



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**Facultad de Ingeniería Automotriz**

**Tesis de Grado para la Obtención del Título de  
Ingeniero en Mecánica Automotriz**

Tema: “Medición y evaluación de los niveles de opacidad generados por los vehículos con motor de combustible diesel”

**Pablo Daniel Luna Mora**

**Juan Francisco Mier Cabezas**

**Director: Mgs. Andrés Castillo Reyes**

## CERTIFICACIÓN

Nosotros, **PABLO DANIEL LUNA MORA** y **JUAN FRANCISCO MIER CABEZAS** declaramos que somos los autores de la presente investigación y que esta es original, autentica y personal nuestra. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la investigación serán de nuestra exclusiva responsabilidad.



**Pablo Daniel Luna**

CI: 1002388351



**Juan Francisco Mier**

CI: 1003068267

## ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Yo, **Mgs. Andrés Castillo Reyes**, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, a los señores **Pablo Daniel Luna y Juan Francisco Mier**, autores de la presente investigación y que esta es original y auténtica.



**Mgs. Andrés Castillo Reyes**

**Director**

## AGRADECIMIENTO

Para poder realizar ésta tesis de la mejor manera posible fue necesario el apoyo de muchas personas a las cuales quiero agradecer.

En primer lugar a mi esposa Carla Paola León y a mis hijos Pablo, Daniela, Valentina por todo el apoyo sacrificio que han hecho para culminar esta tesis.

A mis padres, Luis Luna y Ruth Mora, quienes han sido un apoyo moral y económico para lograr éste fin. Gracias por su amor y paciencia.

A mi asesor de tesis Mgs. Andrés Castillo Reyes una de las personas que más admiro por su inteligencia y sus conocimientos.

A la Ing. Patricia Teanga, Docente de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por su aporte técnico en la realización de la investigación.

A la Universidad y a todos los profesores que a lo largo de mi carrera fueron mis mentores.

A mis hermanos y amigos por ayudarme y apoyarme sin condiciones.

Gracias por facilitarme las cosas.

PABLO DANIEL LUNA

## AGRADECIMIENTO

Le agradezco primeramente a Dios por bendecirme, a mis padres, Arturo Mier, Gloria Cabezas y a mis hermanos por apoyarme incondicionalmente en este trabajo de tesis y se haga realidad este logro.

A la Universidad Internacional del Ecuador por haberme dado la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mi Director de tesis, Mgs. Andrés Castillo, que con sus conocimientos, experiencia, consejos y motivación impartidos hacia mí, he logrado concluir mis estudios con éxito y a la Ing. Patricia Teanga, docente de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por su aporte técnico en la realización de la investigación.

También me gustaría agradecer a todos los profesores que con sus enseñanzas aportaron en la formación de mi carrera profesional.

Y por último quiero agradecer al Ing. Paul Ayala, quien ha sido un pilar muy importante en cuanto a lo Profesional y en muchos aspectos importantes de la vida.

Son muchas las personas a las que me encantaría agradecerles su amistad y su apoyo, ya que han formado parte de mi vida cotidiana, con sus, consejos, animo, apoyo y compañía en los momentos más difíciles. Muchas están presentes, otras en mi corazón y otras en mis recuerdos, sin importar donde se encuentren, quiero decirles gracias por todo lo que me han brindado, y que Dios los bendiga.

**JUAN FRANCISCO MIER**

## DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño. A ti Dios que me diste la oportunidad de vivir y de cumplir esta meta en mi vida.

Con mucho amor a mi esposa y a mis hijos por todo el sacrificio que ha hecho en especial por todo el tiempo que nos hemos privado de estar juntos para poder terminar mi carrera.

A mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque a la distancia siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón .

A mis hermanos Siria, Luis, José gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

PABLO DANIEL LUNA

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a Dios por que ha estado presente en cada paso que doy, cuidándome y dándome la fortaleza para continuar en todo lo que me he propuesto, a mis padres y a mis hermanos, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi salud, mi bienestar y mi educación siendo un apoyo incondicional en cada momento, brindándome confianza sin dudar de mi capacidad e inteligencia para lograr mis objetivos

También quiero dedicar a todas las personas que aportaron con mucho o poco a la realización de este trabajo de tesis y decirles que mis conocimientos están prestos a ser impartidos a ustedes y a las personas que en su momento lo necesiten.

JUAN FRANCISCO MIER

## SÍNTESIS

Los motores de combustión interna tienen más de 150 años. Con la crisis petrolera de los años 70, los fabricantes iniciaron una verdadera revolución tecnológica intentando hacer de estos motores una maquina muy eficiente, es así como se inicia la construcción de motores a diesel desde esa época muchos países comienzan a verse afectadas por altos índices de contaminación lo que obliga a los constructores a crear motores menos contaminantes, más eficientes, con menor consumo de combustible y por ende mayor respeto por el medio ambiente, sin embargo para que esto pueda ser posible, el motor diesel necesita de una excelente mantención y sobre todo de un combustible de alta calidad. En Ecuador, a partir del año 2011 (principalmente en las ciudades de Quito Guayaquil y Cuenca) se cumple los objetivos del plan de mejoramiento de combustible que se oferta al público, se adoptan estándares internacionales de calidad que tienen como principal objetivo disminuir la contaminación ambiental. El principal objetivo de este trabajo es medir y evaluar los niveles de Opacidad generados por los vehículos con motor de combustible diesel en Imbabura.

Este trabajo contiene el plan de Investigación; fundamentos teóricos de la investigación; metodología de la Investigación; pruebas y demostraciones; y, conclusiones y recomendaciones.

Del estudio se pueden extraer datos relacionados con la opacidad de los motores que utilizan combustible diesel en la provincia de Imbabura.

## **SUMMARY**

Internal combustion engines have more than 150 years. With the oil crisis of the 70's, manufacturers began a true technological revolution trying to make these engines a very efficient machine, in this way started the building of diesel engines, when many countries began to be affected by high levels of pollution forcing builders to create cleaner, more efficient engines with lower fuel consumption and therefore greater respect for the environment, but for this to be possible, the diesel engine needs an excellent maintenance and all of a high quality fuel.

In Ecuador, from the year 2011 (mainly in the cities of Quito, Guayaquil and Cuenca) the objectives of the improvement plan that meets fuel supply to the public, international quality standards that are aimed to reduce environmental pollution are adopted. The main objective of this work is to measure and assess levels of opacity generated by vehicles with diesel engine fuel in Imbabura.

This work contains: the research plan; theoretical foundations of research; research methodology; tests and demonstrations; and conclusions and recommendations.

The study can offer interesting dates regarding the opacity of engines using diesel fuel in Imbabura province.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Contenido

CERTIFICACIÓN .....	ii
ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
SÍNTESIS.....	viii
SUMMARY .....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	x
CAPÍTULO I .....	1
1.INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema .....	3
1.3. Sistematización del problema.....	3
1.4. Objetivos de la investigación .....	4
1.4.1. Objetivo General .....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	4
1.6. Delimitación de la investigación .....	6
1.7. Marco de referencia .....	6
1.7.1. Marco de referencia teórico.....	6
1.7.1. Marco de referencia conceptual .....	7
1.8. Hipótesis.....	10
1.9. Variables de investigación.....	11
1.10. Metodología de la investigación .....	15
1.11. Modalidad de investigación .....	15
1.12. Tipo de investigación.....	15
1.13. Población de investigación .....	16
1.14. Tamaño de la Muestra.....	18
1.15. Técnicas e instrumentos de investigación .....	20
CAPÍTULO II .....	21

FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	21
2.1. Los combustibles fósiles.....	21
2.1.1. Estructura de los combustibles fósiles.....	22
2.1.2. Obtención del petróleo .....	23
2.1.3. Propiedades del petróleo.....	24
2.1.4. Proceso de refinamiento del petróleo .....	25
2.2. El diesel.....	26
2.2.1. Requisitos técnicos de calidad de diesel en Ecuador.....	27
2.2.1.1. Requisitos técnicos.....	28
2.2.2. Gases contaminantes del ambiente .....	29
2.2.2.1. Monóxido de carbono (CO) .....	30
2.2.2.2. Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	31
2.2.2.3. Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	33
2.2.2.4. Óxido de nitrógeno (NO) .....	34
2.3. Los motores a diesel .....	35
2.3.1. Clasificación de los motores.....	37
2.3.2. Constitución del motor diesel .....	38
2.3.3. Características y funcionamiento del motor diesel .....	39
2.3.4. Ciclos de funcionamiento del motor diesel de 4 tiempos.....	41
2.3.4.1. Admisión (Aspiración).....	42
2.3.4.2. Compresión .....	42
2.3.4.3. Combustión (Expansión) .....	42
2.3.4.4. Escape .....	43
2.4. Encendido .....	43
2.5. Sistema de alimentación de combustible en el motor diesel .....	44
2.5.1. Depósito de combustible .....	45
2.5.2. Filtro de combustible .....	45
2.5.3. Bomba de inyección de combustible .....	46
2.5.4. Cañerías.....	47
2.5.5. Inyectores.....	47
2.6. Clasificación de los motores diesel de acuerdo al tipo de inyección .....	47
2.6.1. Motores diesel de inyección directa .....	48
2.6.2. Motores diesel de inyección indirecta.....	49

2.7. Sistema auxiliar para la puesta en marcha de un motor diesel .....	49
2.8. Mantenimiento.....	50
2.8.1. Mantenimiento preventivo .....	51
2.8.1.1. Lubricación .....	51
2.8.1.2. Filtros de aceite .....	53
2.8.1.3. Filtros de aire.....	53
2.8.1.4. Sistema de enfriamiento.....	54
2.8.1.5. Sistema de inyección.....	54
2.8.1.6. Inyectores.....	55
2.8.1.7. Limpieza sistema de inyección.....	56
2.8.1.8. Aditivos.....	56
2.8.1.9. Detergentes - dispersantes .....	57
2.8.2. Mantenimiento correctivo .....	58
2.9. La opacidad en los vehículos .....	59
2.9.1. Las pruebas de opacidad .....	59
2.9.2. Límites de opacidad en el Ecuador .....	60
2.9.3. Requerimientos para la medición de la opacidad.....	60
2.9.4. Opacímetro de humo para motores diesel .....	61
2.9.5. Características generales de un opacímetro de medición.....	62
CAPÍTULO III .....	63
PRUEBAS Y DEMOSTRACIONES.....	63
3.1. Análisis de expertos sobre factores que determinan el nivel de opacidad de los automotores.....	65
3.2. Pruebas generales de opacidad a vehículos livianos con motor a diesel.....	69
3.2.1. Niveles de opacidad en relación al kilometraje recorrido por los vehículos.....	75
3.2.2. Niveles de opacidad en relación a la marca del vehículo.....	77
3.2.3. Niveles de opacidad en relación al año de fabricación del vehículo.....	79
3.3. Pruebas de opacidad a vehículos livianos con motor diesel en relación al mantenimiento.....	81
3.3.1. Mantenimiento que realizan los propietarios de vehículos livianos con motor a diesel.....	82
3.3.1.1. Niveles de opacidad en relación al cambio de aceite y filtro de motor del vehículo.....	84

3.3.1.2. Medición de niveles de opacidad en relación al cambio de filtro de combustible de partículas del vehículo.....	87
3.3.1.3. Niveles de opacidad en relación a cambio de filtro de separación de agua-combustible del vehículo .....	90
3.3.1.4. Niveles de opacidad en relación al cambio de filtro de aire del vehículo	92
3.3.1.5. Niveles de opacidad en relación a limpieza de inyectores del vehículo ...	94
3.3.1.6. Niveles de opacidad en relación al mantenimiento de la bomba de inyección del vehículo .....	96
3.3.1.7. Repuestos utilizados por los propietarios de los vehículos para mantenimiento.....	97
3.3.2. Mantenimiento especificado por el fabricante a vehículos livianos con motor a diesel.....	98
3.3.2.1. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “CHEVROLET” .....	100
3.3.2.2. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “TOYOTA” .....	101
3.3.2.3. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “MAZDA”.....	102
3.3.2.4. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “HYUNDAI” .....	103
3.3.2.5. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “KIA” .....	103
3.3.2.6. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “NISSAN” .....	104
3.3.2.7. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “VOLKSWAGEN”...	104
3.3.2.8. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “GREAT WALL” .....	105
3.4. Verificación de la calidad del combustible diesel.....	105
3.4.1. Fluorescencia .....	105
3.4.2. Pruebas de fluorescencia .....	106
3.4.3. Pruebas de fluorescencia con diesel de distintos lugares del país.....	109
3.5. Análisis estadístico de correlación de variables y validación de hipótesis....	111
3.5.1. Correlación entre kilometraje y nivel de opacidad del vehículo .....	113
3.5.2. Correlación entre cambio de aceite/filtro del motor (km) y nivel de opacidad del vehículo .....	114
3.5.3. Correlación entre cambio de filtro de combustible de partículas y nivel de opacidad del vehículo.....	116
3.5.4. Correlación entre cambio de filtro de separación agua-combustible y nivel de opacidad del vehículo.....	118

3.5.5. Correlación entre cambio de filtro de aire y nivel de opacidad de los vehículos .....	120
CAPÍTULO IV .....	124
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	124
CONCLUSIONES.....	124
RECOMENDACIONES .....	127
BIBLIOGRAFÍA .....	129
ANEXOS .....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1.1 Matriz de Operalización de Variables.	11
Tabla No. 1.2 Resumen metodológico de factores de estudio, técnicas e instrumentos de investigación.	16
Tabla No. 2.1 Principales productos, intervalos de temperatura de ebullición, número de átomos de carbono y sus tipos de uso.	22
Tabla No. 2.2 Requisitos que debe cumplir el Diesel Premium de bajo contenido de azufre.	28
Tabla No. 2.5 Límites de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motores diesel.	60
Tabla No. 3.1 Mediciones de opacidad a vehículos con motor diesel de la provincia de Imbabura	71
Tabla 3.2 Distribución de frecuencias de porcentajes de opacidad de vehículos a diesel de Imbabura.	73
Tabla 3.3 Estadísticos descriptivos de mediciones de opacidad.	74
Tabla No. 3.4 Porcentajes de opacidad promedio en cuanto al kilometraje recorrido por el vehículo.	75
Tabla No. 3.5 Porcentajes de opacidad promedio en cuanto a la marca de vehículo.	78
Tabla No. 3.6 Porcentajes de opacidad promedio en cuanto al año de	80

fabricación del vehículo.

