para saber cómo vienen moviéndose las variables es necesario saber desde cuándo va caminando las condiciones.

**Tabla 6-8.** Rutas de mantenimiento preventivo recomendado por la Chevrolet para busetas NPR Diesel, incluyendo precios de finales del 2010. El Anexo F, muestra todas las características de estos vehículos de acuerdo a los manuales suministrados por el fabricante.

RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
			5000 KM	10000 KM	15000 KM	20000 KM	25000 KM	30000 KM	35000 KM	40000 KM	
Cant.		Vr Unit.	NPR	NPR	NPR	NPR	NPR	NPR	NPR	NPR	NPR
<b>Repuesto</b>			\$ 157.000	\$ 181.000	\$ 157.000	\$ 223.000	\$ 282.000	\$ 223.000	\$ 157.000	\$ 556.700	
<b>Valor Mano de Obra</b>			\$ 0	\$ 150.800	\$ 83.200	\$ 15.800	\$ 83.200	\$ 156.000	\$ 83.200	\$ 197.600	
<b>Subtotal</b>			\$ 157.000	\$ 331.800	\$ 240.200	\$ 238.800	\$ 365.200	\$ 379.000	\$ 240.200	\$ 754.300	
<b>IVA 16%</b>			\$ 25.120	\$ 53.088	\$ 38.432	\$ 38.208	\$ 58.432	\$ 60.640	\$ 38.432	\$ 120.688	
<b>Total</b>			\$ 182.120	\$ 384.888	\$ 278.632	\$ 277.008	\$ 423.632	\$ 439.640	\$ 278.632	\$ 874.988	
<b>LABORES</b>											
<b>Aceite Motor</b>			Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar
<b>Filtro Aceite Principal</b>			Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar	Reemplazar
<b>Filtro de Combustible</b>			Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Reemplazar	Inspeccionar	Reemplazar	Inspeccionar	Reemplazar	Reemplazar
<b>Filtro Secundario Comb.</b>			Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Reemplazar	Inspeccionar	Reemplazar	Inspeccionar	Reemplazar	Reemplazar
<b>Elemento Filtro Aire</b>			Inspeccionar	Reemplazar	Inspeccionar	Reemplazar	Inspeccionar	Reemplazar	Inspeccionar	Reemplazar	Reemplazar
<b>Revision Fugas</b>			Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar
<b>Calibracion De Valvulas</b>			N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	Ajustar
<b>Tanque Combustible</b>			Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Lavar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar
<b>Presion Inyeccion Y Pulverizac.</b>			N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	Revisar
<b>Tiempo de Inyeccion</b>			N.A	N.A							Revisar
<b>Tensio Correa y Posible Daño</b>			Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar
<b>Mecanismo Control de Motor</b>			N.A	Lubricar	N.A	Lubricar	Lubricar	N.A	Lubricar	N.A	N.A
<b>Bomba de vacio</b>			N.A	Lubricar	N.A	Lubricar	Lubricar	N.A	Lubricar	N.A	N.A
<b>Refrigerante Radiador</b>			Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Reemplazar	Reemplazar
<b>EMBRAGUE</b>											

Liquido de Embrague y Freno				N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	Reemplazar
Funcionamiento del Embrague				Inspeccionar	Inspeccionar	Ajustar	Inspeccionar	Inspeccionar	N.A	Inspeccionar	Ajustar
Aceite de Transmision				Inspeccionar	N.A	Inspeccionar	N.A	N.A	N.A	N.A	Reemplazar
Mecanismo de Control Caja Vel				N.A	Inspeccionar	Lubricar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	
<b>TRANSMISION</b>											
Aceite Engranajes				Inspeccionar	N.A	Inspeccionar	Reemplazar	N.A	Inspeccionar	N.A	Reemplazar
<b>EJE PROPULSOR</b>											
Juntas Universales y Eje Desli				N.A	N.A	Lubricar	N.A	N.A	N.A	N.A	Lubricar
Conexiones Flojas				Inspeccionar	N.A	Inspeccionar	Inspeccionar	N.A	N.A	N.A	Inspeccionar
Ajuste De Rodamiento				N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	Inspeccionar
<b>DIRECCION</b>											
Liquido de Direccion Hidraulica				Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Reemplazar
Revision Fugas				Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar
Funcionamiento de la Direccion				N.A	N.A	Inspeccionar	N.A	N.A	N.A	N.A	Inspeccionar
Articulaciones de la Direccion				N.A	Lubricar	Lubricar	Lubricar	Lubricar	Lubricar	Lubricar	Lubricar
Radio de Giro Right & Left				N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	Inspeccionar	N.A	Inspeccionar
<b>FRENOS</b>											
Liquido De Frenos				Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Reemplazar
Funcionamiento Sis Frenos				Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar
Calibracion de Bandas				N.A	Ajustar	N.A	Ajustar	Ajustar	N.A	Ajustar	Inspeccionar
Desgaste o Daño del Trinquete				N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	Inspeccionar
Recorrido y Juego Libre Del Pedal				N.A	N.A	N.A	Inspeccionar	N.A	N.A	N.A	Inspeccionar
<b>SUSPENSION</b>											
Daño en Hojas de Resorte				N.A	N.A	N.A	Inspeccionar	N.A	N.A	N.A	Inspeccionar
Fijacion Y Daño en Resorte				N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	
Pasadores de Resortes				N.A	Lubricar	N.A	Lubricar	N.A	Lubricar	N.A	Lubricar
Fijacion Soportes Amortiguadores				N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	Inspeccionar
Grapas de Suspension				N.A	N.A	N.A	Inspeccionar	N.A	N.A	N.A	Torquear
<b>RUEDAS</b>											
Pasadores de Rueda				Inspeccionar	Torquear	Inspeccionar	Torquear	Torquear	Inspeccionar	Torquear	Torquear

Engrase del Tubo				N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	Lubricar
Presion de Llantas y Posible Daño				Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar	Inspeccionar
Rotacion de Llantas				N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	Rotar	N.A	N.A

0,86

	Cantidad NRP	Precios	Lista de Precios	NPR							
				5000 KM	10000 KM	15000 KM	20000 KM	25000 KM	30000 KM	35000 KM	40000 KM
<b>Aceite Motor</b>	10	\$ 11.000	\$ 11.000	\$ 110.000	\$ 110.000	\$ 110.000	\$ 110.000	\$ 110.000	\$ 110.000	\$ 110.000	\$ 110.000
<b>Filtro de Aceite</b>	1	\$ 29.000	\$ 29.000	\$ 29.000	\$ 29.000	\$ 29.000	\$ 29.000	\$ 29.000	\$ 29.000	\$ 29.000	\$ 29.000
<b>Filtro de Combustible Secundario</b>	2	\$ 12.000	\$ 12.000	N.A	N.A	N.A	\$ 24.000	N.A	\$ 24.000	N.A	\$ 24.000
<b>Filtro Combustible Principal</b>	1	\$ 18.000	\$ 18.000	N.A	N.A	N.A	\$ 18.000	N.A	\$ 18.000	N.A	\$ 18.000
<b>Filtro de Aire</b>	1	\$ 24.000	\$ 24.000	N.A	\$ 24.000	N.A	\$ 24.000	N.A	\$ 24.000	N.A	\$ 24.000
<b>Agua Bateria</b>	2	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 4.000	\$ 4.000	\$ 4.000	\$ 4.000	\$ 4.000	\$ 4.000	\$ 4.000	\$ 4.000
<b>Grasa XHP 222 Mobil</b>	1	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 14.000
<b>Aceite Hidraulico</b>	2	\$ 18.500	\$ 18.500	N.A	N.A	N.A	N.A		N.A	N.A	\$ 37.000
<b>Aceite de Caja</b>	4	\$ 11.000	\$ 11.000	N.A	N.A	N.A	N.A	\$ 44.000	N.A	N.A	\$ 44.000
<b>Aceite Diferencial</b>	6	\$ 13.500	\$ 13.500	N.A	N.A	N.A	N.A	\$ 81.000	N.A	N.A	\$ 81.000
<b>Refrigerante</b>	3	\$ 52.900	\$ 52.900	N.A	N.A	N.A	N.A		N.A	N.A	\$ 158.700
<b>Liquido De Frenos</b>	2	\$ 6.500	\$ 6.500	N.A	N.A	N.A	N.A		N.A	N.A	\$ 13.000
<b>Kit Correas</b>	1	\$ 63.204	\$ 63.204	N.A	N.A	N.A	N.A		N.A	N.A	
<b>Subtotal Revision</b>				\$ 157.000	\$ 181.000	\$ 157.000	\$ 223.000	\$ 282.000	\$ 223.000	\$ 157.000	\$ 556.700



## 6.5 PICTOGRAMA DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN CON ACEITE

Las imágenes nos permiten ilustrar de forma didáctica los procesos o recomendaciones, por ello hemos elaborado el siguiente pictograma donde se ilustran los puntos de lubricación principales en una buseta NPR Diesel de TransMamonal Ltda.