Tabla No. 3.7 Mantenimiento realizado por los propietarios de vehículos livianos con motores a diesel de la provincia de Imbabura. 83

Tabla 3.8 Pregunta N0. 1 85

Tabla 3.9 Porcentajes de opacidad promedio en relación al Km. Recorrido por el vehículo para cambio de aceite y filtro de motor. 86

Tabla No. 3.10 Pregunta No. 2 87

Tabla No. 3.11 Porcentajes de opacidad promedio en relación al Km. recorrido por el vehículo para cambio de filtro combustibles. 89

Tabla No. 3.12 Pregunta No. 3 90

Tabla No. 3.13 Porcentaje de opacidad promedio en relación al Km recorrido por el vehículo para cambio de filtro de separación de agua-combustible 91

Tabla No. 3.14 Pregunta No. 4 93

Tabla 3.15 Porcentajes de opacidad promedio en relación al Km recorrido por el vehículo para cambio de filtro de aire. 94

Tabla No. 3.16 Pregunta No. 5 95

Tabla 3.17 Pregunta No. 6 96

Tabla No. 3.17 Pregunta No. 7 97

Tabla 3.19 Especificaciones técnicas de fabricantes para mantenimiento de 99

vehículos con motores de combustible diesel.

Tabla No. 3.20 Índices de mantenimiento Chevrolet/propietario	100
Tabla No. 3.21 Índices de mantenimiento Toyota/propietario	101
Tabla No. 3.22 Índices de mantenimiento Mazda / propietario	102
Tabla No. 3.23 Índices de mantenimiento Hyundai / Propietario	103
Tabla No. 3.24 Índices de mantenimiento KÍA / propietario	103
Tabla No. 3.25 Índices de mantenimiento Nissan / propietario	104
Tabla No. 3.26 Índices de mantenimiento Volkswagen / propietario	104
Tabla No. 3.27 Índices de mantenimiento Grea Wall / propietario	105
Tabla No. 3.28 Codificación del diesel para prueba de fluorescencia	107
Tabla No. 3.29 Porcentajes de capacidad promedio con diesel de diferentes procedencias del país.	110
Tabla No. 3.30 Coeficiente de correlación de Pearson (r) Km / porcentaje de opacidad.	113
Tabla No. 3.31 Coeficiente de correlación de Pearson (r) Km / cambio de aceite y filtro de motor / porcentaje de opacidad.	115
Tabla No. 3.32 Coeficiente de correlación de Pearson (r) km cambio de filtro de combustible / porcentaje de opacidad.	117
Tabla No. 3.33 Coeficiente de correlación de Pearson (r) km cambio filtro de	119

separación agua-combustible / porcentaje de opacidad.

Tabla No. 3.34 Coeficiente de correlación de Pearson (r) km cambio de filtro de aire / porcentaje de opacidad. 121

Tabla No. 3.35 Resumen de validación de las Hipótesis. 123

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica No. 3.1 Distribución de mediaciones de opacidad registradas en vehículos a diesel de Imbabura.	74
Gráfica No. 3.2 Porcentajes de opacidad promedio en relación al kilometraje del vehículo.	77
Gráfica No. 3.3 Porcentaje de opacidad promedio en relación a la marca del vehículo.	79
Gráfica No. 3.4 Porcentaje de opacidad promedio en relación al año de fabricación del vehículo.	81
Gráfica No. 3.5 Distribución de frecuencia de Kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de aceite y filtro de motor.	85
Gráfica 3.6 Kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de aceite y filtro de motor.	86
Gráfica 3.7 Distribución de frecuencias de Km recorrido por el vehículo para cambio filtro del combustible.	88
Gráfica No. 3.8 Kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de filtro de combustible.	89
Gráfica No. 3.9 Distribución de frecuencias de kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de filtro de separación de agua-combustible.	91

Gráfica No. 3.10 Kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de filtro de 92  
separación de agua-combustible.

Gráfica No. 3.11 Distribución de frecuencia de Kilometraje recorrido por el 93  
vehículo para cambio de filtro aire.

Gráfica No. 3.12 Kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de filtro de 94  
aire.

Gráfica No. 3.13 Distribución de frecuencias de limpieza de inyectores del 95  
vehículo.

Gráfica No. 3.14 Distribución de frecuencias de mantenimiento de bomba de 96  
inyección.

Gráfica No. 3.15 Distribución de frecuencias de tipo de repuesto utilizado 98  
para mantenimiento del vehículo.

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen No. 2.1 Cadenas moleculares Carbono-Carbono	24
Imagen No. 2.2 Proceso de refinamiento del petróleo.	25
Imagen No. 2.3 Principales gases contaminantes emitidos por los procesos de combustión en motores diesel.	30
Imagen No. 2.4 Ciclo de funcionamiento del motor diesel de 4 tiempos.	41
Imagen No. 2.5 Bujía de precalentamiento o incandescencia.	50
Imagen No. 3.1 Opacímetro marca SV-5Y, especial para vehículos con motor diesel.	70
Imagen No. 3.3 Preparación de materiales para realizar prueba de fluorescencia.	107
Imagen 3.4 Dosificación de líquido fluorescente para prueba de opacidad.	108
Imagen 3.5 Prueba de fluorescencia del combustible diesel.	109

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

De acuerdo a la experiencia se conoce que, en la provincia de Imbabura, actualmente, no se realizan mediciones periódicas de opacidad a los vehículos para controlar la contaminación ambiental. Al contrario del trabajo que realiza la *Corporación Municipal de Mejoramiento de la calidad de aire de Quito, CORPAIRE*<sup>1</sup>, ninguno de los cantones de la provincia de Imbabura cuenta con unidades especializadas que recaben datos estadísticos para cuantificar los niveles de opacidad; es decir que el porcentaje de emisión de gases generado por los automotores no está precisado. Esta situación representa una dificultad, pues el parque automotor de Imbabura continua en crecimiento y para el año 2013 se ha calculado una cantidad aproximada de 35.000 vehículos (Agencia Nacional de Tránsito, 2013).

El año 2010, en la ciudad de Ibarra se realizó un estudio piloto para controlar las emisiones de gases del parque automotor, para ello se seleccionó una muestra de 28 buses de transporte urbano de manera aleatoria, y se procedieron a realizar las pruebas de opacidad; como resultado sólo el 30% de los vehículos pasaron la prueba dando cumplimiento a los límites permitidos (60% para vehículos hasta el año 1999 y 50% para vehículos del año 2000 en adelante), el otro 70% no pasaron las mediciones.

---

<sup>1</sup> Entidad perteneciente al Gobierno Autónomo Metropolitano de Quito que se encarga de realizar la revisión técnica vehicular para controlar la emisión de gases tóxicos al ambiente.

Según Ramiro Chacón, responsable de la Unidad de Tránsito y Transporte Terrestre del Municipio de Ibarra, en relación al estudio piloto, si bien muy pocos vehículos cumplieron con los porcentajes de opacidad permitidos por la ley, estos valores fueron altos y por lo tanto si estaban generando contaminación. Para los transportistas de la ciudad, la contaminación del ambiente se debe a distintos factores como el mantenimiento del vehículo y el estado en general del mismo, pero en gran parte se debe también a la calidad del combustible suministrado a los autos.

Posteriormente, a esta prueba piloto de opacidad registrada en la ciudad de Ibarra, el control de emisión de gases no se ha vuelto a realizar y menos de manera obligatoria, lo mismo ha sucedido con las demás ciudades importantes de la provincia como son Otavalo, Atuntaqui, Cotacachi, etc.

Hasta hace unos meses, la calidad del combustible en el Ecuador era un factor difícil de controlar para reducir la emisión de gases tóxicos al ambiente, pero desde finales del año 2013, se inició a comercializar diesel Premium de bajo contenido de azufre en todo el país, con lo cual, otros factores ligados al mantenimiento del vehículo toman relevancia para la determinación del porcentaje de opacidad. Esto quiere decir que, es necesario establecer el impacto del mantenimiento sobre el nivel de opacidad de los vehículos.

Con el antecedente citado, se concluye que no existe precisión en cuanto a los niveles reales de opacidad marcados por los vehículos de la provincia, por lo tanto no se pueden valorar los niveles exactos de contaminación ambiental causados por la emisión de gases de los vehículos y tampoco se conoce como afecta el

nivel de mantenimiento de los vehículos en la determinación del porcentaje de opacidad.

El problema expuesto dificulta a las autoridades la determinación de acciones para reducir la contaminación a causa de la opacidad registrada por los vehículos de la provincia, pues al no existir mediciones de opacidad, no se cuenta con la línea base que permita establecer políticas de control de gases.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el comportamiento de los factores que determinan el nivel de opacidad de los vehículos con motor de combustible diesel, durante las pruebas de emisión de gases?

### **1.3. Sistematización del problema**

¿Cuáles son los factores que determinan el nivel de opacidad de los vehículos con motor de combustible diesel?

¿Cuáles son los niveles de opacidad detectados en los vehículos de combustible diesel de la provincia de Imbabura?

¿Cómo se manifiestan los factores que determinan el índice de opacidad de los vehículos con motor de combustible diesel, durante la prueba de control de emisión de gases?

¿Cuál es la relación de los factores de incidencia en la emisión de gases contaminantes por los vehículos de combustible diesel y el porcentaje de opacidad?

## **1.4. Objetivos de la investigación**

### **1.4.1. Objetivo general**

- ✓ Evaluar la incidencia de los factores que determinan el índice de opacidad de los vehículos con motor de combustible diesel de la provincia de Imbabura, durante la prueba de opacidad del automotor.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- ✓ Identificar los factores de relevancia que inciden en el aumento o disminución del nivel de opacidad de los vehículos con motor de combustible diesel.
- ✓ Medir el nivel de opacidad de los vehículos con motor de combustible diesel de la provincia de Imbabura.
- ✓ Establecer el comportamiento de los factores determinantes del nivel de opacidad de los vehículos con motor de combustible diesel en la provincia de Imbabura.
- ✓ Determinar el nivel de correlación entre el porcentaje de opacidad detectado en los vehículos con motor de combustible diesel y los factores que lo generan.

## **1.5. Justificación de la investigación**

Esta investigación será realizada con la finalidad de conocer cuáles son y cómo se comportan los factores que inciden en el nivel de opacidad de los vehículos livianos con motor de combustible diesel, tomando como referencia la provincia de

Imbabura, puesto que, en esta área geográfica del Ecuador no se realiza la revisión técnica vehicular.

Es conocido que, la contaminación emitida por los gases desprendidos de los vehículos con motor, tanto a gasolina como a diesel, genera graves afectaciones al medio ambiente y a la salud de las personas. En ese contexto, éste estudio permitirá evaluar objetivamente, a través de mediciones técnicas, los niveles de opacidad de los vehículos que circulan en la provincia de Imbabura, y adicionalmente evaluará el comportamiento de los factores que los generan, con la finalidad de establecer una relación entre ellos.

La metodología que se utilizará demuestra la viabilidad para ejecutar las pruebas y mediciones, pues estarán basadas en el método científico. Se aplicará la modalidad de investigación cuantitativa, por medio de la cual se medirán, analizarán y evaluarán las variables contenidas en el estudio. Adicionalmente, el uso del método analítico-sintético permitirá descomponer las variables y posteriormente establecer las conclusiones que permitirán validar las hipótesis planteadas.

Los resultados de esta investigación permitirán corroborar la necesidad de controlar las variables que inciden en la determinación del índice de opacidad de los automotores a diesel. El informe de ésta investigación, servirá como una fuente de información ya que es acogido por las autoridades pertinentes en el tema para establecer acciones relacionadas a la reducción de la contaminación ambiental de la provincia de Imbabura.

## **1.6. Delimitación de la investigación**

La investigación se llevará a cabo en la provincia de Imbabura-Ecuador, en el sector automotriz de vehículos livianos con motores de combustible diesel, durante el año 2013, a los cuales se les realizarán pruebas de opacidad, para medir el nivel de contaminación por emisión de gases vehiculares, asociadas a factores como el mantenimiento del vehículo, el kilometraje recorrido y la calidad de diesel utilizado por el automotor. Se utilizarán métodos técnicos para analizar las variables en estudio, evaluar el comportamiento real de las mismas y posteriormente correlacionar cada una de ellas con el nivel de opacidad detectado en los vehículos analizados. La aplicación de los métodos de valoración se realizará en los automotores diesel que circulan en la provincia de Imbabura, de conformidad con las especificaciones técnicas existentes en el país.