### Diferencial

Tipo de aceite: SAE 140  
Frecuencia de cambio:  
25000 KM  
Cantidad: 6 GL  
**M. Preventivo**

### Caja de Cambios

Tipo de aceite: SAE 140  
Frecuencia de cambio:  
25000 KM  
Cantidad: 4 GL  
**M. Preventivo**



### Motor

Tipo de aceite: 15W40  
Frecuencia de cambio:  
5000 KM  
Cantidad: 10 GL  
Muestra: 4000 KM  
**M. Predictivo**

### Dirección

Tipo de aceite: SAE 50  
Frecuencia de cambio:  
40000 KM  
Cantidad: 2 GL  
**M. Preventivo**



## 7 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA TÉCNICA DE TERMOGRAFÍA SU APLICACIÓN A LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

Se puede definir la termografía como la ciencia dedicada a la medición y detección de temperaturas radiada por fenómenos de la superficie de la tierra. Una termografía es una técnica de producir una imagen visible de luz infrarroja, la cual es emitida por objetos a su condición térmica. La figura 7-1 muestra el espectro electromagnético y la ubicación de objetos que pueden percibir.

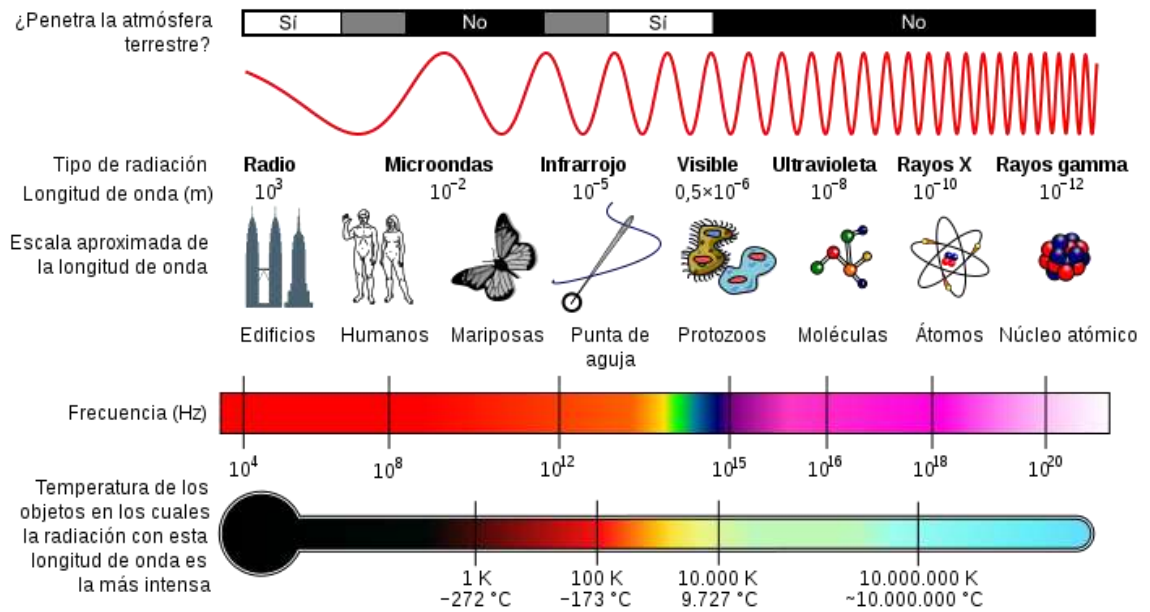


Figura 7-1 Espectros de frecuencia de la luz. Tomada de <http://www.nivelatermografia.net/8-conceptos-basicos-sobre-termografia>

Para realizar las ediciones es necesario implementar un instrumento conocido con el nombre de cámara termográfica. Este instrumento produce una imagen en tiempo real del objeto en cuestión (donde se visualiza la fotografía de la temperatura de la radiación). Las cámaras miden la temperatura de cualquier objeto o superficie de la imagen y producen una imagen con colores que interpretan el diseño térmico con facilidad. Una imagen producida por una cámara infrarroja es llamada: Termografía o Termograma.

Como se aplica la termografía: Para realizar una correcta termografía se debe tener en cuenta las condiciones ambientales a las se encuentra expuesto nuestro objeto de análisis. La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión. La Física permite convertir las mediciones de la radiación infrarroja en medición de temperatura, esto se logra midiendo la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.

La radiación infrarroja es la señal de entrada que la cámara termográfica necesita para generar una imagen de un espectro de colores, en el que cada uno de los colores, según una escala determinada, significa una temperatura distinta, de manera que la temperatura medida más elevada aparece en color blanco.



Figura 7-2 Imagen normal. Tomada de <http://www.actiweb.es/acim/pagina4.html>

Se observa que los relés se encuentran a una temperatura cercana a la reglamentaria (90°C) debido a la masificación (o poca separación) y a la mala ventilación del envoltente.

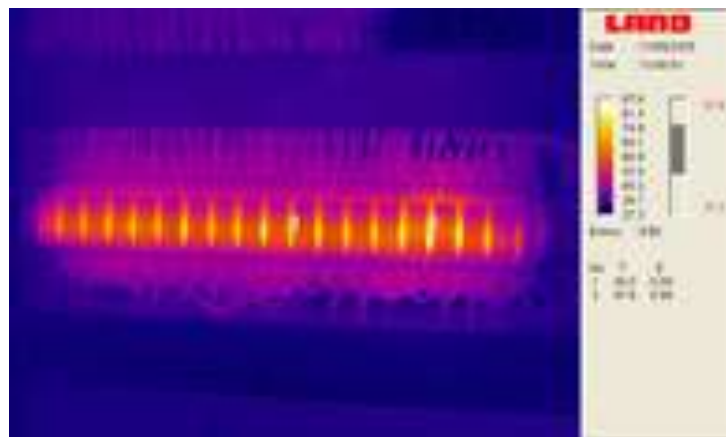


Figura 7-3. Vistas por infrarrojo <http://plantaselectricas.wordpress.com/page/2/>

La temperatura de funcionamiento de los relés es normalmente elevada, por eso se recomienda la separación entre ellos y tener una correcta ventilación del envoltente para que no se produzcan temperaturas tan elevadas. Verificar posteriormente mediante una termografía.

Frecuencia de toma de termografía

Las muestras que se van a tomar es cada 4 meses. La persona especialista va a realizar esta toma es inicialmente a 6 buses y después a los 2 meses siguientes va a tomar a los otros 6 buses restantes. Estas tomas las vamos a realizarla intercaladamente, es decir cada toma se hace primero antes de realizar el mantenimiento preventivo y la próxima vez después de realizado el mantenimiento preventivo. En total se van a realizar 3 veces en el año, para poder establecer una tendencia de cómo está evolucionando el motor y determinar que partes ya no tienen el mismo rendimiento.

En el gráfico 7 observaremos una explicación grafica que nos muestra una manera más sencilla de entender este fenómeno

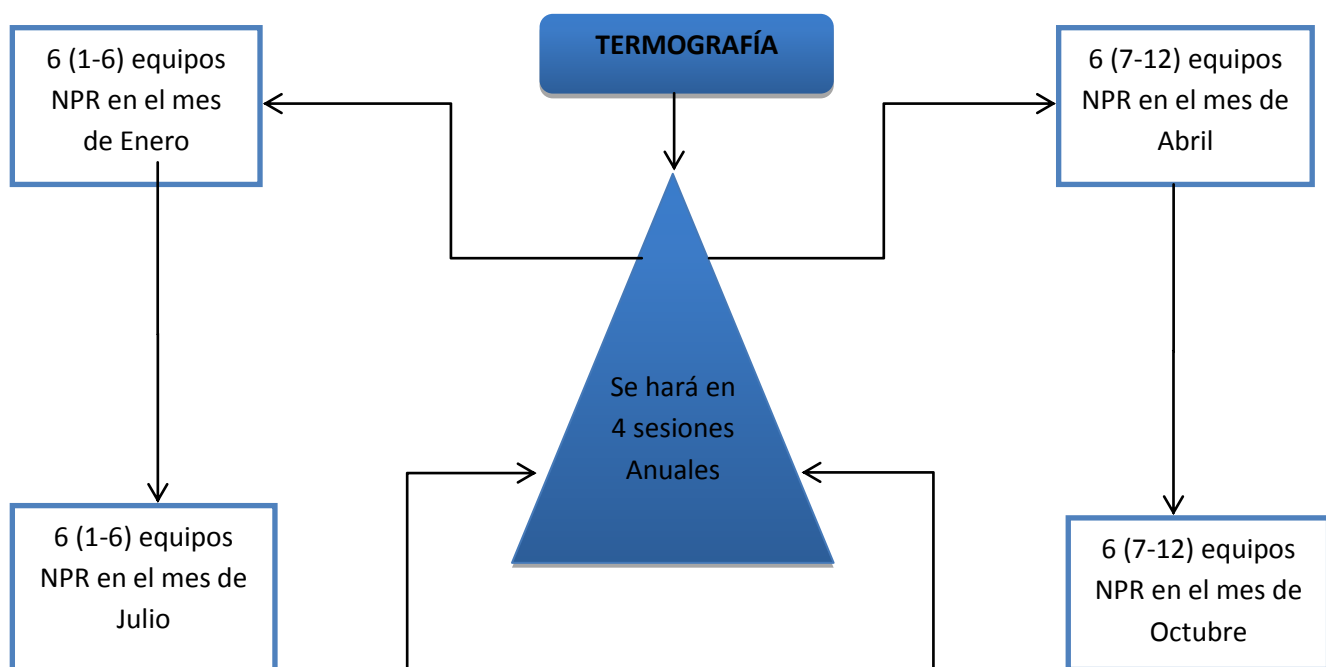


Gráfico 7. Esquema de mantenimiento propuesto a realizar.

### Comentario

Al tomar la fotografía con la cámara termografica debe tener mínimo 2 horas de operación el motor. Todas las tomas debe ser antes y después de realizar el mantenimiento preventivo.

## 7.1 Estudio por termografía a NPR Diesel de TransMamonal Ltda.

A continuación mostraremos un estudio realizado por la Universidad Tecnológica de Bolívar para la empresa TransMamonal Ltda.



### UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Programa Ing. Mecánica y Mecatrónica  
Tertera: Km 1 vía Turbaco

# ESTUDIO POR TERMOGRAFÍA

---

*Motor NPR DIESEL*

---



*Preparado para:*

**TRANSMAMONAL**

Libano CI 31 A 48C-71 L-6 Av Pedro de Heredia

## Recursos e Instrumentación

La instrumentación empleada para la ejecución de la evaluación termográfica con sus especificaciones técnicas se relacionan a continuación:

**Tabla 1. Equipos de medición empleados**

<b>Equipo</b>	<b>Variable medida</b>
Cámara Termográfica	Imágenes infrarrojas para medición de temperaturas superficial
Termo-Anemómetro	Velocidad de aire
Termo-higrómetro	Temperatura, humedad

### Especificaciones de cada equipo empleado

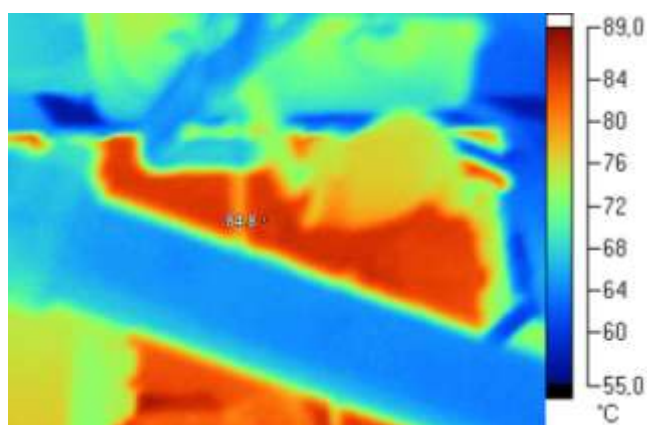


Figura 1. Cámara Termográfica FLUKE modelo Ti10

2 *Tabla 2. Especificaciones técnicas Cámara Termográfica FLUKE modelo Ti10*

<b>Temperatura</b>	Rango de medida de la temperatura	-20 °C a +350 °C (dos rangos)
	(sin calibrar por debajo de -10 °C)	
	Precisión	± 2 °C o 2% (la mayor de ambas)
	Corrección de emisividad en pantalla	Sí
<b>Características del detector</b>	Campo de visión	23° x 17°
	Campo de visión instantáneo (IFOV)	2,5 mrad

Distancia focal mínima	Lentes térmicas: 15 cm (6 pulg.) Lentes de imagen visible: 46 cm (18 pulg.)
Enfoque	Manual
Frecuencia de imagen	Velocidad de actualización de 9 Hz
Tipo de detector	Matriz de plano focal de 160 x 120 con microbolómetro no refrigerado
Lentes de tipo infrarrojo	Lentes 20 mm F = 0,8
Sensibilidad térmica (NETD)	≤0,1 °C a 30 °C (100 mK)
Banda espectral infrarroja	7,5 μm a 14 μm
Cámara luz visible	640 x 480 de resolución



IR005930.IS2



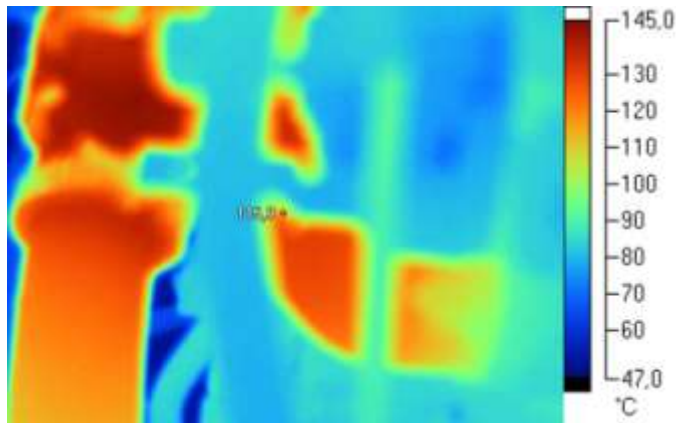
Imagen con luz visible

### Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Motor NPR	84,8°C	0,95	22,0°C

### Información de la imagen

	IR005930.IS2
Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Rango de temperatura de la imagen	56,8°C a 87,6°C



IR005931.IS2



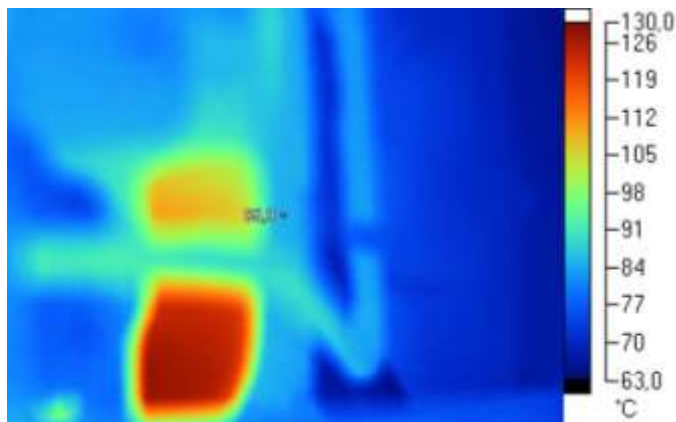
Imagen con luz visible

### Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	115,3°C	0,95	22,0°C

### Información de la imagen

	IR005931.IS2
Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Rango de temperatura de la imagen	48,5°C a 143,9°C



IR005935.IS2



Imagen con luz visible

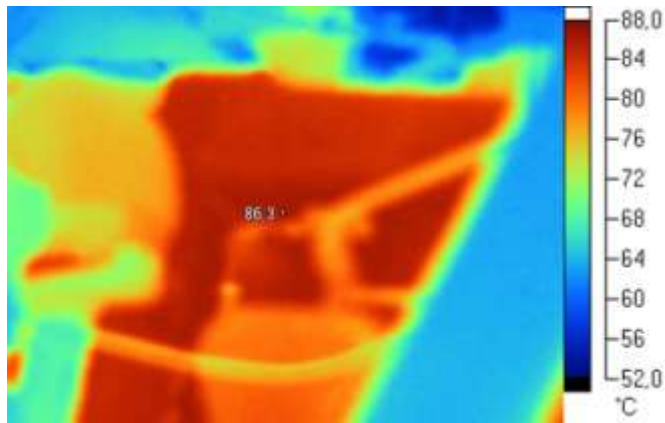
### Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	85,3°C	0,95	22,0°C

### Información de la imagen

	IR005935.IS2
Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Rango de temperatura de la imagen	64,0°C a ~128,4°C





IR005936.IS2



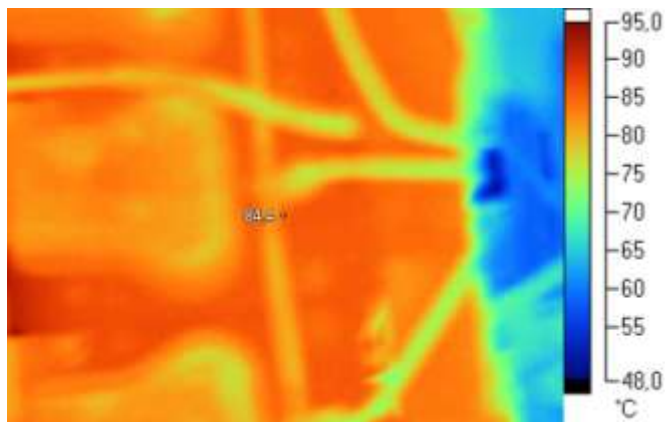
Imagen con luz visible

### Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	86,3°C	0,95	22,0°C

### Información de la imagen

	IR005936.IS2
Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Rango de temperatura de la imagen	53,6°C a 86,6°C



IR005937.IS2



Imagen con luz visible

### Marcadores de la imagen principal

Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Punto central	84,4°C	0,95	22,0°C

### Información de la imagen

	IR005937.IS2
Temperatura de fondo	22,0°C
Emisividad	0,95
Rango de temperatura de la imagen	49,8°C a 93,5°C



**Nota:** El estudio termográfico se realizó a las 12:00 pm, la cual es una hora crítica, debido a las condiciones de operación y a las condiciones ambientales a las que se encuentra sometido el bus. El bus había estado funcionando 6 horas de trabajo.

Las zonas donde se registran altas temperaturas, son las que se encuentran localizadas alrededor del bloque del motor y encima del árbol de levas.

## 7.2 Detección de fallas e inspección de componentes.

Por medio de la toma de imágenes podemos establecer y predecir fallas, lo que nos ahorra costos por reparaciones correctivas y posibles accidentes. Los análisis de termografía deben ser realizados por personal experto y su estudio arrojará resultados comparativos de imágenes previas o relacionadas con los valores normales en las temperaturas de los componentes o equipos a los cuales se les esté realizando la toma termográfica.

La figura 7-4 muestra una fotografía de un motor encendido, que es nuestro equipo crítico, podemos ver que las temperaturas que alcanzan son altas y la distribución de ellas.