## **1.7. Marco de referencia**

### **1.7.1. Marco de referencia teórico**

Para realizar esta investigación se detalla la función, clasificación y funcionamiento del motor a diesel, así como también el contenido de humo de los gases de escape emitidos por la combustión del mismo, ya que son perjudiciales para el ambiente y los seres vivos. La contaminación ambiental es un problema contemporáneo que está en crecimiento. En ciudades muy contaminadas, donde la industria se ha desarrollado considerablemente.

Mediante la opacidad se puede medir el porcentaje de emisiones de humo en los vehículos con motor a diesel, para esto es necesario conocer los límites y requerimientos para la medición de la opacidad en el Ecuador.

### 1.7.1. Marco de referencia conceptual

- **Alquitrán.-** “Producto obtenido de la destilación de maderas resinosas, carbones, petróleo, pizarras y otros materiales vegetales y minerales. Es líquido, viscoso, de color oscuro y fuerte olor, y tiene distintas aplicaciones industriales.” (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Benceno.-** Hidrocarburo cíclico, aromático, de seis átomos de carbono. Es un líquido incoloro e inflamable, de amplia utilización como disolvente y como reactivo en operaciones de laboratorio y usos industriales. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Cetano.-** “Hidrocarburo parafínico de 16 átomos de carbono. (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>14</sub>CH<sub>3</sub>).” (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Combustión.-** Reacción química de oxidación en la que se desprenden gran cantidad de puntos de calor y luminosos, manifestándose de manera visible por el fuego. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Compresión.-** Es el resultado de las tensiones o presiones que ocurren dentro de un material sólido deformable o medio continuo. Se caracteriza porque tiende a reducir el volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Craquear.-** “Romper, por elevación de temperatura, las moléculas de ciertos hidrocarburos con el fin de aumentar la proporción de los más útiles. A veces, además de elevar la temperatura, se emplean catalizadores.” (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)

- **Fuel.-** Fracción del petróleo natural, obtenida por refinación y destilación, que se destina a la calefacción. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Gasificación.-** Acción y efecto de gasificar. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Gasificar.-** Producir gases a partir de materiales diversos, como el carbón, la madera, etc. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Gasóleo.** (De gas y óleo).- Fracción destilada del petróleo crudo, que se purifica especialmente para eliminar el azufre. Se usa normalmente en los motores diesel y como combustible en hogares abiertos. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Lignito.-** Carbón fósil que no produce coque cuando se calcina en vasos cerrados. Es un combustible de mediana calidad, de color negro o pardo, y tiene con frecuencia textura semejante a la de la madera de que procede. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Lubricación.-** Es la acción que se realiza para disminuir el rozamiento y sus efectos en superficies convexas con movimientos que le puedan ocasionar algún tipo de maquinado. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Nafta.-** Fracción ligera del petróleo natural, obtenida en la destilación de la gasolina como una parte de esta. Sus variedades se usan como materia prima en la petroquímica, y algunas como disolventes. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)

- **Opacidad.-** Es una propiedad óptica de la materia, la cual tiene diversos grados y propiedades. Un material cualquiera puede presentar opacidad cuando no deja pasar la luz en proporción apreciable a la vista. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Opacómetro.-** Es un aparato que se utiliza en el sector automotriz para controlar los gases emitidos por los vehículos equipados con motor diesel. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Plancton.-** Conjunto de organismos animales y vegetales, generalmente diminutos, que flotan y son desplazados pasivamente en aguas saladas o dulces. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Propano.-** Hidrocarburo gaseoso derivado del petróleo, con tres átomos de carbono, que tiene usos domésticos e industriales. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Pulverizar.-** Reducir a polvo algo. Esparcir un líquido en partículas muy tenues, a manera de polvo. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Queroseno.-** Una de las fracciones del petróleo natural, obtenida por refinación y destilación, que se destina al alumbrado y se usa como combustible en los propulsores de chorro. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Tolueno.-** Líquido derivado del benceno, que se emplea como disolvente en la industria química y, principalmente, en la fabricación de trinitrotolueno. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)

- **Turba.-** Combustible fósil formado de residuos vegetales acumulados en sitios pantanosos, de color pardo oscuro, aspecto terroso y poco peso, y que al arder produce humo denso. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)
- **Volátil.-** Dicho de un líquido: Que se transforma espontáneamente en vapor. (Diccionario Enciclopédico Océano Uno, 2013)

### 1.8. Hipótesis

- A mayor kilometraje recorrido por el vehículo, mayor índice de opacidad registrado.
- Si el cambio de aceite y filtro de motor se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.
- Si el cambio de filtro de combustible de partículas se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.
- Si el cambio de filtro de separación de agua-combustible se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.
- Si el cambio de filtro de aire se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.

## 1.9. Variables de investigación

**Tabla No. 1.1**  
**Matriz de Operacionalización de Variables**

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICA/ INTRUMENTOS	ESCALA VALORATIVA
<p><b><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u></b></p> <p><b>FACTORES DE INCIDENCIA EN LA OPACIDAD</b></p>	<p><b>VALIDACIÓN DE FACTORES</b></p>	<p>Factores que determinan el nivel de opacidad de los vehículos</p>	<p>¿Cuáles son los principales factores que inciden en la contaminación de los vehículos livianos con motor a diesel?</p>	Entrevista	Opinión
			<p>¿Considera que la Norma Técnica Ecuatoriana que regula la calidad del diesel Premium, es suficiente para disminuir la contaminación en el país?</p>	Entrevista	Opinión
			<p>¿La actual norma técnica sobre calidad del diesel Premium, es suficiente para disminuir la contaminación en el país?</p>	Entrevista	Opinión
			<p>¿Usted cree que, es suficiente que se realice una revisión por año a los vehículos livianos?</p>	Entrevista	Opinión
			<p>Con respecto al límite máximo de opacidad permitido (60% a vehículos hasta el año 1999 y 50% a vehículos del año 2000 en adelante) ¿Podría este ser disminuido?</p>	Entrevista	Opinión
	<p><b>KILOMETRAJE RECORRIDO</b></p>	<p>Número de kilómetros recorridos por el vehículo</p>	<p>¿Cuál es el kilometraje recorrido por el vehículo durante la prueba de opacidad?</p>	Observación directa	Numérica: 00.00 Kilómetros en adelante
	<p>Km recorrido para cambio de aceite y filtro de motor</p>	<p>¿Con qué frecuencia cambia el aceite y filtro del motor de su vehículo?</p>	Encuesta	Numérica: De 3000 a 10000 Km	
	<p>Km recorrido para</p>	<p>¿Con qué frecuencia cambia el filtro de combustible de</p>	Encuesta	Numérica:	

	<b>MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO (Propietarios)</b>	cambio de filtro de combustible de partículas	partículas de su vehículo?		De 5000 a 20000 Km
		Km recorrido para cambio de filtro de separación de aire-combustible	¿Con qué frecuencia cambia el filtro de separación de aire-combustible de su vehículo?	Encuesta	Númerica: De 10000 a 40000 Km
		Km recorrido para cambio de filtro de aire	¿Con qué frecuencia cambia el filtro de aire de su vehículo?	Encuesta	Númerica: De 5000 a 20000 Km
		Km recorrido para limpieza de inyectores	¿Ha realizado limpieza de inyectores de su vehículo?	Encuesta	Nominal: Si - No
			¿A qué kilometraje hace limpieza de inyectores de su vehículo?	Encuesta	Númerica: 00,00 Km en adelante
		Km recorrido para mantenimiento de bomba de inyección	¿Ha realizado mantenimiento a la bomba de inyección de combustible de su vehículo?	Encuesta	Nominal: Si - No
		¿A qué kilometraje hace mantenimiento de bomba de inyección de combustible de su vehículo?	Encuesta	Númerica: 00,00 Km en adelante	
	Tipo de repuestos utilizados para mantenimiento del vehículo.	¿Qué tipo de repuestos utiliza cuando realiza mantenimiento de su vehículo?	Encuesta	Nominal: Originales – Alternos	
	Concesionario autorizado	¿Cuál es nombre de su concesionario?	Entrevista	Nominal	
	Km recorrido para	¿Con qué frecuencia se debe cambiar el aceite y filtro del	Entrevista	Númerica:	

	<b>MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO (Concesionario)</b>	cambio de aceite y filtro de motor	motor?		De 3000 a 10000 Km
		Km recorrido para cambio de filtro de combustible de partículas	¿Con qué frecuencia se debe cambiar el filtro de combustible de partículas?	Entrevista	Numérica: De 5000 a 20000 Km
		Km recorrido para cambio de filtro de separación de aire-combustible	¿Con qué frecuencia se debe cambiar el filtro de separación agua-combustible?	Entrevista	Numérica: De 10000 a 40000 Km
		Km recorrido para cambio de filtro de aire	¿Con qué frecuencia se debe cambiar el filtro de aire?	Entrevista	Numérica: De 5000 a 20000 Km
		Km recorrido para limpieza de inyectores	¿Se debe realizar limpieza de inyectores?	Entrevista	Nominal Si - No
			¿A qué kilometraje?	Entrevista	Numérica: 00,00 Km en adelante
	Km recorrido para mantenimiento de bomba de inyección	¿Se debe realizar mantenimiento a la bomba de inyección de combustible? ¿A qué kilometraje?	Entrevista Entrevista	Nominal: Si – No Numérica: 00,00 Km en adelante	
<b>CALIDAD DEL DIESEL (Prueba de fluorescencia)</b>	Análisis de fluorescencia del diesel	¿Cuál es la tonalidad o apariencia física de las muestras de diesel? ¿Se observa la presencia de impurezas en las muestras de diesel?	Ficha de observación Ficha de observación	Opinión Opinión	

	<b>CALIDAD DEL DIESEL (Pruebas de opacidad)</b>	Pruebas de opacidad con muestras de diferente procedencia del país	¿Cuál es el porcentaje de opacidad del vehículo para cada muestra de diesel?	Ficha de observación	Numérico De 0% a 100%
<b><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u></b>  <b>NIVEL DE OPACIDAD DE LOS VEHÍCULOS</b>	<b>MEDICIONES DE OPACIDAD</b>	Porcentaje de opacidad del vehículo	¿Cuál es el nivel de opacidad que registra el vehículo?	Observación directa	Numérico De 0% a 100%
		Marca del vehículo	¿Cuál es la marca del vehículo?	Observación directa	Nominal
		Modelo del vehículo	¿Cuál es el modelo del vehículo?	Observación directa	Nominal
		Año de fabricación del vehículo	¿Cuál es el año de fabricación del vehículo?	Observación directa	Numérico

Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

### **1.10. Metodología de la investigación**

El trabajo de grado presentado en este informe, se basa en el método científico, por tal razón se recurrió a la metodología que éste método propone para el desarrollo de una investigación.

### **1.11. Modalidad de investigación**

La investigación se ejecutó bajo la modalidad cuali-cuantitativa, es decir *mixta*, para lo cual se hizo uso de diferentes técnicas e instrumentos de investigación que permitieron recabar la información necesaria para el estudio de las variables y su posterior análisis e interpretación de resultados.

### **1.12. Tipo de investigación**

La categoría del estudio corresponde a la investigación *descriptiva y correlacional*, puesto que, ciertos aspectos de las variables que componen el objeto de estudio, fueron estudiados con fines descriptivos, mientras que otros aspectos fueron estudiados para correlacionar las variables involucradas y establecer conclusiones de relevancia acerca de los niveles de opacidad de los vehículos livianos con motor a diesel de la provincia de Imbabura.

En síntesis el proceso de investigación se llevó a cabo según los instrumentos detallados en la tabla No. 1.2 que se muestra a continuación:

**Tabla No. 1.2**

**Resumen metodológico de factores de estudio, técnicas e instrumentos de investigación**

FACTOR DE ESTUDIO	TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN /MUESTRA	FUENTE DE INFORMACIÓN
Factores que determinan el nivel de opacidad de los vehículos	Entrevista	Cuestionario Estructurado	Un especialista técnico en tema de opacidad vehicular. Secretaría del Ambiente.	Secretaría del Ambiente. Jefe del Departamento Técnico.
Niveles de opacidad, placa, marca, modelo, año de fabricación, etc. de los vehículos livianos con motor diesel de la provincia de Imbabura	Observación y medición	Ficha de observación de	Muestra de 50 vehículos con motor de combustible diesel de la provincia de Imbabura	Investigador aplicador de prueba de opacidad
Mantenimiento de vehículos a diesel por parte de los propietarios	Encuesta	Cuestionario de selección	Muestra de 50 propietarios de vehículos a diesel a quienes se realizó la pruebas de opacidad	Propietarios de los vehículos
Especificaciones técnicas del fabricante para mantenimiento de los vehículos a diesel	Entrevista	Cuestionario estructurado	Censo a 8 concesionarios de vehículos de la provincia de Imbabura	Jefes de taller de concesionarios de vehículos de Imbabura
Calidad del diesel suministrado a los vehículos	Ensayo y mediciones	Ficha de observación	Un vehículo con motor a diesel. Muestras de diesel de 10 lugares diferentes del país	Investigador aplicador de la prueba de opacidad y ejecutor del ensayo

Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**1.13. Población de investigación**

Como se muestra en la tabla No. 1.2, la recolección de información se realizó con diferentes unidades de análisis. Para las mediciones generales de opacidad se consideró el parque automotor de la provincia de Imbabura cuyo número oscila entre los 35.000 vehículos, sin embargo no se pudo precisar a cuánto asciende la cantidad de vehículos livianos con motores de combustible diesel (*N*, población de

*interés*), pues según el Director de la Agencia Nacional de Tránsito, esos datos no estaban a disposición de la institución. En tal caso, se determinó que para el cálculo del tamaño de la muestra se trabajará en función de la fórmula para muestras con población infinita.