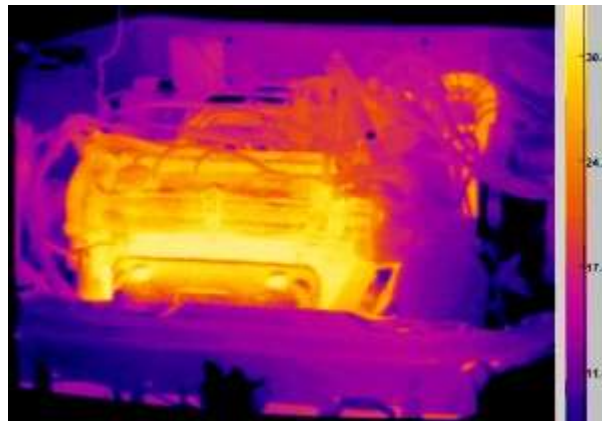


Figura 7-4. Imagen con cámara termográfica de un motor encendido. Tomada de <http://www.infoepi.es/t/Ingenier%C3%ADa/5.aspx>

La imagen térmica con infrarrojos demuestra como el interior de un motor es un auténtico "infierno" de calor. Solo una parte de esta energía se extrae como energía mecánica, siendo necesario "bombear" fuera todo el calor restante, so pena de destruir el motor en pocos minutos. Es por eso la importancia de los sistemas de refrigeración.

También es útil para el diseño saber cuáles son los materiales más críticos en cuanto a desgaste y por consiguiente a temperaturas altas, ya que la fricción

genera también pérdida de energía y está se representa en aumentos de temperatura en las piezas involucradas. Aquí podemos observar que la termografía y el análisis de aceites son técnicos que se pueden complementar y en conjunto brindar mayor confiabilidad de los activos que se dispongan.

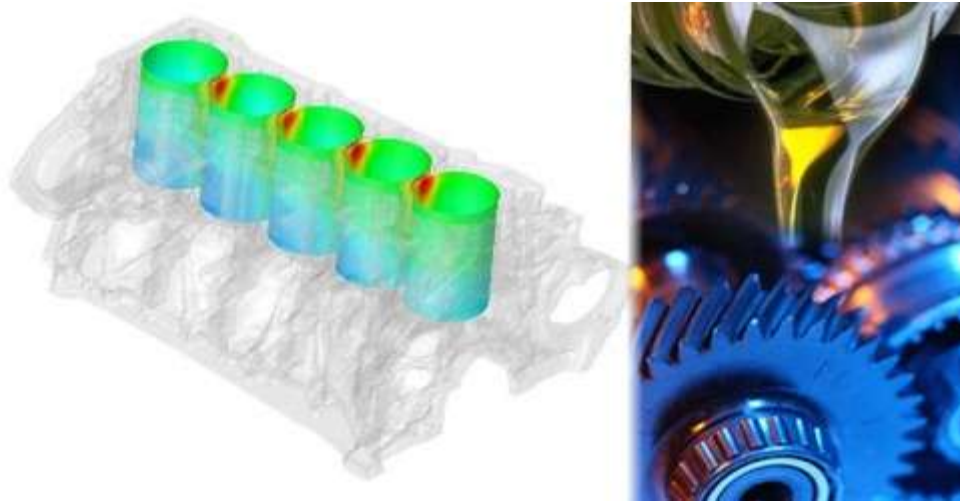


Figura 7-5. Puntos de máximo esfuerzo en las camisas de los pistones.  
[http://www.electrophysics.com/thermographic\\_camera.html](http://www.electrophysics.com/thermographic_camera.html)

La termografía también es útil para detectar fallas en tuberías, es por ello que su empleo en los sistemas de transporte va tomando auge, ya que los lubricantes, combustibles y refrigerantes necesitan medios para transportarse de un lugar a otro, y utilizan sistemas de tuberías para hacerlo.

Estas fallas a menudo son sedimentación, aglomeración de componentes en las paredes, aumento de los espesores de estas, tuberías tapadas.



Figura-7-6. Tuberías en general. Tomada de <http://www.serivenca.com.ve/servicios.html>

La detección de fallas específicas ahorra tiempos en reparación, para determinar la falla de los inyectores y saber cual está fallando se deben revisar uno a uno, por medio de toma de imágenes termográficas se establece cual es el inyector que está en mal funcionamiento. La figura 7-7 nos ilustra un inyector que no está funcionando, podemos observar la imagen normal y aparentemente los tres están en las mismas condiciones, la imagen tomada con uan cámara termográfica nos muestra que el inyector 3 presenta baja temperatura.

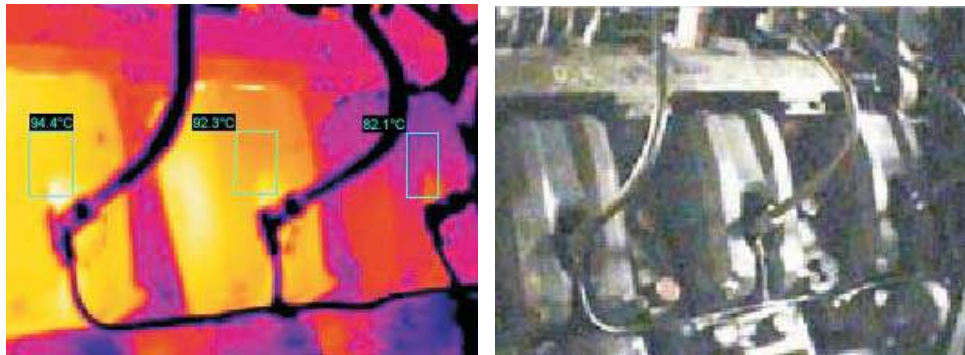


Figura 7-7. Motor diesel con problemas en uno de los inyectores

También se puede establecer por esta técnica problemas en los acoples. Como se ilustra en la figura 7-8.

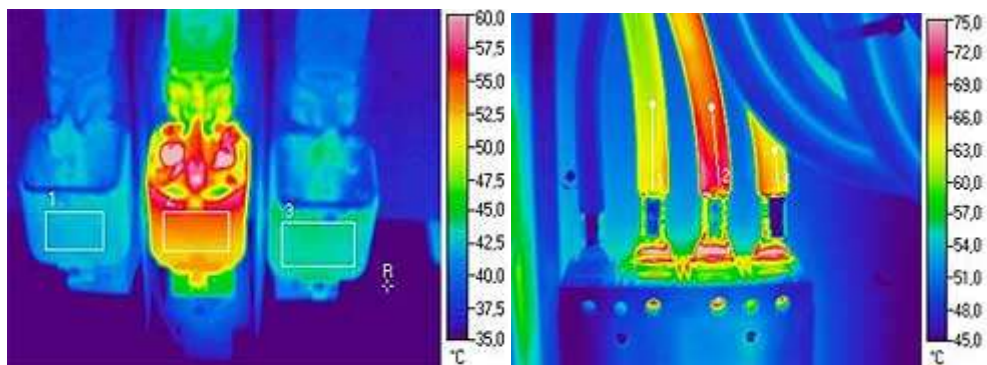


Figura 7-8. Problemas en acoples. Tomado de <http://tgi-tema.wikispaces.com/>

## 8 UNA MIRADA A LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

A nivel empresarial, lo importante es buscar resultados económicos, que a su vez respalden una excelente calidad del producto final que ofrece. La empresa TransMamonal Ltda es una empresa que se dedica al transporte de personas por lo que la seguridad de estos es primordial sin dejar de lado la optimización y aprovechamiento de los recursos económicos que posee para brindar este servicio.

La empresa actualmente realiza en conjunto con un mecánico de planta, el mantenimiento preventivo recomendado por la multinacional Chevrolet de la cual son originarios todos los vehículos de la flota, incluyendo los seleccionados como nuestros equipos críticos.

Al ser nuestros equipos críticos, relativamente, nuevos, las fallas presentadas son correctivos sencillos, por lo que la comparación económica la enfocaremos a la probabilidad de si sucede la falla, las implicaciones por lucro cesante que representa a la empresa, la afección en términos de cumplimiento y los costos de las reparaciones.

Primeramente, expondremos los costos de los insumos que con mayor frecuencia se han realizado durante el año 2010, referentes a los mantenimientos preventivos y correctivos.

En la tabla 8-1 se relacionan los insumos que más se utilizan, por consiguiente están asociados a las fallas más comunes.

**Tabla 8-1.** Insumos que se utilizan con frecuencia en las labores de manteniendo preventivo y correctivo de TransMamonal.

Detalle	Presentación	Precio
Aceite Rimula R2 50 motor	1 galón	\$ 63,000
Bombillo halógeno 12 volt	Unidad	\$ 5,000
Agua de batería	Unidad	\$ 2,000
Llanta TH 90x20 completas	Unidad	\$ 634,900
Neumático nacional 900x20	Unidad	\$ 54,000
Aceite Thuban SAE 140 transmisión y caja	Unidad	\$ 39,995
Batería 4D 12 V	Unidad	\$ 380,631
Balineras de puente NPR	Unidad	\$ 17,000
Borne de Batería tipo pesado	Unidad	\$ 5,000
Protector de llanta	Unidad	\$ 24,000
Aceite 15W40	5 galones	\$ 250,880
Caucho de puente ciclo	Unidad	\$ 18,000
Pito 12 V	Unidad	\$ 24,000
Booster freno de NPR	Unidad	\$ 474,137

Aceite hidráulico HIDRA	1 galón	\$ 20,000
Grasa multipropósito Texaco	35 lb	\$ 51,750
Líquido freno	Unidad	\$ 9,051
Galleta tipo 12	Unidad	\$ 8,000
Plumilla limpia vidrio	Unidad	\$ 15,000
Tapa de combustible	Unidad	\$ 16,000
Tapa radiador	Unidad	\$ 14,000
Swich Cambio de luces	Unidad	\$ 6,000
Flash de direccionales 12 volt	Unidad	\$ 13,000
Bobina de 12 volt	Unidad	\$ 40,000
Retenedor de la caja motor B-60	Unidad	\$ 15,000
Swich de encendido	Unidad	\$ 30,000
Bornes sencillo	Unidad	\$ 5,500
Bombillo delantero 12 volt	Unidad	\$ 700
Correa Dayco 17645	Unidad	\$ 28,000
Correa Dayco 17290	Unidad	\$ 15,000

Como se observa en la tabla anterior, los costos en mantenimiento por ser equipos relativamente nuevos son fallas pequeñas que se deben corregir por situaciones de seguridad debido a las normas de carretera y transporte de pasajeros. En la tabla 8-2, mostramos las fallas que se presentan en la flota de 12 busetas NPR diesel para el periodo de 12 meses (enero del 2010 a diciembre del mismo año). La toma de estos datos se hizo por las facturas que el personal de contabilidad nos proporcionó, las fallas están generalizadas para todos los equipos por lo que en cuestión de probabilidad la muestra es de 12. Y También hay anotar que están incluidas las fallas de mantenimiento preventivo no programado, como el que presenta mayor frecuencia que es el de los frenos, pero no tienen establecido las frecuencias, también se observó en los datos que hay busetas a las cuales en un año no se le había realizado y a otras que en año se le había realizado aproximadamente cuatro mantenimientos al sistema de frenos.

La tabla 8-2 relaciona las frecuencias de fallas en el año para una muestra de 12 busetas NPR de TransMamonal Ltda.

**Tabla 8-2** Fallas y frecuencias en un año de busetas NPR Diesel de TrasnMamonal Ltda.

Frecuencia/ año	Falla	Costo
20	MANTENIMIENTO SISTEMA DE FRENOS	\$ 40,000
11	ARREGLO DE LLANTA	\$ 15,000
10	ARREGLO DE LUCES DELANTERAS	\$ 30,000
9	ARREGLO DE LUCES EXTERNAS	\$ 15,000
8	ARREGLO DE LUCES INTERNAS	\$ 15,000
7	AJUSTE SISTEMA DE SISTEMA DE COMBUSTIBLE	\$ 25,000
7	ARREGLO TANQUE DE COMBUSTIBLE	\$ 50,000
7	REEMPLAZO DISCO DE CLUTCH	\$ 420,000
4	ARREGLO SISTEMA DE DIRECCION	\$ 45,000
4	MANTENIMIENTO DE CARROCERIA	\$ 25,000
3	ARREGLO GATO DE PUERTA	\$ 15,000
3	ARREGLO LIMPIAVIDRIOS	\$ 30,000
3	CAMBIO DE BATERIA 30H	\$ 560,164
3	MANTENIMIENTO SISTEMA DE EMBRAGUE	\$ 265,000
2	ALINEACION	\$ 25,000
2	MANTENIMIENTO AIRE ACONDICIONADO	\$ 80,000
2	REEMPLAZO DE BANDAS TRASERAS Y DELANTERAS	\$ 205,000
1	ARREGLO DE BOBINA ELECTICA	\$ 25,000
1	ARREGLO DE CONCENTRADOR DE AIRE	\$ 30,000
1	RESORTES DE ZAPATAS	\$ 8,000

### **Clasificación de los beneficios esperados**

Para realizar una evaluación económica hay que tener en cuenta muchos aspectos, que integren los costos de operación, de material, de mano de obra de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, así como insumos y la administración de los bienes.

Estos aspectos los podemos agrupar por dos grandes rasgos, los que generan beneficios tangibles y los que generan beneficios intangibles.

### **Beneficios tangibles**

Los beneficios tangibles son aquellos que pueden estimarse como una disminución o un aumento en un tema en específico, es decir que pueda cuantificarse, disminución de consumo de combustible, aumento del tiempo entre fallas, entre otros.

Podemos observar que las gráficas anteriores nos muestran frecuencias de fallas, bajas y costos bajos, considerando que el total de esas fallas es para 12

equipos, por lo que en la mayoría de los casos los equipos o no cuentan con esas fallas en un año o solo representa una vez.

Teniendo en cuenta lo relacionado en el capítulo 4, donde una falla de motor alcanza un valor de más de 2 millones, tomando como reparaciones y según datos consultados en las empresas fabricantes y distribuidores autorizados, como Chevroler, VehiDiesel los costos de un motor NPR nuevo están alrededor de los 18 millones de pesos, falla que solo con tener frecuencia aproximada de una vez cada 5 años, es decir 0.2 cada año, ocasiona pérdidas económicas mayores que las fallas mencionadas en la tabla anterior, que tienen frecuencias mayores.

Es por ello que el monitoreo del motor, principalmente como componente crítico, es de vital importancia, lo que hace que las tecnologías de análisis de aceites y termografía sean muy útiles.

### **Costos de las tecnologías de mantenimiento predictivo**

**Termografía:** Teniendo en cuenta que las fallas en los motores se producen aproximadamente cada 5 años, podemos realizar monitoreo 2 veces al año por termografía, lo cual nos generará una secuencia de imágenes termográficas que nos ilustraran, y a la explicación de expertos, las condiciones de este componente en el tiempo, sin necesidad de realizar intervenciones que duran entre 2 y 3 días.

De las consultas realizadas vía telefónica a empresas<sup>13</sup> que prestan el servicio de análisis por termografía, en promedio se están manejando un costo de COP 200.000 (doscientos mil pesos) por equipo inspeccionado y entrega de informe de resultados.

**Análisis de aceites:** El análisis de aceite es una técnica relativamente costosa, si necesitamos los laboratorios para realizar las pruebas, así como el personal capacitado para estas. Actualmente, las empresas líderes en lubricantes prestan este servicio gratuito a sus clientes, por lo que esta técnica es una excelente opción para encaminarse a los lineamientos de mantenimiento predictivo en flotas de buses, incluso en empresas pequeñas. Los costos asociados están relacionados con capacitaciones en la interpretación de los resultados de los análisis, para entender posibles causas y descartar aparentes fallas.

El uso de estas dos técnicas estará representado en la detección de fallas tempranas, que tienen como consecuencia mayor disponibilidad de los activos, menos costos de reparación, en resumen mayores resultados en términos económicos.

---

<sup>13</sup> Empresas consultadas: Spectrum, Mantenimiento Integral de Colombia Ltda. S &S Supplier and Services . IDEA Soluciones.

## **Beneficios intangibles**

Los beneficios intangibles son aquellos que están ligados a los resultados de la implementación de tecnologías de mantenimiento predictivo en el mantenimiento de la flota de las 12 Busetas NPR Diesel, de TransMamonal Ltda, estas dependen de las apreciaciones subjetivas que genere.

El uso de las tecnologías de mantenimiento predictivo, análisis de aceites y estudio por termografía traerá inherente:

-Incremento en la seguridad de los pasajeros: Esta se dará en la medida que los paros del equipo sean programadas y no ocasionadas por fallas inesperadas en los componentes del equipo, que causen inconformidad en el transcurso de la ruta o la no llegada al destino especificado.

-Mejora del nivel operacional: Lograr una excelente programación distención al personal, crear un ambiente conjunto que se preocupe por el mantenimiento mantendrá a la parte operativa involucrada y pendiente de las variables y condiciones para detectar fallas acompañadas del programa de mantenimiento predictivo que este implementado.

- Mantenimiento del Activo: Mejorar el sistema de control en la comprensión de la información adecuada, se puede tener en cuenta los comportamientos de las fallas, basados en historiales, lo que permite detectar fallas tempranas y ahorros en actividades de emergencia de alto costo.

- Distribución de tareas: Tener tareas claras hace que la distribución del personal para mantenimientos sea más ordenada y optimizada. Ahorrando tiempo.

-Información en tiempo real: Esta es una de las ayudas más importante, ya que permite detectar a tiempo y realizar seguimiento de las fallas, contar con registros y tendencias de los historiales generados permite tomar mejores decisiones, tanto operativas, de manteniendo y acciones correctivas.



## **9 DOCUMENTOS DE CONTROL PARA EQUIPOS**

### **9.1 Elaboración de hojas de vida de equipos**

La hoja de vida de los equipos se convierte en un instrumento estadístico muy importante y que permite establecer frecuencias de fallas y tiempo de disponibilidad de los equipos, no basados en datos generalizados de los equipos similares sino de dicho equipo en particular.

#### **Actividades a realizar con los datos obtenidos en la hoja de vida de los equipos**

Establecer frecuencias de fallas: Esto se realiza tomando las fallas y el número de veces que se repiten en un periodo de tiempo, el cual puede ser trimestral o semestral. Con el tiempo estos registros sirven para anticiparse a posibles fallas en los componentes.