En el caso de la validación de factores que ocasionan la opacidad de los vehículos con motor a diesel, se aplicó la encuesta a un solo informante, que es el actual Jefe del Departamento Técnico de la Secretaría del Ambiente, Mgs. Álex Guzmán, persona que respondió al cuestionario estructurado preparado con anticipación.

La encuesta aplicada a los propietarios de los vehículos está relacionada con la determinación del tamaño de la muestra de los vehículos con motor a diesel de la provincia de Imbabura, pues ésta se aplicó a sus dueños. Es decir que, tampoco se conoció la población y por lo tanto se procedió a aplicar el cuestionario una vez que se definió la muestra de vehículos, para así ubicar a sus propietarios.

Finalmente, se realizó un censo a los 8 concesionarios de vehículos localizados en la provincia de Imbabura, por medio de sus jefes de taller, quien fueron los responsables de contestar al cuestionario estructurado para la recopilación de datos.

### 1.14. Tamaño de la muestra

La muestra fue calculada con la fórmula para determinar el tamaño de la muestra cuando se desconoce la población de investigación:

$$n = \frac{Z^2 * (p * q)}{i^2}$$

**Dónde:**

**n** = tamaño de la muestra

**z** = valor correspondiente a la distribución de gauss.

**P** = prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse ( $p = 0.5$ ), que hace mayor el tamaño de la muestra

**q** =  $1 - p$  (si  $p = 70\%$ ,  $q = 30\%$ )

**i** = error que se prevé cometer

Entonces, para esta investigación se calcula el valor de **n**, con los siguientes datos:

**n** = ?

**z** = 1,96

**P** = 0,85

**q** =  $1 - p$  (si  $p = 0,85$ ;  $q = 0.15$ )

**i** =  $10\% = 0,10$

$$n = \frac{1,96^2 * (0,85 * 0,15)}{0,1^2}$$

$$n = 50$$

***n = 50 vehículos livianos con motor de combustible diesel de Imbabura.***

Aplicada esta fórmula se obtuvo el valor de  $n = 50$ , con el cual se procede a:

- Aplicar la encuesta a propietarios de vehículos
- Realizar mediciones de opacidad
- Aplicar encuesta de mantenimiento a propietarios

En el caso de la *muestra de combustible diesel* que se utilizó para la prueba de fluorescencia, no se aplicó la fórmula de cálculos para el tamaño muestral, pues ésta fue tomada de acuerdo al criterio de los investigadores por cuestiones de logística y acceso a las mismas, quedando establecida como  **$n = 10$** .

### **1.15. Técnicas e instrumentos de investigación**

Para recopilar la información se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de investigación:

**Entrevista.-** Durante la investigación se aplicaron dos entrevistas:

- Entrevista al Jefe del Departamento Técnico de la Secretaría del Ambiente.
- Entrevista a jefes de taller de los concesionarios de vehículos de la provincia de Imbabura

**Encuesta.-** Se aplicó una encuesta de mantenimiento a los cincuenta propietarios de los vehículos con motores a combustible diesel, a los cuales se midió la opacidad.

**Observación.-** Las fichas de observación se encuentra en dos fases de la investigación:

- Ficha de observación para mediciones de opacidad a vehículos
- Ficha de observación para prueba de fluorescencia y ensayo de calidad del diesel

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Los combustibles fósiles

Se llaman combustibles a aquellas materias primas fósiles empleadas en combustión que se han formado a partir de plantas u otros organismos vivos que existieron hace muchos años en la tierra, y que en la actualidad se los encuentra debajo de ella, el carbón<sup>2</sup> en todas sus variedades, el petróleo y el gas natural.

El carbón, el lignito<sup>3</sup> y la turba<sup>4</sup> tienen su origen en los restos oceánicos de árboles y plantas de bosques que se hundieron en los pantanos, se pudrieron como consecuencia de la acción del agua y las bacterias, se fueron cubriendo poco a poco de lodo o fango y se convirtieron en rocas, el petróleo por su parte procede probablemente de la descomposición bacteriana de restos animales y vegetales (principalmente plancton) en grasas que existían en las cercanías de lagos y mares; el carbón, petróleo y gas natural son compuestos orgánicos formados principalmente por hidrocarburos.

Adame, A. (2011) explica:

“Los hidrocarburos representan una amplia gama de compuestos químicos orgánicos formados sólo por átomos de hidrógeno y carbono. Éstos pueden agruparse formando cadenas rectas o ramificadas, compuestos cíclicos sencillos o combinados, y pueden ser

---

<sup>2</sup> El carbón es un mineral rocoso sedimentario de color negro, muy rico en carbono, contiene cantidades variables de otros elementos como hidrógeno, azufre, oxígeno y nitrógeno, y se utiliza en la combustión fósil.

<sup>3</sup> El lignito es un carbón mineral que se forma mediante la compresión de la turba, convirtiéndose en una sustancia que se puede desmenuzarse, en ella aún se pueden reconocer ciertas estructuras vegetales.

<sup>4</sup> La turba es un material de origen orgánico, tiene color pardo oscuro y es rico en carbono. Este material está compuesto por una masa esponjosa y ligera en la que se pueden observar ciertos componentes vegetales que la originan.

saturados o insaturados. Debido a su alta reactividad, los hidrocarburos insaturados son de considerable importancia en procesos fotoquímicos en la atmósfera” (p. 35)

Los hidrocarburos constituyen los elementos esenciales del petróleo, sus moléculas no contienen más que carbono e hidrógeno y se divide en varias familias químicas según su estructura, todas estas estructuras están basadas en la tetra valencia del carbono.

### 2.1.1. Estructura de los combustibles fósiles

Los crudos tienen características físicas y químicas muy variables de acuerdo al lugar donde yacía, se clasificación en “pesados y livianos”, al estar formado principalmente por moléculas hidrocarbonadas la densidad de un crudo será tanto menor cuanto mayor sea la relación atómica H/C, la densidad de los crudos puede oscilar entre 0.7 y 1 expresados en grados API (American Petroleum Institute<sup>5</sup>).

**Tabla No. 2.1**  
**Principales productos petroleros, intervalos de temperatura de ebullición, número de átomos de carbono y sus tipos de uso.**

FRACCIÓN	PUNTO DE EBULLICIÓN (°C)	CANTIDAD DE ÁTOMOS DE CARBONO EN LA CADENA	USOS
Gas	20 a 40	1 a 5	Gas domestico
Gasolina	40 a 180	6 a 10	Vehículos y aviones
Queroseno	180 a 230	11 a 12	Calefactores y estufas
Combustibles Diesel	130 a 305	13 a 17	Vehículos y maquinaria pesada
Lubricantes ,Ceras	305 a 405	18 a 25	Motores
Asfalto	sobre los 515	39	Carreteras

**ELABORADO POR: LUNA PABLO Y MIER JUAN**

<sup>5</sup> El American Petroleum Institute “API” es conocido en español como el Instituto Americano del Petróleo, es la asociación comercial más importante de los EEUU, la cual representa alrededor de 400 corporaciones relacionadas en la producción, refinamiento, distribución y otras actividades afines a la industria petrolera y de gas natural.

### 2.1.2. Obtención del petróleo<sup>6</sup>

El petróleo es uno de los llamados combustibles fósiles. Esta categoría, engloba, también, al carbón y al gas. Son fósiles porque su formación comenzó, según la teoría más aceptada, hace millones de años. A medida que la vida marina microscópica (fitoplancton y zooplancton) muere, se deposita en el fondo del mar y esos restos quedan enterrados en estratos de arcilla, limo y arena. Juntos arena y material orgánico fueron formando diferentes capas. La acumulación de sedimentos entierra las primeras capas cada vez a más profundidad por lo que cada vez van siendo mayores la presión y la temperatura que soportan. (Parra, 2013, p. 31)

Este compuesto es una de las sustancias más valiosas que podemos obtener de la tierra y se lo conoce también como aceite mineral. Se encuentra en el interior de la tierra. Se obtiene mediante la excavación de la tierra formando un pozo con torres de perforación, ya sean plataformas marinas o sobre la superficie terrestre, sobre el yacimiento, pudiendo encontrarse a varios kilómetros de profundidad.

Si la presión del fluido es suficiente, la salida del petróleo es natural a través del pozo que se conecta mediante una red de oleoductos hacia su tratamiento primario donde se deshidrata y estabiliza eliminando los compuestos más volátiles, posteriormente se transporta a refinerías o plantas de mejoramiento, por consiguiente la presión descenderá y será necesario usar otras técnicas para la extracción del petróleo, estas técnicas incluyen la extracción mediante bombas, la inyección de gas comprimido y drenaje con agua caliente o con vapor.

---

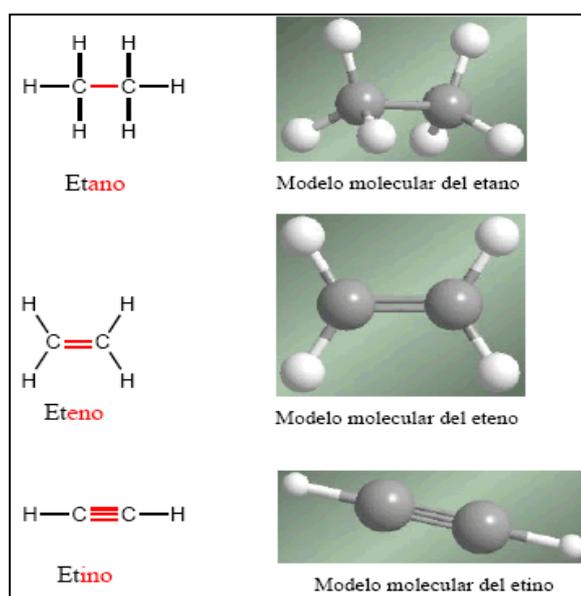
<sup>6</sup> Parra, Enrique. (2013) "PETRÓLEO Y GAS NATURAL: INDUSTRIA, MERCADOS Y PRECIOS. Parte II.- Naturaleza y utilidad del petróleo y del gas natural.

Las extracciones más ricas de petróleo pueden encontrarse dentro de las capas subterráneas bajo las aguas de los mares o las extensiones de los desiertos, al igual que en algunas regiones cubiertas de espesas selvas tropicales

### 2.1.3. Propiedades del petróleo

Como se mencionó anteriormente los hidrocarburos constituyen los elementos esenciales del petróleo. “La composición elemental del petróleo es muy variable: 83-87 por 100 de carbono, 11-16 por 100 de hidrógeno y 0-4 por 100 de azufre. Nótese que la mayoría de los crudos contienen sustancialmente más hidrógeno que el carbón” (Parra, 2013, p.33)

**Imagen No. 2.1**  
**Cadenas moleculares Carbono-Carbono<sup>7</sup>**



**FUENTE: WELLS, A, QUÍMICA INORGÁNICA ESTRUCTURAL**

<sup>7</sup> El carbono es un elemento químico con número atómico 6 y su símbolo es C. A temperatura ambiente es sólido y dependiendo de las condiciones de formación, puede encontrarse de formas diferentes alotrópicas, carbono amorfo y cristalino en forma de grafito o diamante respectivamente.

Las cadenas moleculares unidas por enlace múltiple dan lugar a insaturaciones, una misma molécula puede tener varios enlaces múltiples y se le llama conjugados en el caso de que los enlaces múltiples estén separados por un enlace simple.

#### 2.1.4. Proceso de refinamiento<sup>8</sup> del petróleo

El petróleo llega a las refinerías en su estado natural para su procesamiento, se lo lleva a temperaturas muy altas, y con esto lo que se hace es cocinarlo, por lo cual se lo denomina también como crudo. La operación fundamental de las refinerías es la destilación fraccionada del petróleo bruto. Esto se hace en grandes calderas con torres de rectificación muy eficaces para su destilación, como se observa en el gráfico.

**Imagen No. 2.2**  
**Proceso de refinamiento del petróleo**



**FUENTE: SANZ, SANTIAGO, QUÍMICA ORGÁNICA BÁSICA Y APLICADA: DE LA MOLÉCULA A LA INDUSTRIA**

<sup>8</sup> El refinamiento es el proceso mediante el cual el crudo (petróleo en bruto) es separado en fracciones adecuadas para preparar, a partir de ellas, diferentes productos como gasolinas, naftas, destilados, combustibles residuales, asfalto, lubricantes y ceras. El petróleo necesita ser refinado para que se vuelva útil y pueda ser aprovechado como fuente de energía o materias primas.

El petróleo llega a las refinerías a través de oleoductos o mediante barcos petroleros, las fracciones que se destilan pueden variar según la demanda de productos y la calidad del crudo, las operaciones de refinamiento de las fracciones brutas tienen varios fines:

1. Aumentar la proporción de gasolina: partiendo de fracciones más pesadas, rompiendo las cadenas largas (craqueo catalítico e hidrocraqueo de queroseno, gasóleo o fuel).
2. Mejorar la calidad de las gasolinas (reformado catalítico)
3. Obtener benceno, tolueno, y xilenos para la industria química (reformado catalítico)
4. Obtener alquenos (etileno y propileno, butenos y butadieno) para la industria química

Los productos con más Valor añadido de las refinerías de petróleo son el etileno, el butadieno, el benceno y el p-xileno y en segundo término el propileno los butenos y el tolueno.

Cada una de las fracciones se somete a los procesos de refinado y otros de transformación para mejorar sus propiedades o aumentar el rendimiento a los productos de mayor demanda.

## **2.2. El diesel**

El diésel o gasóleo es un “producto líquido, mezcla de hidrocarburos que contienen de 13 a 25 átomos de carbono, que se saca del petróleo crudo por

destilación fraccionada y que sirve como combustible de motores diésel” (Diccionario de la Lengua Española, 2007). Este hidrocarburo de estado líquido tiene una densidad 832 Kg/m<sup>3</sup>, y está formado principalmente por parafinas, es utilizado también como combustible para calefacciones.

### **2.2.1. Requisitos técnicos de calidad de diesel en Ecuador**

En el país existe el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)<sup>9</sup>, el cual a través de la expedición de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:2012 determina los requisitos de los productos derivados del petróleo, específicamente el diesel. Por consiguiente la norma establece los requisitos que debe cumplir el diesel para comercializarse en el territorio ecuatoriano y determina lo siguiente:

Diesel Premium.- Este combustible destinado solo para las ciudades de Quito y Cuenca por requerimientos de estos municipios que lo han obtenido mediante ordenanzas debido a su bajo contenido de azufre que posee un máximo de 500 ppm.”(NTE INEN 1489, 2012, p. 1)

---

<sup>9</sup> INEN /Organismo técnico nacional, eje principal del Sistema Ecuatoriano de la Calidad en el país, competente en Normalización, Reglamentación Técnica y Metrología, que contribuye a garantizar el cumplimiento de los derechos ciudadanos relacionados con la seguridad; la protección de la vida y la salud humana, animal y vegetal; la preservación del medio ambiente; la protección del consumidor y la promoción de la cultura de calidad y el mejoramiento de la productividad y competitividad en la sociedad ecuatoriana (www.inen.gov.ec, 2014)

### 2.2.1.1. Requisitos técnicos

**Tabla No.2.2<sup>10</sup>**  
**Requisitos que debe cumplir el diesel Premium de bajo contenido de azufre**

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO OE ENSAYO
Punto de inflamación	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
Contenido de agua y sedimento	%	-	0,05	NTE INEN 1494
Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación	%	-	0,15	NTE INEN 1491
Contenido de ceniza	%	-	0.01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%		-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 37,8 °C	CSt	2,5	6,0	NTE INEN 810
Contenido de azufre	%	-	0.05	ASTM 4294 NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No.3	NTE INEN 927
índice de cetario calculado	-	45	.	NTE INEN 1495
Contenido de biodiesel.	%	Nota 1	5	NTE INEN 14078
NOTA 1: De no contener biodiesel no es necesario la realización de este ensayo				

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización / NTE INEN 1489:2012. Requisitos del diesel No. 2 de bajo contenido de azufre.

En el Ecuador desde Enero del 2014 se comercializa 1 tipo de combustibles que es el Diesel Premium de bajo contenido de azufre, para todas las provincias del Ecuador, como se aprecia en la tabla 2.2.

<sup>10</sup> Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1489:2012. PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. DIESEL REQUISITOS.

### 2.2.2. Gases contaminantes del ambiente

“Varios gases contaminantes inorgánicos gaseosos entran en la atmósfera como resultado de actividades humanas, siendo los que han acumulado en mayores cantidades CO, SO<sub>2</sub>, NO y NO<sub>2</sub>” (Stanley, E. Manaham, 2008, p. 408)

Los gases contaminantes son perjudiciales para el ambiente y los seres vivos. Estos gases son uno de los principales factores que cambian el equilibrio de la naturaleza. El problema de la contaminación ambiental es expuesto en conferencias, periódicos y televisión. En ciudades muy contaminadas, tales como México, Beijing, Santiago de Chile, etc., se dan reportes a diario en los medios de comunicación que hacen referencia sobre la cantidad de partículas por millón (ppm) de monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxido de nitrógeno (NO) y plomo (Pb) que sobrepasan los niveles aceptables con el propósito de prevenir a la población sobre los efectos de la salud.

Stanley, E. (2008) propone que existen dos tipos de contaminantes atmosféricos que se agrupan en:

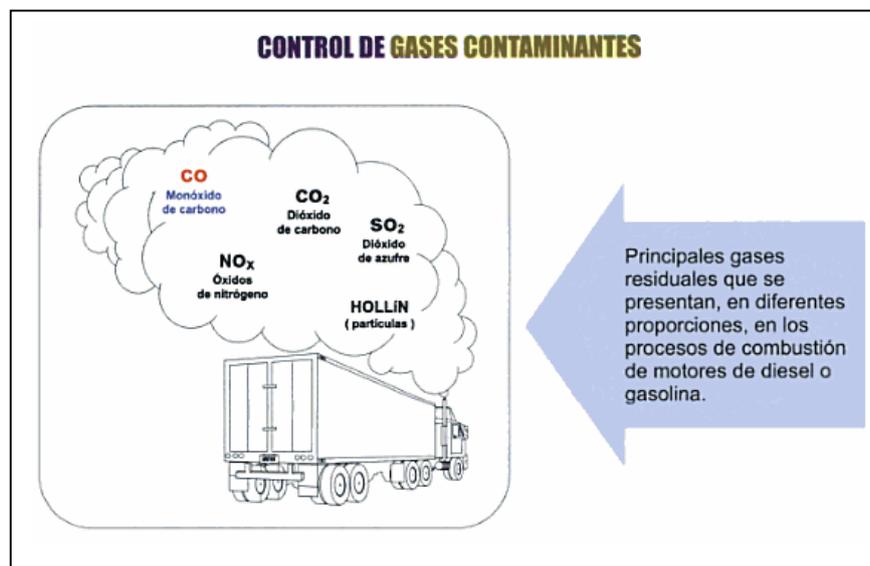
Contaminantes Primarios<sup>11</sup>, son los que permanecen en la atmósfera tal y como son lanzados, este es el caso de los hidrocarburos (HC), los óxidos de azufre (SO), el monóxido de carbono (CO) el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el plomo, estos por lo regular son producidos por motores de combustión.

---

<sup>11</sup> Stanley, E. Manaham (2008) Introducción a la Química Ambiental. Capítulo 9.- Contaminación del aire. Contaminantes atmosféricos primarios y secundarios.

Contaminantes Secundarios, son los contaminantes producto de una reacción química de dos o más contaminantes primarios, sujetos a cambios químicos como es el caso de los oxidantes foto químicos y otros de corta duración como el ozono (O).

**Imagen No. 2.3**  
**Principales gases contaminantes emitidos por los procesos de combustión en motores diesel**



Fuente: <http://www.educarchile.cl>

### 2.2.2.1. Monóxido de carbono (CO)<sup>12</sup>

“El monóxido de carbono, CO, es un constituyente natural de la atmósfera y un contaminante cuando está presente por encima de las concentraciones normales de fondo (Novelli, 2003)”. (Stanley, E. Manaham, 2008).

También denominado óxido de carbono, gas carbonoso y anhídrido carbonoso cuya fórmula química es CO, es un gas inodoro, incoloro,

<sup>12</sup> Stanley, E. Manaham (2008) Introducción a la Química Ambiental. Capítulo 9.- Contaminación del aire.

inflamable y altamente tóxico, puede causar la muerte cuando se respira niveles elevados. Se produce por la combustión incompleta de motores de combustión a gasolina, diesel y en menor proporción sustancias como gas, kerosén, carbón, tabaco o madera. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua o calefones y los aparatos domésticos que queman combustible como las estufas de la cocina o los calentadores a keroseno también pueden producirlo sino están funcionando bien.

Al respirar monóxido de carbono, aún en moderadas cantidades, puede causar la muerte por envenenamiento en pocos minutos por que sustituye el oxígeno en la hemoglobina de la sangre, una vez respirada una cantidad grande de monóxido de carbono (teniendo un 75% de la hemoglobina con monóxido de carbono) la única forma de sobrevivir es respirando oxígeno puro, las mujeres embarazadas y sus bebes, los niños pequeños, las personas mayores y las que sufren de anemia, problemas al corazón o respiratorios puede ser mucho más sensibles al monóxido de carbono.

#### **2.2.2.2. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)<sup>13</sup>**

El dióxido de carbono también denominado óxido de carbono es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono, su fórmula química es CO<sub>2</sub>. Adame, A. (2011) define al dióxido de carbono: “es un gas componente de la atmósfera terrestre. Se produce cuando la materia orgánica es quemada,

---

<sup>13</sup> Adame, A. (2011) Contaminación ambiental y calentamiento global. Capítulo I.- Contaminación ambiental. Capítulo II.- Contaminación del aire. (p. 8-58)

desgastada por la intemperie o descompuesta biológicamente (...)"  
(p. 24).

El dióxido de carbono junto al vapor de agua y otros gases, es uno de los gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen a que la tierra tenga una temperatura tolerable para la biomasa, por otro lado, un exceso de dióxido de carbono se supone que acentuaría este el fenómeno conocido como efecto invernadero reduciendo la emisión de calor al espacio y provocando un mayor calentamiento del planeta sin embargo se sabe también que un aumento de la temperatura del mar por otras causas (como la intensificación de la radiación solar) provoca una mayor emisión del dióxido de carbono que permanece disuelto en los océanos (en enormes cantidades) de tal forma que la variación del contenido de gases en el aire podría ser causa y/o consecuencia de los cambios de temperatura, esta situación aún no ha sido resuelta por la ciencia.

En los últimos años la cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera ha presentado un aumento, será pasado de unas 280 ppm en la era pre industrial a unas 390 ppm en 2009 (aún cuando su concentración global en la atmósfera es de apenas 0.039%), este aumento podría contribuir según el grupo inter gubernamental de expertos sobre el cambio climático promovido por la ONU, calentamiento global del clima planetario, en oposición, otros científicos dudan de que la influencia de los gases llamados de efecto invernadero (básicamente anhídrido carbónico y metano)

había sido crucial en el calentamiento o que siguió registrando en promedio en la superficie terrestre en los últimos 10 años

### **2.2.2.3. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

El dióxido de azufre es un óxido cuya fórmula molecular es SO<sub>2</sub>, es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que con el tiempo, el contacto con el aire y la humedad se convierte en trióxido de azufre, la velocidad de esta reacción en condiciones normales es baja, en agua se disuelve formando la disolución ácida.

Para Stanley, .E. (2008):

“En la atmósfera hay numerosas fuentes de azufre gaseoso, como las emisiones de sulfuro de hidrógeno, H<sub>2</sub>S, por la acción de bacterias que proliferan en ausencia de oxígeno, el dimetil sulfuro, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S, de los organismos en el océano y el dióxido de azufre emitido por los volcanes. Las fuentes más importantes de dióxido de azufre emitido por los volcanes. Las fuentes más importantes de dióxido de azufre atmosférico son fuentes contaminantes, sobre todo la combustión de carbón que contiene azufre” (pág. 409)

La oxidación del dióxido de azufre a trióxido de azufre puede producir reacción en el ozono, la reacción ocurre en forma espontánea en las capas altas de la atmósfera, el trióxido de azufre al reaccionar con el agua presente las nubes produce ácido sulfúrico el cual disminuye el pH del agua y se precipita en forma de lluvia ácida.

El dióxido de azufre es liberado en muchos procesos de combustión, en los que combustibles como el carbón, el petróleo, el diesel o el gas natural contienen cierta cantidad de compuestos azufrados, por esta razón se intenta eliminar estos compuestos antes de su combustión por ejemplo mediante la hidrosulfuración en los derivados del petróleo o con lavados del gas natural haciéndolo más “dulce”; en la naturaleza el dióxido de azufre se encuentra sobre todo en las proximidades de los volcanes y las erupciones pueden liberar cantidades importantes.

#### **2.2.2.4. Óxido de nitrógeno (NO)**

“El óxido de nitrógeno es una gas incoloro, sin sabor, relativamente no tóxico. Es producido naturalmente por procesos biológicos anaeróbicos en el agua y en el suelo, por procesos de combustión y por destrucción fotoquímica de compuestos de nitrógeno en la atmósfera” (Adame, A., 2011)

El término óxidos de nitrógeno (NO) se aplica a varios compuestos químicos binarios gaseosos, formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno, es el proceso de formación más habitual en estos compuestos inorgánicos en la combustión a altas temperaturas, proceso en el cual habitualmente el aire es el comburente. (Stanley, E. Manaham, 2008)

El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente, ninguno de los dos es inflamable, el monóxido de nitrógeno es un

gas a temperatura ambiente de olor dulce, penetrante, fácilmente oxidable a dióxido de nitrógeno, mientras que el dióxido de nitrógeno tiene un fuerte olor desagradable, es un líquido a temperatura ambiente pero se transforma en un gas pardo rojizo a temperaturas sobre los 21°C.

Los óxidos de nitrógeno son liberados al aire desde el escape de los vehículos motorizados (sobre todo diesel y de mezcla pobre), de la combustión del carbón, petróleo o gas natural y durante procesos tales como la soldadura por arco, grabado de metales y detonación de dinamita, también son producidos comercialmente al hacer reaccionar el ácido nítrico con metales o con celulosa.