Determinar costos de mantenimiento: Sumar los costos asociados a mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo por vehículo en periodos que mensuales frente a los Km recorridos y compararlos con el mes anterior. Anotar en informes discrepancias entre los datos e investigar posibles causas. Con este análisis se obtiene una meta que en conjunto se debe ir trabajando para que se mantenga o disminuya de acuerdo a todas las condiciones del equipo, edad, implementación de nuevas tecnologías, cambio de subsistemas entre otros.

A continuación indicaremos los datos básicos que debe llevar una hoja de vida de un vehículo para transporte de pasajeros y las necesidades de la empresa.

**Tabla 9-1** Formato hoja de Vida de Equipos

		<b>HOJA DE VIDA DE ACTIVOS</b>		V:0
				FI:
<b>NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA:</b>				
<b>CÓDIGO:</b>	<b>MARCA:</b>	<b>MODELO:</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	<b>POTENCIA:</b>	<b>N° DE SERIE:</b>		
<b>KW DE FUNCIONAMIENTO:</b>	<b>REFERENCIA:</b>			
<b>CUENTA CON MANUAL:</b>	Si			
<b>DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO NECESARIO</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>		<b>PERIODICIDAD</b>		<b>MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO NECESARIO</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>		<b>PERIODICIDAD</b>		<b>MATERIALES A UTILIZAR</b>
<b>HISTORIAL DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS REALIZADOS</b>				
<b>DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO</b>		<b>AVERÍA O DAÑO ENCONTRADO</b>		<b>REPUESTOS</b>
<b>DIAGNÓSTICO DE INVENTARIO SEMESTRAL</b>				
<b>FECHA</b>	<b>OBSERVACIONES SOBRE EL ESTADO DE LA MAQUINARIA O EQUIPO</b>			







## CONCLUSIONES

El análisis de aceites es una técnica bastante sencilla que no ocasiona mayores costos, pero hemos observado que es subutilizada, las pequeñas empresas en el afán de no llenarse de más procesos o tener que contratar personal adicional, no usan ni aprovechan esta técnica muy valiosa para prevenir fallas.

Para que un estudio de análisis de aceites sea provechoso, este debe ser analizado y se requiere de un muestreo consistente, para convertir la información en tendencias que nos permitan anticiparnos a las fallas.

El uso de termografía permite visualizar las fallas o el avance de estas, de una manera clara, no obstante esta debe realizarse por personal capacitado.

Este estudio permite que TransMamonal Ltda. se dé cuenta de lo importante que es llevar registros de cada equipo, como sus hojas de vida y saber qué utilidad genera cada uno de ellos. Permitiendo que se puedan realizar comparaciones de costos.

Es posible aplicar tecnologías de mantenimiento predictivo en pequeñas empresas, ya que en la actualidad los costos de estas no son tan excesivos, como los análisis de aceites, y respecto a termográfica los costos pueden ser bajos dependiendo de la frecuencia de monitoreo que se establezca.

El monitoreo de equipos críticos genera inversión a mediano o corto plazo pero acarrea múltiples beneficios a largo plazo. Como son confiabilidad en los equipos y disminución de costos.

El buen mantenimiento genera confiabilidad en la empresa, al detectar errores y trabajar sobre ellos e crea un estado de trabajo en grupo enfocados al bien del activo y de la empresa en general.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/12predic.asp>
- ✓ Notas de clases, Asignatura Maquinas Térmicas
- ✓ Anotaciones y material bibliográfico, Minor en mantenimiento industrial
- ✓ [http://es.wikipedia.org/wiki/Carretilla\\_elevadora](http://es.wikipedia.org/wiki/Carretilla_elevadora)
- ✓ <http://www.sabelotodo.org/automovil/bombainyeccion.html>
- ✓ [http://www.solomantenimiento.com/m\\_predictivo.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm)
- ✓ <http://webdelautomovil.com/2007/09/el-motor-diesel-12>
- ✓ [http://www.solomantenimiento.com/m\\_predictivo.htm](http://www.solomantenimiento.com/m_predictivo.htm)
- ✓ <http://www.nivelatermografia.net/8-conceptos-basicos-sobre-termografia>

# ANEXOS



**ANEXO A. Formato de solicitud de servicio para análisis de aceite de TERPEL**

	<b>SOLICITUD DE SERVICIO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO</b>		
	PN.LO.PR.EQ.F.30.COL – Inspección de Calidad		Versión: <b>2</b> Fecha: <b>9 de junio de 2009</b>

**INFORMACION GENERAL** FECHA RECIBIDO LABORATORIO: \_\_\_\_\_

**REGIONAL CARTAGENA DISTRIBUIDOR VICPIMAR CLIENTE:**

Atendido por: **HUGO MARTINEZ MONTIEL** Dirección, Fax, E mail [VICPIMARCOMERCIAL@DETECSA.NET](mailto:VICPIMARCOMERCIAL@DETECSA.NET)

FECHA TOMA DE MUESTRA: Día\_Mes\_Año 2011 Identificación de La muestra: \_\_\_\_\_ Codificación TERPEL: \_\_\_\_\_

**IMPORTANTE: FAVOR diligenciar muy detenidamente la información solicitada para obtener el mejor servicio**

**REGISTRE LA INFORMACIÓN DEL EQUIPO A ANALIZAR**

<b>EQUIPO</b>	<b>MARCA</b> del equipo		Serie del Equipo	Modelo
<b>PARTE LUBRICADA</b>	<b>MARCA</b> de la Parte lubricada		Serie	Numero interno o Placa
Tiempo servicio del equipo	Potencia	Velocidad	Relación, reductores n:	Combustible ACPM

**REGISTRE LA INFORMACIÓN DEL ACEITE**

<b>ACEITE:</b> Marca y especificación: <b>TEXACO URSA TD SAE 15W40 CI4</b>		Tiempo de uso del aceite: _____ Kms _____ días, _____ horas, _____ meses, _____ años		Rellenos
Volumen de aceite	Temperatura	Presión	Frecuencia de cambio	Filtro; Marca, micronaje

Escriba a continuación sus observaciones sobre el equipo, el aceite y el motivo por el cual requiere el servicio

**PRUEBAS REQUERIDAS Y RESULTADOS**


*Uso exclusivo del Departamento Técnico de TERPEL*

Viscosidad, cSt a 100°C ASTM D 445	Viscosidad, cSt a 40°C ASTM D 445	Indice Viscosidad ASTM D 2270	TBN mg KOH/gr ASTM D 2894	TAN mg KOH/gr ASTM D 664			
Punto inflamación °C ASTM D 92	Karl Fisher, %V ASTM D 4377	Humedad en la Plancha, 4.10.NP14	Caract Emulsión ASTM D 1401				
Eprobación Epoxima ASTM D 892	Corrosión Lamina Cu, ASTM D 130		RMOT, Minutos ASTM D 2272	Sedimentos %V 4.10MP15			
Metales Emisión atómica, ppm	Al:	Cr:	Cu:	Fe:	Pb:	Sn:	Si:
Análisis infrarojo	Hollin, abs/0.1mm	Oxidación, abs/0.1 mm	Inhibición, abs/0.1 mm	Sulfonación, abs/0.1 mm		Combustible % peso	
	Agua, % peso	Glycol, % peso	ZnDTP, abs/0.1mm				

Comentarios: **SE CAMBIO EMPAQUE DE CULATA HACE MES Y MEDIO. SE HACE LA MUESTRA PARA CAMBIAR AL CLIENTE DE MARCA ES POTENCIAL ESTE CLIENTE.**

Técnico Lab. \_\_\_\_\_ **ANALISTA ACEITES USADOS:** \_\_\_\_\_ Fecha reporte Infor: \_\_\_\_\_ Fecha reporte Lab. \_\_\_\_\_

**ANEXO B. Formato de solicitud de servicio para análisis de aceite MOBIL**



ANEXO

**SOLICITUD DE ANALISIS Y REPORTE DEL LABORATORIO**

DISTRITO \_\_\_\_\_ FECHA: DIA \_\_\_\_\_ MES \_\_\_\_\_ AÑO \_\_\_\_\_ SOLICITUD No. \_\_\_\_\_

**A. INFORMACION DE LA MUESTRA**

CLIENTE \_\_\_\_\_ DIRECCION \_\_\_\_\_

TIPO ANALISIS:  CHEQUEO DE RUTINA  INVESTIGACION  RECLAMO

OBJETO: \_\_\_\_\_

LUBRICANTE \_\_\_\_\_  USADO  NUEVO LOTE \_\_\_\_\_

COMBUSTIBLE:  GASOLINA  DIESEL OTRO  \_\_\_\_\_

MUESTRA TOMADA DE: \_\_\_\_\_ FECHA MUESTREO: DIA \_\_\_\_\_ MES \_\_\_\_\_ AÑO \_\_\_\_\_

EQUIPO \_\_\_\_\_ MARCA \_\_\_\_\_ MODELO \_\_\_\_\_

PARTE \_\_\_\_\_ MARCA \_\_\_\_\_ MODELO \_\_\_\_\_

TIEMPO DE SERVICIO: EQUIPO \_\_\_\_\_ ACEITE \_\_\_\_\_ FILTRO \_\_\_\_\_

INFORMACION ADICIONAL

\_\_\_\_\_


\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**B. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DEL LABORATORIO**