Los óxidos de nitrógeno una vez liberados al aire por las combustiones ( $\text{NO}_x$ ) forman una niebla mezclada con humo y partículas en suspensión (smog), propia de las ciudades industriales, típica de las zonas con gran concentración de vehículos de motor. Los motores que más producen los óxidos son los diesel y los de mezcla pobre en oxígeno.

### **2.3. Los motores a diesel**

“El motor de combustión interna hace posible la transformación de calor en trabajo mecánico. El primer motor de estas características se construyó en 1863, consumía gas de alumbrado y tan solo era capaz de aprovechar el 3% de la energía de la combustión. Desde entonces este motor no ha dejado de evolucionar, aunque sus principios básicos de funcionamiento se mantienen en la actualidad. (Sanz, S., 2009)

Actualmente, estos motores sirven para todo tipo de vehículos autopropulsados como automóviles, camiones, maquinaria agrícola (tractores y cosechadoras), maquinaria pesada (camiones, retroexcavadoras, etc.), propulsión ferroviaria y propulsión marina. Además, este tipo de motor tiene otras aplicaciones como: generadores eléctricos (centrales eléctricas y de emergencia), compresores, motobombas, motosierras y accionamiento industrial (bombas, compresores, etc.)

El motor de combustión interna se desarrolla como una evolución de la máquina de vapor, en este motor el trabajo se obtiene por la combustión interna de la mezcla de aire y combustible a diferencia de la máquina de vapor que aprovecha la presión del vapor de agua que se produce por una combustión externa. El primer motor de combustión interna fue construido por el francés Etienne Lenoir, en 1863, este motor fue mejorado notablemente por el alemán Nikolaus Otto que en 1863 inventó el primer motor que funcionaba con el ciclo de cuatro tiempos, en su honor este motor de explosión se denomina motor Otto”

En 1878, el escocés Dugald Clerk construye el primer motor de dos tiempos, en 1885 Daimler monta sobre un vehículo de dos ruedas un motor de gasolina de alta velocidad desarrollado por el ingeniero Maybach. Posteriormente lo monta sobre un carruaje de cuatro ruedas, se puede decir que a partir de este momento comienza la historia del automóvil.

En 1892, el alemán Rudolf Diesel inventó un motor que funciona con combustibles pesados, este motor se conocerá como el motor Diesel, 5 años después se construye el primero de estos motores el cual será aplicado en un camión por primera vez en el año 1923.

El motor Diesel puede ser definido como un motor térmico de combustión interna, se denomina así ya que transforma la energía térmica en energía mecánica mediante la combustión de una mezcla de aire y combustible que se quema interiormente generando un trabajo mecánico.

### **2.3.1. Clasificación de los motores**

Los motores de combustión interna pueden ser clasificados atendiendo a diferentes aspectos (Sanz, S., 2009):

Por la forma de iniciar la combustión:

- Motores Otto
- Motores Diesel
- Motores de pistón alternativo
- Motores de pistón rotativo
- Motor radial

Por el tiempo de trabajo:

- 4 tiempos
- 2 tiempos
- 5 tiempos

Por la forma de alimentación:

- Motores de aspiración natural

- Motores sobrealimentados

Por el modo de lubricación:

- Motores de cárter húmedo
- Motores de cárter seco

### **2.3.2. Constitución del motor diesel<sup>14</sup>**

La estructura básica del motor diesel es muy parecida a la del motor Otto, las principales diferencias se pueden encontrar en el sistema de inyección y en la forma la cámara de combustión, los demás elementos constructivos presentan unas características que se adaptan a sus duras condiciones de trabajo, el diesel es un motor que desarrolla altas presiones en la compresión y en la combustión alcanzando temperaturas muy elevadas por lo que sus piezas deben ser robustas y muy precisas en sus ajustes, como consecuencia este motor es más pesado y tiene un mayor costo o de fabricación (Sanz, S., 2009).

Los pistones se construyen reforzados en diferentes zonas y con unas características específicas del bulón, encargado de transmitir la fuerza a la biela por lo tanto este es más resistente, además cuenta con anillos de acero en la ranura del segmento superior para soportar las altas temperaturas, la dilatación térmica se regulariza de forma muy precisa mediante la inserción de placas de acero, los pistones generalmente se refrigeran por medio de surtidores de aceite; otros elementos que se

---

<sup>14</sup> Motores. Mantenimiento de vehículos autopropulsados. Sans, S. (2009). Constitución de los motores a diesel.

refuerzan en el motor diesel son: el cigüeñal, las bielas, los soportes de bancada y los cojinetes de fricción, también en los sistemas de refrigeración y engrase se adecúan a las mayores exigencias de este tipo de motor.

### **2.3.3. Características y funcionamiento del motor diesel<sup>15</sup>**

El motor diesel también llamado motor de encendido por compresión, consume combustible pesado como el gasóleo, la mezcla se realiza en el interior de la cámara de combustión y se inflama al inyectar el combustible sobre el aire calentado por la fuerte compresión, las presiones que se producen son muy elevadas y sus componentes deben ser robustos y pesados por lo que el número de revoluciones queda limitado.

Los motores diesel pueden alcanzar las 5000 rpm, tomando en cuenta que si se sobrepasa ese régimen el motor se vuelve ineficiente.

El funcionamiento del motor diesel se diferencia esencialmente del motor Otto, en la forma de realizar la mezcla, en el modo de producirse el encendido y en el desarrollo de la combustión, en este tipo de motor la mezcla se lleva a cabo en el interior del cilindro y la combustión se inicia por auto encendido, para realizar los 4 tiempos del ciclo de funcionamiento se necesitan dos vueltas del cigüeñal. (Kates, E. & Luck, William, 2009)

El motor diesel es un motor térmico o de combustión interna. En la admisión se introduce únicamente aire que se mezcla con el combustible

---

<sup>15</sup> Kates, E. et al. (2009). Motores diesel de gas de alta compresión. Características y funcionamiento de los motores a diesel.

dentro del cilindro, disponen de un sistema de inyección que introduce el combustible pulverizado en la cámara de combustión.

La Temperatura que inicia la inflamación del combustible se obtiene debido al aumento de presión en la cámara de combustión por contacto con el aire que ha adquirido una alta temperatura (entre  $700^{\circ}\text{C}$  y  $900^{\circ}\text{C}$ ), obteniendo como resultado el impulso del pistón hacia abajo, su ciclo de funcionamiento se realiza en cuatro tiempos: admisión, compresión, combustión y escape.

Los motores diesel también consumen biodiesel, que es un conjunto de combustibles oxigenados provenientes de fuentes biológicas renovables (aceites vegetales, aceites animales, aceites reciclados y grasas usadas).

Los combustibles vegetales se han utilizado en motores diesel desde el año 1900 por Rudolf Diesel el cual utilizó aceite de maní. Este tipo de combustibles han pasado de ser experimentales a utilizables.

El combustible debe estar exento de agua e impurezas para proteger el sistema de inyección, tiene que inflamarse rápidamente al tomar contacto con el aire comprimido en el momento de ser inyectado, por lo tanto, debe tener una temperatura de inflamación baja (aproximadamente  $200^{\circ}\text{C}$ ), su facilidad de inflamación se mide por el índice de cetano (IC), cuanto mayor es éste, menor será la temperatura necesaria para inflamarlo, la viscosidad de este combustible aumenta con las bajas temperaturas, cuando se superan los  $25^{\circ}\text{C}$  bajo cero, presentan dificultades en su paso por filtros y conductos de sistema de inyección haciendo muy difícil el arranque en frío,

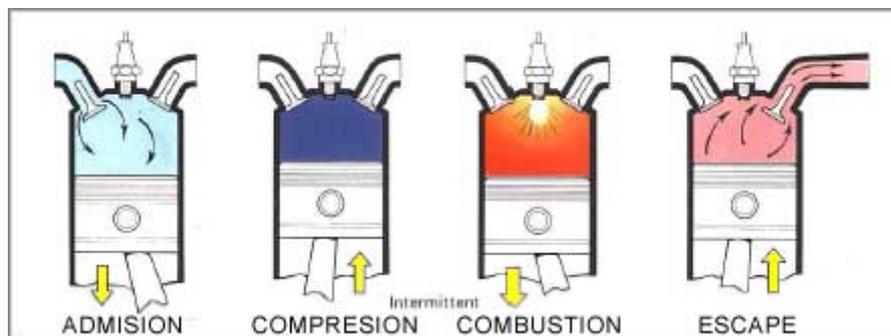
en algunos motores destinados a climas fríos, se dispone de un sistema calentador en el filtro de combustible.

#### 2.3.4. Ciclos de funcionamiento del motor diesel de 4 tiempos

El funcionamiento del motor diesel de 4 tiempos es similar en sus 4 ciclos con el motor a gasolina de 4 tiempos, con una diferencia que en el ciclo diesel la combustión se da por la presión que se genera en la cámara de combustión a diferencia del motor de gasolina que empieza por la reacción que se produce entre la mezcla (aire-combustible) y la chispa generada por una bujía, estos ciclos son (Sanz, S., 2009):

- 1er ciclo: admisión (aspiración)
- 2do ciclo: compresión
- 3er ciclo: combustión (expansión)
- 4to ciclo: escape

**Imagen No. 2.4**  
**Ciclo de funcionamiento del motor diesel de 4 tiempos**



Fuente: <https://www.aero.upm.es/departamentos/economia/investiga/Informe%202007/46Motores.html>

#### **2.3.4.1. Admisión (aspiración)**

En el tiempo de aspiración, la válvula de admisión permanece abierta y la válvula de escape cerrada, el pistón desciende al punto muerto inferior, lo que provoca una depresión en el interior del cilindro permitiendo el ingreso de aire que es succionado a través del múltiple de admisión, en este periodo el cigüeñal gira  $180^{\circ}$  y el árbol de levas  $90^{\circ}$ .

#### **2.3.4.2. Compresión**

Al llegar el pistón al punto muerto inferior la válvula de admisión se cierra y la válvula de escape permanece cerrada como en el ciclo anterior, el pistón asciende hasta el punto muerto superior del cilindro comprimiendo el aire contenido en la cámara logrando elevar la presión y la temperatura, en este tiempo el cigüeñal ha girado  $360^{\circ}$  y el árbol de levas  $180^{\circ}$ .

#### **2.3.4.3. Combustión (expansión)**

Cuando el pistón se encuentra en ascenso, antes de que llegue al punto muerto superior el aire ha alcanzado la presión máxima y una temperatura entre  $700^{\circ}\text{C}$  y  $900^{\circ}\text{C}$ , se inyecta a través del inyector el combustible pulverizado que se auto enciende y esto provoca la expansión de los gases y el pistón es empujado hacia abajo, lo que da como resultado la transformación de la energía calorífica en trabajo, hasta aquí el cigüeñal ha girado  $440^{\circ}$  y el árbol de levas  $270^{\circ}$ .

#### **2.3.4.4. Escape**

En esta fase el pistón se encuentra en el punto muerto inferior, la válvula de admisión permanece cerrada y la válvula de escape se abre cuando el pistón asciende nuevamente al punto muerto superior, los gases de escape son expulsados hacia el exterior por múltiple de escape por la presión que genera el pistón en el cilindro en su ascendencia, hasta aquí el cigüeñal ha girado  $720^{\circ}$  y el árbol de levas  $360^{\circ}$ .

#### **2.4. Encendido**

Un motor Diesel funciona mediante el encendido de la mezcla aire-combustible sin la necesidad de una chispa, esto es posible gracias a la alta temperatura del aire en el cilindro, la cual alcanza ese nivel debido al aumento de la presión durante el tiempo de compresión.

El Combustible es enviado a alta presión por la bomba, llega al riel de inyectores por unas cañerías metálicas de una misma longitud. Este es inyectado en la parte superior de la cámara de combustión.

El combustible no comienza a quemarse inmediatamente, esto es porque primero debe evaporarse, lo cual ocurre cuando es calentado por el aire comprimido en el cilindro.

Es aquí cuando el combustible es expuesto a una masa de aire caliente altamente presurizada, el mismo que se mezcla con el aire y se evapora hasta que se enciende.

## **2.5. Sistema de alimentación de combustible en el motor diesel**

Los motores de combustión interna necesitan ser alimentados por una fuente externa de combustible, en los motores de combustión encendidos por compresión se emplea el combustible diesel o se puede emplear el biodiesel sin sufrir modificaciones severas o que impliquen cambios de elementos de los sistemas que conforman el motor en sí.

En el sistema de alimentación se requieren filtros de combustible, a los cuales se los debe reemplazar después de cierto tiempo o un determinado kilometraje (especificado por el fabricante), ya que son los encargados de evitar que pasen impurezas a la bomba de inyección para que no sufra daños o desgaste prematuro de sus elementos internos. (Kates, E. & Luck, William, 2009)

Después de que el combustible llega a la bomba, éste es enviado hacia los inyectores por unas cañerías metálicas, para luego ser inyectado a cada cilindro, para esto se pueden identificar varios elementos:

- Depósito de combustible
- Filtro de combustible
- Bomba de inyección de combustible
- Cañerías
- Inyectores

### **2.5.1. Depósito de combustible**

Estos son fabricados en su mayoría de lámina de acero negra, o acero inoxidable, este depósito es el encargado de almacenar el combustible que se va necesitar para el funcionamiento del motor, su capacidad de almacenamiento está determinada de acuerdo al tipo de motor, en cuanto mayor sea el cilindraje mayor será el consumo de combustible y por ende el depósito deberá ser más grande para almacenar más combustible.

### **2.5.2. Filtro de combustible**

En nuestro país se realizan controles de pureza en el transporte de combustible, pero esto no es suficiente ya que si tomamos una muestra de combustible comercializado en nuestro país se puede observar que está contaminado por elementos ajenos a la elaboración, esta contaminación se da durante la producción, el transporte, en depósitos de almacenamiento y a la formación de agua debido a factores del ambiente, como la condensación (humedad que se encuentra en el aire contenido en los depósitos, al bajar la temperatura del ambiente se transforma de gas a líquido y se mezcla con el combustible contenido en el mismo).

Debido a las holguras que presenta la bomba de inyección y los inyectores se necesita realizar una depuración de estas impurezas contenidas en el combustible se ha incorporado un elemento no reutilizable, que en su mayoría es fabricado de papel micro poroso y sirve para eliminar dichas impurezas y agua.

En los motores diesel se realiza doble purificación del combustible sucesivamente; el filtro de depuración basta (para retener las impurezas de mayor tamaño) y el filtro de depuración fina (para retener las impurezas pequeñas), es decir prefiltros y filtros. El prefiltro se encuentra antes del filtro principal, dependiendo del diseño, este lleva incluido un recipiente que se utiliza para la decantación (trampa de agua). Y el filtro principal está ubicado después del prefiltro y antes de la bomba de inyección.

### **2.5.3. Bomba de inyección de combustible**

En los motores diesel es necesario es necesario que el combustible sea inyectado a altas presiones, para esto se emplean bombas de inyección, la misma que es la encargada de dosificar la cantidad exacta de combustible a cada cilindro, la misma que envía el combustible por medio de las cañerías hacia los inyectores los cuales son los encargados de rociar el combustible a cada cilindro, existen distintos sistemas de inyección, pero la finalidad es la misma, entre los sistemas tenemos:

- Bomba de inyección de combustible en línea
- Bombas de inyección de combustible rotativa
- Sistema common rail
- Sistema inyector bomba

#### **2.5.4. Cañerías**

Llamadas también tuberías de combustible, fabricadas en su mayoría de aleación de aluminio, muy resistentes a la presión y el calor, su grosor depende del régimen de funcionamiento del motor, estas son las encargadas de llevar el combustible desde la bomba de inyección hacia el inyector, soportando presiones muy altas.

#### **2.5.5. Inyectores**

Su función específica es la entrega de combustible (atomización) al cilindro en el momento que aumenta la presión en el conducto que alimenta a cada inyector, este combustible llega al inyector mediante los conductos o cañerías. A continuación el combustible fluye a través del inyector, el mismo que es el encargado de suministrar (rosear) por medio de unos orificios ubicados en la cabeza del inyector, para así concluir con el proceso de inyección de combustible.

#### **2.6. Clasificación de los motores diesel de acuerdo al tipo de inyección**

La clasificación se divide de acuerdo a la manera en que se produce la inyección de combustible en el interior de la cámara de combustión: (Kates, E. & Luck, William, 2009)

- Inyección directa
- Inyección indirecta

### **2.6.1. Motores diesel de inyección directa**

La inyección de combustible es directa cuando actúa sobre la cámara de combustión la cual está ubicada sobre la cabeza del pistón dentro del cilindro, la inyección directa se divide en dos partes:

- La inyección directa de combustible tiene el inconveniente de hacer que la combustión tiene la desventaja de hacer que la combustión sea lenta a consecuencia de la falta de movimiento del aire (poca turbulencia) que se encuentra comprimido cuando el pistón se encuentra en el punto muerto superior (PMS). La aplicación de este tipo de inyección se ve reducida sobre todo en los motores de combustión de elevadas revoluciones por minuto (RPM).
- Además existen motores en los que se emplea sistemas de inyección de combustible directa pero con turbulencia, esto se debe a que el pistón tiene un diseño diferente al anterior como se observa en la imagen en el que el aire a más de ser comprimido, es movido de tal manera que cuando el spray de combustible es inyectado, el movimiento del aire comprimido aun se mantiene, esto permite obtener mayor cantidad de revoluciones por minuto.

En la actualidad la norma imperante es la inyección directa de combustible mediante un conducto común y controlado electrónicamente, como se muestra en la imagen.

### **2.6.2. Motores diesel de inyección indirecta**

Para mejorar el rendimiento de un motor diesel se precisa conseguir que los tiempos de combustión sean más cortos, esto se puede obtener mediante una inyección indirecta de combustible. Para esto el inyector se sitúa dentro de una cámara auxiliar en donde se produce una gran turbulencia de aire en la compresión, la inyección inicia la combustión que se traslada a través de los conductos haciendo que se aplique sobre la cabeza del pistón de forma progresiva, se utilizan inyectores de un solo orificio que inyectan a presiones de 100 a 140 bares.

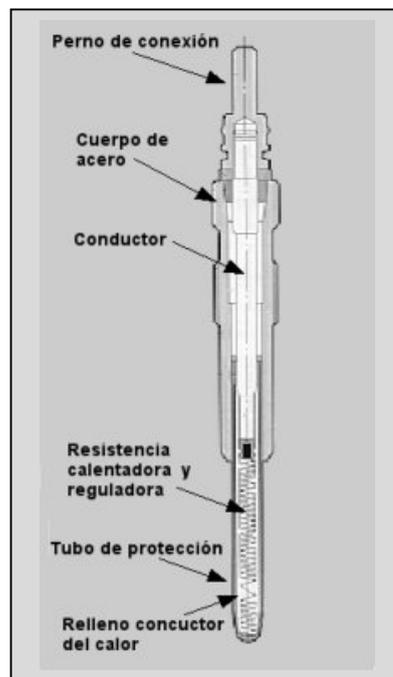
El funcionamiento que se obtiene en este motor es suave y con un bajo nivel sonoro, en su contra, el consumo específico de combustible es mayor que en los de inyección directa y se necesita bujías de calentamiento para el arranque en frío, se emplean en turismo y en vehículos industriales ligeros.

### **2.7. Sistema auxiliar para la puesta en marcha de un motor diesel**

Como se ha mencionado anteriormente, el ciclo de funcionamiento de los motores diesel es encendido por compresión, y al momento del arranque las paredes del cilindro y todos los componentes del motor al iniciar las primeras revoluciones se encuentran fríos, la puesta en marcha del motor se ve afectada, por lo que se requiere utilizar un sistema auxiliar que permita sobrellevar al motor a condiciones de funcionamiento, para ello se emplean resistencias calefactoras llamadas bujías de precalentamiento con las que se consigue elevar la temperatura del aire contenido en el cilindro.

Las bujías de precalentamiento llamadas también bujías de incandescencia, son alimentadas por una corriente eléctrica, poseen unos filamentos, los cuales al momento de recibir la corriente eléctrica se ponen incandescentes para así elevar dicha temperatura.

**Imagen No.2.5**  
**Bujía de precalentamiento o incandescencia**



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/bujiasprecalent.html>

## **2.8. Mantenimiento**

Los motores Diesel (Sanz, S., 2009) para su funcionamiento requieren un mantenimiento adecuado tengan o no un uso continuo. Cabe mencionar que el mantenimiento y la reparación varían según la aplicación para la cual se utiliza el motor, el mantenimiento preventivo que se le dé y las

condiciones de operación. Los tipos de mantenimiento aplicados al motor diesel son:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

### **2.8.1. Mantenimiento preventivo**

Para obtener mayor durabilidad en los motores diesel, estos requieren un mantenimiento preventivo para que funcionen adecuadamente y aumente el tiempo de vida útil del motor, tenga o no un uso constante, El mantenimiento y la reparación de un motor varían según la aplicación para la cual se utilice y se debe tomar en cuenta, los siguientes aspectos:

- Lubricación
- Filtros de aceite
- Filtros de Combustible
- Filtros de aire
- Sistema de enfriamiento
- Sistema de inyección

#### **2.8.1.1. Lubricación**

La lubricación del motor es uno de los elementos más importantes dentro del mantenimiento, ya que reduce los efectos

de la fricción entre las superficies y partes móviles, incorporando sustancias entre ellas para que minimice el rozamiento y el desgaste. Estas sustancias se denominan lubricantes, aditivos, detergentes y dispersantes, cumpliendo unas funciones muy importantes como son:

- Separar las superficies
- Reducir el desgaste
- Refrigerar o disminuir el calor
- Neutralizar ácidos
- Remueve material extraño del motor
- Sellar y evitar el ingreso de contaminantes
- Proteger contra la herrumbre y la corrosión

Es importante verificar el nivel de aceite diariamente o cada vez que se vaya a encender el motor.

Gracias a los cambios regulares en el periodo establecido de esta sustancia y de los filtros, cabe mencionar que se debe utilizar el tipo de aceite adecuado en cuestión a tipo y grado de viscosidad para cada motor y además se recomienda utilizar la misma marca de aceite en cada cambio por lo que cada tipo de aceite tiene diferente

tipos de aditivos extras dependiendo de la marca, que ayudan a preservar el motor.

#### **2.8.1.2. Filtros de aceite**

Es esencial utilizar los filtros diseñados para motores específicos de acuerdo a la recomendación del fabricante. Si no se cambia el aceite y el filtro a la vez, el aceite se satura de impurezas y partículas contaminadas y no puede realizar sus funciones adecuadamente.

Algunas de las recomendaciones básicas son:

- Verificar el nivel de aceite cada vez que se vaya a utilizar el motor
- El análisis del aceite puede prevenir fallas potenciales, ya que permite detectar el desgaste de piezas clave y verificar el estado del aceite
- Es normal que el motor consuma una mínima cantidad de aceite. Se debe revisar el manual del vehículo para más información
- No todos los aceites y filtros son iguales, utilice el que recomiende el fabricante del motor

#### **2.8.1.3. Filtros de aire**

Es un dispositivo que está ubicado en la toma del sistema de alimentación de aire del motor de combustión interna, su fabricación es de fibras de papel, espuma o algodón las que van sujetas a un

marco de plástico. El mismo que evita que partículas sólidas y materias abrasivas ingresen a la cámara de combustión y así evitar el desgaste de partes internas y la contaminación del aceite del motor.

#### **2.8.1.4. Sistema de enfriamiento**

El sistema de enfriamiento es vital en un motor diesel, este debe tener la capacidad de remover de manera continua, aproximadamente el 30% de calor generado por la combustión ya que la temperatura de un motor diesel puede llegar de 1800 a 2000<sup>o</sup> C, suficiente para fundir un motor, ya que mientras más se disipe el calor, mayor rendimiento obtendremos del mismo, para esto se debe chequear diariamente el nivel de refrigerante, este se debe mezclar con agua pura en un 50%.

Hay que tomar en cuenta que nunca se debe usar exclusivamente agua como refrigerante del motor, ya que esta es corrosiva a las temperaturas de operación del motor, y se debe verificar que no exista taponamientos en el radiador y que la bomba de agua este trabajando correctamente así como el electro ventilador.

#### **2.8.1.5. Sistema de inyección**

La inyección de combustible parece ser simple, pero en realidad está formado por un gran número de particularidades, haciendo de este una de las mayores conquistas tecnológicas en mecánica realizada

por el hombre, este proceso tiene la capacidad de inyectar la mezcla con gran exactitud y a grandes presiones.

Además se debe hacer un chequeo preventivo y evitar costosas reparaciones realizando una revisión general cuando:

- Comience a perder potencia y a humear
- Tenga muchas horas de uso

#### **2.8.1.6. Inyectores**

Los inyectores tienen una vital importancia para el buen funcionamiento del motor por lo que es necesario verificar su estado después de un cierto tiempo o kilometraje, esto puede variar dependiendo de las condiciones del combustible en cuanto a calidad y limpieza. Los síntomas de suciedad o desgaste de los inyectores son:

- La emisión de humo negro en el escape
- Fuerte cabeceo de los pistones (cascabeleo)
- La pérdida de potencia
- El sobrecalentamiento del motor
- Fallos del encendido
- Mayor consumo de combustible

#### **2.8.1.7. Limpieza sistema de inyección**

Los sistemas de inyección de combustible diesel constan de pequeños conductos de flujo y de espacios muy reducidos, estos no pueden tolerar impurezas en el combustible, esto significa que los filtros de combustible deben recibir mantenimiento de acuerdo con la programación indicada por los fabricantes o de ser posible con más frecuencia. La calidad de todos los filtros debe ser igual o mejor que los originales del equipo.

Los filtros de aire son igualmente importantes para la duración del motor, ellos actúan como trampas para detener las impurezas antes de que puedan entrar a las cámaras de combustión del motor, la falta de un apropiado filtrado de aire causara el rápido desgaste de los anillos, pistones y revestimientos. Cambie los filtros de aire por lo menos según la frecuencia recomendada por el fabricante, y use un filtro de remplazo que tenga como mínimo la misma calidad de los filtros originales, si el motor está expuesto a condiciones extremadamente polvorientas es posible que se requiera limpiar o cambiar los filtros con más frecuencia.

#### **2.8.1.8. Aditivos**

Hasta la década del 70 fue muy poca la cantidad empleada de aditivos para Diesel.