ENSAYO	METODO	RESULTADO	ENSAYO	METODO	RESULTADO
APARENCIA	VISUAL		ANALISIS INFRAROJO	M-1067	
AGUA (% VOL.)	D-95		OXIDACION S & B M (A/CM)		
COLOR VISUAL/ASTM	D-1500				
VISCOSIDAD A 40°C (CST)	D-446				
VISCOSIDAD A 100°C (CST)	D-446				
INDICE DE VISCOSIDAD	D-2270		METALES DE DESGASTE	M-1011	
PUNTO DE INFLAMACION (°C)	D-92		HIERRO (PPM)		
PUNTO DE FLUIDEZ (°C)	D-97		CROMO (PPM)		
TBN ( ) TAN ( )			PLOMO (PPM)		
INSOLUBLES EN MICRAS (% PESO)	M-480		ALUMINIO (PPM)		
DILUCION POR COMBUSTIBLE GASOLINA (% VOL.)	D-330		COBRE (PPM)		
DILUCION POR COMBUSTIBLE DIESEL (% VOL.)	GRAFICO		SILICE (PPM)		
OBSERVACIONES _____					
_____					
FECHA RECIBO: DIA _____ MES _____ AÑO _____					
FECHA REPORTE: DIA _____ MES _____ AÑO _____ FIRMA _____					

**ANEXO C. Etiqueta para muestras de aceite, GULF**



CUIDAD: \_\_\_\_\_ ASESOR: \_\_\_\_\_  
CLIENTE: \_\_\_\_\_ CODIGO DE EQUIPO: \_\_\_\_\_  
CARNET: \_\_\_\_\_ PLACA: \_\_\_\_\_  
TIPO DE ACEITE: MOTOR CAJA DIFERENCIAL HIDRAULICO OTRO CUAL? \_\_\_\_\_  
KM/H EQUIPO: \_\_\_\_\_ KM/H ACEITE: \_\_\_\_\_  
MARCA EQUIPO: \_\_\_\_\_ FECHA TOMA DE MUESTRA: \_\_\_\_\_  
MARCA LUBRICANTE: \_\_\_\_\_  
SAE: \_\_\_\_\_ API: \_\_\_\_\_ ISO: \_\_\_\_\_ OTRO: \_\_\_\_\_  
RELLENO: \_\_\_\_\_

**ANEXO D.** Resultados de análisis de aceites de Gulf para una buseta HINO, tabuladas 6, muestras consecutivas.

**Resultados**

DATOS MUESTRAS				METALES DE DESGASTE						CONTAMINACIÓN				PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS
Consecutivo	Fecha Toma	Kilómetros componente	Kilómetros aceite	Cromo ppm	Aluminio ppm	Hierro ppm	Cobre ppm	Estaño ppm	Pomo ppm	Silicio ppm	Combustible %	Agua %	Glicol %	Viscosidad 100°C SAE 40 cSt
SIP00995-D06S08	2011/09/29	5881,00	8412,00	36,8	20,8	100,0	86,0	48,0	50,0	15,0	2,0	0,2	0,1	12,5 - 16,3
SIP00920-D06S08	2010/11/23	9629,00	8438,00	0,00	4,00	9,00	8,00	0,00	2,00	9,00	0,00	0,00	0,00	12,82
SIP00604-D06S08	2010/10/08	29603,00	4324,00	0,00	3,00	7,00	5,00		1,00	7,00				13,18
SIP00528-D06S08	2010/09/08	25478,00	5467,00	0,00	5,00	8,00	18,00		0,00	11,00				13,13
SIP04565-D06S08	2010/07/28	20022,00	4323,00	0,00	5,00	12,00	18,00	0,00	0,00	25,00		0,00	0,00	13,30
SIP04225-D06S08	2010/09/23	15890,00	4821,00	0,00	4,00	9,00	4,00	6,00	1,00	25,00		0,00		13,12

**Gráficos**



**ANEXO E.** Resultados de análisis de aceites de CHEVRON para una buseta NPR Diesel de TransMamonal, correspondientes a dos muestras tomadas el 21 de mayo y 16 de abril.

**LubeWatch®**  
Maintenance Management System

UIN: 028C7A

Motor Diesel

N.º de Unidad UAR741

Unidad:

Fabricante:

Modelo:

N.º de Serie:

Sitio:

Compartimiento:

Nombre: Motor Diesel

Fabricante:

Modelo:

N.º de Serie:

Capacidad: Ltrs

Cliente:

EDUARDONO LTD MEDELLIN  
Carrera 48 No 14-68 Avenida  
Los Industriales A.A. 1112  
Medellin

**DIAGNÓSTICO**

Tendencia de desgastes satisfactoria. Nivel de Silicio (polvo/tierra/sellos) normal. No se detecta contaminación con agua. Dilución por combustible es normal. Nivel de hollín / sólidos satisfactorio. La viscosidad esta dentro del rango operacional.

Acción: Retomar muestra durante el próximo periodo de servicio para continuar monitoreo.

ANALISTA patricio.lara



SIGNOS

CRASH  NORMAL  PRECAUCIÓN  NORMAL

NORMAL



(800) LUBE-808

Fecha de la Muestra	21-May-11	16-Apr-11
Fecha de Recepción	12-Jun-11	05-Jun-11
Fecha del Reporte	17-Jun-11	10-Jun-11

N.º de Laboratorio	44200022980	44200030113
N.º de SIF	10890832	10657554
Tiempo de Unidad	Kms 104000	98000
Tiempo del Aceite	Kms 6000	7300
Marca de Aceite	Chevron	Shell
Tipo de Aceite	RPM HDMO	Rimula R3X
Grado del Aceite	SAE 15W40	15W40
Aceite Agregado		
Filtro		
Cambio de Aceite	Cambiado	
N.º de Orden		

**Metales (ppm)**

Hierro (Fe)	7	11
Crómo (Cr)	1	<1
Plomo (Pb)	1	7
Cobre (Cu)	1	5
Estaño (Sn)	1	<1
Aluminio (Al)	3	3
Niquel (Ni)	<1	<1
Plata (Ag)	<1	<1
Titanio (Ti)	<1	<1
Vanadio (V)	<1	<1

**Pruebas Físicas**

Viscosidad (cSt 100C)	14.1	13.5
% Combustible	<1	<1
Hollín (%)	0.5	0.2
SAE Rating Determination	40	40

**Contaminantes (ppm)**

Silicio	6	4
Sodio (Na)	2	7
Potasio (K)	<5	10
Agua (%)	<0.05	<0.05
Refrigerante	No	No

**Aditivos (ppm)**

Magnesio (Mg)	12	328
Calcio (Ca)	3331	2753
Bario (Ba)	<1	1
Fósforo (P)	1427	1272
Zinc (Zn)	1493	1345
Molibdeno (Mo)	<1	1
Boro (B)	<5	6

**Pruebas Físicas / Químicas**

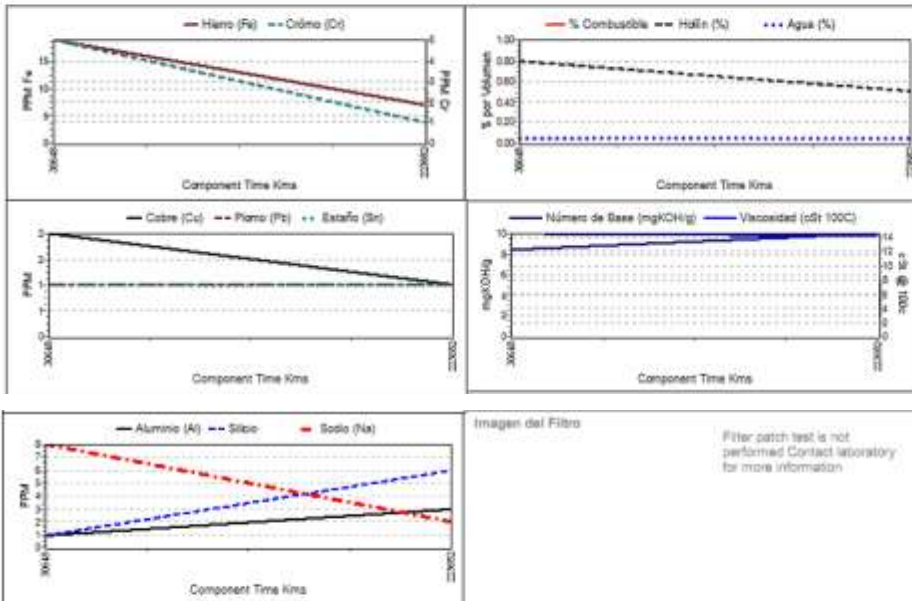
Número de Base (mgKOH/g)	9.0	6.2
--------------------------	-----	-----







UIN: 0271449



Dado que los servicios se basan en muestras y la información facilitada por los demás, y dado que las acciones correctivas, en su caso, son necesariamente tomadas por otros, estos servicios se prestan sin ningún tipo de garantía ni responsabilidad de ningún tipo más allá de la cantidad real pagada a ALS Tribología de los servicios. Recomendaciones indicadas se basan en interpretaciones de los resultados generados y los datos históricos. Algunos resultados de prueba que aparecen en esta informe pueden haber sido probado en los laboratorios ALS otros dentro de la red Tribología divisionales.



- Laboratorios en Los Estados Unidos**  
**Atlanta, Georgia - 420** Valley View, Ohio - 410  
 3121 Peachtree Drive 6150 Hialeah Dr. Suite 2  
 Atlanta, GA 30340 Valley View, OH 44129  
 800.384.3666 800.739.3420
- Kansas City, Kansas - 430** Phoenix, Arizona - 440  
 936 S. Sunshine Road 3319 West Camel Drive  
 Kansas City, KS 66116 Phoenix, AZ 85017  
 800.332.8055 800.448.7900
- Portland, Oregon - 401** Sparks, Nevada - 400  
 4843 160 Ford Avenue 1375 Gray Street, Suite 104  
 Portland, OR 97216 Sparks, NV 89422  
 800.771.4228 800.524.7948
- Laboratorios en Canada**  
**Burlington, Ontario - 450**  
 1243 Sunnyside Drive, Unit 6  
 Burlington, ON L7R 5B3  
 905.332.8656
- Edmonton, Alberta - 402**  
 10717-175 Street  
 Edmonton, AB T5E 4K1  
 868.889.0007
- Ventas & Publicidad**  
**Houston, Texas**

- 15480 Steeles Road, Suite 213  
 Richmond Hill, ON L4B 1V7  
 905.882.8427
- Localidades Internacionales**
- Australia**  
 Brisbane, Perth, Sydney, Melbourne
- Southeast Asia**  
 Kuala Lumpur, Singapore
- Europe**  
 Roma
- South America**  
 Santiago de Chile
- Africa**  
 Johannesburg
- New Zealand**  
 Wellington
- Métodos de ensayo:**
- |                                 |                          |
|---------------------------------|--------------------------|
| Add Number:                     | ASTM D674/D664           |
| Base Number:                    | ASTM D4739               |
| Base Number (Petroleum):        | ASTM D3996               |
| Fuel Dilution by GC:            | ASTM D3524               |
| Fuel Dilution Visc/SpectraScan: | ASTM D445/D779/D3828     |
| Fuel Soot ATR/IR:               | In-House                 |
| Glycol:                         | ASTM D2692               |
| Metals by Rotrode AES:          | ASTM D6595               |
| Metals by ICP AES:              | ASTM D6185               |
| Ox, NOx, SOx, FTIR:             | ASTM E2412               |
| Particle Count:                 | ISO 11800 / ISO 10118-2  |
| Viscosity:                      | ASTM D445 / D779         |
| Water KF/Diakov:                | ASTM E203 Mod / In-House |

**ANEXO F.** Características de una buseta NPR diesel suministrados por la CHEVROLET

<b>Motor</b>	<b>NPR Camión</b>
Amortiguadores	Hidráulicos de doble acción, telescópicos
Bastidor Elong. Min.	0,22
Bastidor Material	JIS-SAPH440
Bastidor Modulo Secc.	216 X 70 X 6 mm
Bastidor Res. Fluencia	275 Mpa
Bastidor Res. Tensión	440 Mpa
Cardan	2
Combustible	Diesel
Combustible Bomba Combustible	De pistón, operada por leva de bomba de inyección
Combustible Bomba Inyec.	De embolo, Bosch A-type
Combustible Correc. Altimétrico	SI
Combustible Filtro Comb.	Doble elemento de papel
Combustible Filtro de Aire	Un elemento seco
Combustible Gobernador	--
Combustible Pre-filtro aire	Ciclón incluido en filtro
Combustible Sep. agua-comb.	SI
Compresor Presión	--
Compresor Tipo	Bomba Vacío Coaxial rotativa montada sobre alternador
Desplazamiento (cc)	4570
Diam x Carrera	115 x 110 mm
Diámetro de Giro (mts) andenes	--
Diámetro de Giro (mts) paredes	--
Dirección	Hidráulica
Eléctrico Alternador	12v 70 Amp, con regulador integrado
Eléctrico Bateria	2 en paralelo. 12v 130 A.H

Eléctrico Motor Arranque	12v, 28 N.m, reductor de piñón-4,5 KW	
Embrague Acciont.	Hidráulico	
Embrague Dia. Exterior	300 mm	
Embrague Tipo	Monodisco seco	
Emisiones	Euro II	
Inyección	Directa	
Llantas	Radial 7.50 R16 - 215 / 75 R17,5	
Lubricación Bomba Aceite	De Engranés	
Lubricación Enfriador Aceite	De láminas, enfriado por agua, sobre bloque del motor	
Lubricación Filtro de Aceite	De flujo total / flujo parcial	
Lubricación Presión Trabajo	440 Kpa	
Lubricación Tipo	Flujo Total	
No Cilindros	4 en línea	
Orden de encendido	--	
Posición	Longitudinal Delantero	
Potencia Neta (hp @ rpm)	119,3 @ 2850	
Radio de Giro (mts) Andenes	6,2	
Radio de Giro (mts) Elong. Min	--	
Radio de Giro (mts) Modulo Sec.	--	
Radio de Giro (mts) Paredes	6,85	
Radio de Giro (mts) Res. Tensión	--	
Refrigeración Bomba de Agua	Centrífuga	
Refrigeración Radiador	Servicio pesado, con enfocador	
Refrigeración Termostato	Pellet de cera (82°C)	
Refrigeración Ventilador	8 aspas, plástico, 430 mm Dia, Embrague	
Relación	--	
Relación Compresión		19:01
Relación de Giro	21,9 : 1	
Relación final de Eje		5.857
Relaciones 1º		5.979
Relaciones 2º		3.434
Relaciones 3º		1.862



Relaciones 4º		1.297
Relaciones 5º		1.000
Relaciones 6º	0,774	
Reversa		5.701
Rines	6,0GS x 16 - 17,5	
Sincronización	1a a 6a	
Sistema de Freno Ancho banda	100 mm	
Sistema de Freno Cámaras	--	
Sistema de Freno de Motor	Mariposa sobre turbo de escape	
Sistema de Freno de Parqueo	Campana sobre cardan, en salida de caja de transmisión	
Sistema de Freno Delanteros	--	
Sistema de Freno diam. Int	320 mm	
Sistema de Freno Long. Reg.	--	
Sistema de Freno Tipo	Hidráulicos, asistidos por vacío, doble circuito con cilindro maestro tandem	
Sistema de Freno Traseros	--	
Sistema de Frenos Tanques aire	--	
Suspensión Delantera Barra Estab.	--	
Suspensión Delantera Cap.	3100 Kg.	
Suspensión Delantera Eje	Reverse Elliot	
Suspensión Delantera Tipo	Ballestas en eje rígido	
Suspensión Trasera Cap.	6600 Kg.	
Suspensión Trasera Eje	Totalmente flotante	
Suspensión Trasera Tipo	Ballestas en eje rígido	
Tipo	Turbo	
Torque Neto (kg.m @ rpm)	33,1 @ 1800	
Transmisión Tipo	Isuzu MYY6P, manual 6 velocidades	

<b>Equipamiento Interior</b>	<b>NPR Camión</b>
Acelerador de mínima manual	SI
Alarma audible bajo vacío en sistema frenos	SI
Alarma audible de bajo nivel de refrigerante	SI
Bajo nivel de combustible	SI
Bajo nivel de refrigerante	SI
Bomba limpia parabrisas	SI
Bujía de precalentamiento accionada	SI
Cabina Abatible	SI
Calefactor	SI
Carga alternador	SI
Cenicero en panel de instrumentos	SI
Columna de dirección abatible	SI
Control circulación aire interior/exterior	SI
Difusores laterales y centrales de aire	SI
Encendedor de cigarrillos	SI
Freno de motor accionado	SI
Freno de parqueo / Bajo nivel líquido de frenos	SI
Guantera	SI
Limpia-parabrisas 2Vel	SI
Limpia-parabrisas 2Vel+intermitente	--
Luz de carretera altas	SI
Luz de cortesía (3 posiciones)	SI
Luz de cruce / parqueo	SI
Manijas parales delanteros (2)	SI
Manijas techo (2)	SI
Mecanismo ventilación techo- 2 Vías	SI
Medidor de temperatura agua	SI
Medidor de temperatura sistema refrigeración	SI
Medidor nivel de combustible	SI
Medidor sistema de frenos	SI
Odómetro	SI
Odómetro parcial de dos lecturas	SI
Palanca accionadora freno de exhosto	SI
Palanca accionadora freno de motor	SI
Parasol conductor	SI
Parasol conductor y pasajero	--
Porta mapas puertas delanteras	SI
Porta-vasos	SI
Porta-vasos en panel de instrumentos (2)	--
Presión de aceite	SI
Separador agua-combustible	--
Separador agua-combustible sonoro	SI
Tacómetro	SI
Velocímetro	SI

<b>Equipamiento Exterior</b>	<b>NPR Camión</b>	<b>Seguridad</b>	<b>NPR Camión</b>
Conjunto lámparas delanteras	SI	Cinturón de seguridad central de 2 puntos	SI
Corbatín Chevrolet	SI	Cinturones de seguridad 3 puntos (2)	SI
Emblema Plus	SI	Freno de motor	SI
Gancho de arrastre adelante / atrás	SI	Freno de parqueo	SI
Grilla color blanco o gris noble	SI	Interruptor arranque compartimiento motor	SI
Letrero "Chevrolet"	SI	Luces de posición y cruce delanteras	SI
Llave de pernos	SI	Luz de reversa	SI
Luces posición y cruce delanteras / traseras	--	Pito eléctrico	SI
Manual de instrucciones en español	SI	Tapa tanque de combustible con llave	SI
Paneles puertas moldeados	SI		
Para-choques gris	SI		
Porta-repuesto y llanta de repuesto	SI		
Techo en Vinilo	SI		
Timón blando de lujo	SI		