El aumento de demanda de combustible diesel marcó la necesidad de maximizar la producción del combustible. Estas comienzan a marcar la necesidad de utilizar aditivos mejoradores de

determinadas propiedades a efectos de cumplir con los valores especificados y las exigencias del mercado.

Actualmente y al igual que en las gasolinas, una importante fuerza impulsora para el empleo de aditivos en la formulación del Diesel corresponde a las restricciones ambientalistas orientadas a la elaboración de combustibles más limpios.

Otro factor adicional que está actuando sobre las tendencias en el empleo de aditivos para Diesel, es la necesidad de los productores de combustibles de diferenciar su calidad y aprovechar la misma como una fuerte estrategia de marketing.

#### **2.8.1.9. Detergentes - dispersantes**

Una de las consecuencias de las presiones ambientalistas, al igual que en el caso de las gasolinas, es que la utilización de aditivos detergentes-dispersantes para el Diesel esté en franco crecimiento, como una forma de mantener las condiciones de diseño del parque automotor asegurando mejor combustión y calidad de emisiones.

La formación de lacas y depósitos de carbón sobre los inyectores trae como resultado una influencia negativa sobre la cantidad de combustible inyectado y el tipo de rociado del mismo.

El empleo de aditivos detergentes - dispersantes actúa sobre dicho fenómeno, manteniendo las características de diseño del sistema de inyección y permitiendo una operación con:

- Motor más limpio
- Combustión más limpia
- Mayor vida útil del motor
- Menor Consumo de Combustible
- Menor cantidad de emisiones
- Menor toxicidad de las emisiones

### **2.8.2. Mantenimiento correctivo**

Se entiende por el mantenimiento correctivo a la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la reparación tras una avería que obliga a detener el vehículo o maquinaria afectada por la falla.

El mantenimiento correctivo de vehículos y maquinarias se basa exclusivamente en la reparación de averías que surgen instantáneamente.

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo:

- Mantenimiento correctivo programado. Llamado también planificado, supone la corrección de la falla antes de que se produzca, esto quiere decir que se debe detener el vehículo o la maquinaria para efectuar la reparación, la misma que se debe realizar cuando se cuenta con los repuestos necesarios, las herramientas, el personal, la información o manuales de reparación, los materiales necesarios y además la reparación se adapta a las necesidades de costo y tiempo.

- Mantenimiento correctivo no programado. Se realiza la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse. Este se debe realizar con la mayor brevedad posible ya que se produce de improviso y esto implica pérdida de tiempo y el daño puede afectar a otros componentes.

## **2.9. La opacidad en los vehículos**

Opacidad es una propiedad de la materia, la cual tiene diversos grados y propiedades. Un material presenta opacidad cuando no deja pasar luz en proporción apreciable. Es una propiedad óptica de la materia, que tiene diversos grados y propiedades. Se dice, en cambio, que un material es traslúcido cuando deja pasar la luz, pero de manera que las formas se hacen irreconocibles, y que es transparente cuando deja pasar fácilmente la luz, es decir la opacidad es inversamente proporcional a la luz.

### **2.9.1. Las pruebas de opacidad**

Un elemento presenta opacidad cuando no deja pasar luz en proporción apreciable. Es una propiedad óptica de la materia, que tiene diversos grados y propiedades. Se dice, en cambio, que un material es traslúcido cuando deja pasar la luz, pero de manera que las formas se hacen irreconocibles, y que es transparente cuando deja pasar fácilmente la luz, es decir la opacidad es inversamente proporcional a la luz.

### 2.9.2. Límites de opacidad en el Ecuador<sup>16</sup>

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en la norma técnica NTE INEN 2 202, los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diesel son:

**Tabla No. 2.5**  
**Límites de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motores diesel**

AÑO/MODELO	PORCENTAJE DE OPACIDAD
2000 y posteriores	50%
1999 y anteriores	60%

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización/ NTE INEN 2 202: 2002

### 2.9.3. Requerimientos para la medición de la opacidad

Según la Secretaria del Ambiente, antes de tomar las medidas de opacidad se debe tomar en cuenta varios requerimientos para una correcta medición.

- Los vehículos sometidos a esta prueba y sobre todo sus motores deben estar en perfectas condiciones de funcionamiento (a simple vista).
- Se debe comprobar a motor parado el correcto nivel de aceite del motor.
- La temperatura normal de funcionamiento del motor (80°C aprox.).
- Se debe verificar que no existan fugas de líquidos como aceite, refrigerante, etc.

---

<sup>16</sup> NTE INEN 2 202:2000. GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIESEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE.

- Se debe chequear el estado y tensado de la correa de distribución y correas auxiliares.
- Se debe encender el motor del vehículo antes de la medición por lo menos 15 minutos para que pueda alcanzar la temperatura óptima de trabajo.
- Se debe verificar que no existan fugas por todo el conducto de escape, además hay que tomar en cuenta que las salidas de escape deben ser solo las construidas por el fabricante.
- Se deben tomar al menos 3 muestras para poder verificar las medidas reales de opacidad de los vehículos sujetos a las pruebas.

La medida se obtiene con el motor girando al ralentí, accionando rápidamente, pero sin brutalidad, el pedal del acelerador, con el fin de obtener el caudal apropiado de la bomba de inyección. Este se obtiene a las 2000rpm a 2500rpm aproximadamente.

#### **2.9.4. Opacímetro de humo para motores diesel**

En el gas de escape emitido por los vehículos diesel, se considera como parte contaminante el carbono en suspensión. Un vehículo contaminante libera al acelerar una bocanada de gas más oscura (y por lo tanto más opaca) que un vehículo sano.

El principio de la medición de opacidad es el siguiente: un haz luminoso (emisor apuntando al receptor y a una distancia constante entre los dos) pasa a través de una muestra de gas. La proporción de luz incidente que

alcanza el receptor es inversamente proporcional a la tasa de partículas en suspensión en el gas.

La medición realizada está corregida numéricamente. La opacidad de un vehículo es el valor de la opacidad máxima que ha sido medida durante una aceleración. Estas medidas se obtienen conectando sobre la salida del tubo de escape un conducto o tubo que se conecta al cuerpo del opacímetro. Y este a su vez arroja las medidas de opacidad.

#### **2.9.5. Características generales de un opacímetro de medición**

La medición de opacidad tiene una gran importancia en materia ambiental, ya que está referida a evaluación de la emisión de gases a la atmosfera generados por la combustión del diesel.

En el centro de verificación vehicular CORPAIRE en la ciudad de Quito se emplean Opacímetros como instrumentos de medición, que deben cumplir ciertas características físicas y ópticas, así como deben tener dos escalas de medición:

Lineal de 0% a 100% de opacidad y el cálculo de coeficiente de absorción luminosa ( $K \text{ m}^{-1}$ ) ambas escalas de medición se extienden desde cero con el flujo total de luz hasta el valor máximo de la escala con obscurecimiento total.

Existen en nuestro medio Opacímetros que trabajan con 110V y otros que trabajan con 220V sin que esto afecte o cambien los parámetros de medición.

## CAPÍTULO III

### PRUEBAS Y DEMOSTRACIONES

Con el propósito de evaluar la incidencia de los factores que determinan el nivel de opacidad de los motores a diesel, se desarrollaron pruebas y mediciones a vehículos que circulan en la provincia de Imbabura, los cuales representan la unidad de análisis de ésta investigación. Se aplicaron además, instrumentos de investigación como entrevistas y encuestas para recabar datos para el procesamiento y análisis de las variables en estudio. Los datos más relevantes se comprenden y evalúan de acuerdo a la siguiente estructura:

- Análisis de expertos sobre factores que determinan el nivel de opacidad de los automotores.
  
- Pruebas de opacidad a vehículos livianos con motor a diesel:
  - ✓ Kilometraje del vehículo
  - ✓ Marca del vehículo
  - ✓ Año de fabricación del vehículo.
  
- Pruebas de opacidad a vehículos livianos con motor diesel en relación al mantenimiento efectuado al vehículo por el propietario:
  - ✓ Cambio de aceite y filtro de motor
  - ✓ Cambio de filtro de combustible de partículas
  - ✓ Cambio de filtro de separación agua-combustible
  - ✓ Cambio de filtro de aire
  - ✓ Limpieza de inyectores

- ✓ Mantenimiento de bomba de inyección
- ✓ Tipo de repuestos usados para mantenimiento
  
- Mantenimiento especificado por el fabricante a vehículos livianos con motor a diesel:
  - ✓ Especificación técnica de mantenimiento vehicular “Chevrolet”
  - ✓ Especificación técnica de mantenimiento vehicular “Toyota”
  - ✓ Especificación técnica de mantenimiento vehicular “Mazda”
  - ✓ Especificación técnica de mantenimiento vehicular “Hyundai”
  - ✓ Especificación técnica de mantenimiento vehicular “Kia”
  - ✓ Especificación técnica de mantenimiento vehicular “Nissan”
  - ✓ Especificación técnica de mantenimiento vehicular “Volkswagen”
  - ✓ Especificación técnica de mantenimiento vehicular “Great Wall”
  
- Verificación de la calidad del combustible diesel
  - ✓ Prueba de fluorescencia
  - ✓ Pruebas de opacidad a un vehículo, con diesel de distintos lugares del país
  
- Análisis estadístico de correlación de variables y validación de hipótesis
  - ✓ Correlación entre kilometraje y nivel de opacidad (Hipótesis 1)
  - ✓ Correlación entre cambio de aceite/filtro de motor y nivel de opacidad (Hipótesis 2)
  - ✓ Correlación entre cambio de filtro de combustible de partículas y nivel de opacidad (Hipótesis 3)

- ✓ Correlación entre cambio de filtro de separación de agua-combustible y nivel de opacidad (Hipótesis 4)
- ✓ Correlación entre cambio de filtro de aire y nivel de opacidad (Hipótesis 5)

Las pruebas y mediciones realizadas se detallan durante éste capítulo, y contienen parámetros que permiten valorar el comportamiento de las variables que inciden en el porcentaje de opacidad emitido por el automotor. Para el análisis de los datos se utilizan herramientas estadísticas descriptivas e inferenciales.

### **3.1. Análisis de expertos sobre factores que determinan el nivel de opacidad de los automotores.**

Para establecer cuáles son los factores que, efectivamente inciden en el nivel de opacidad de los vehículos con motor a diesel, se realizó una entrevista<sup>17</sup> dirigida al Máster en Sistemas Automotrices *Alex Guzmán, Jefe del Departamento Técnico de la Secretaría del Ambiente*<sup>18</sup>, el mencionado tiene una amplia experiencia en la CORPAIRE y como antecedentes ha realizado las siguientes actividades:

- Fiscalización del mantenimiento de los equipos de revisión vehicular.
- Fiscalización de la calibración de los equipos de revisión vehicular.
- Fiscalización del sistema de capacitación del personal de la CORPAIRE

---

<sup>17</sup> Entrevista técnica sobre factores que determinan los niveles de opacidad de los vehículos/ *Instrumento de recolección de datos para trabajo de campo*. Autores: Juan Mier y Pablo Luna. Formato disponible en Anexos.

<sup>18</sup> Secretaría del Ambiente. [www.quitoambiente.gob.ec/](http://www.quitoambiente.gob.ec/)

- Fiscalización del sistema de seguridad industrial y salud ocupacional de la CORPAIRE
- Ejecución de la homologación de procedimientos de revisión técnica vehicular.
- Ejecuto el proyecto de investigación para la reducción de emisiones de gases contaminantes en vehículos a diesel.
- Coordinador y asesor técnico del proyecto de fiscalización del montaje de equipos y operación de los centros de revisión vehicular de la ciudad de Cuenca.
- Capacitador técnico del personal de la revisión técnica vehicular.
- Ejecuto el proyecto de muestreo y análisis de calidad de combustibles de uso vehicular que se expende a nivel nacional.
- Ejecuto el proyecto de instalación de catalizadores de oxidación diesel (DOC) en vehículos de transporte público.
- Ejecuto el proyecto de estudio económico y ambiental de las tecnologías automotrices para el control de emisiones de gases contaminantes.

Para el efecto, se plantearon cuatro preguntas abiertas y sus respuestas las cuales se detallan en anexos en la pág. 171.

**Pregunta uno:** En cuanto a su experiencia ¿Cuáles son los principales factores que inciden en la contaminación de los vehículos livianos con motor a diesel?

**Análisis de la respuesta realizada a la pregunta uno:**

Se puede concluir que los principales factores que inciden, directamente, en la contaminación de un vehículo diesel hacia el ambiente son: El mantenimiento del vehículo, el kilometraje recorrido por el vehículo y la calidad del diesel.

**Pregunta dos:** “En su opinión, ¿La actual norma técnica sobre calidad del diesel Premium, es suficiente para disminuir la contaminación en el país?”

**Análisis de la respuesta realizada a la pregunta dos:**

Como se aprecia en la respuesta del Máster Guzmán, la actual norma técnica sobre la calidad del diesel premium si inciden en la contaminación ya que se exige menos ppm de contenido de azufre, sin embargo no deja de ser trascendental el mantenimiento que se efectúe al vehículo.

**Pregunta tres:** “¿Usted cree que, es suficiente que se realice una revisión por año a los vehículos livianos?”

**Análisis de la respuesta realizada a la pregunta tres:**

Según el experto se debería realizar la revisión vehicular cada seis meses para vehículos livianos, ya que los propietarios no asumen con seriedad el mantenimiento de sus vehículos. La revisión a vehículos livianos podría ser cada semestre, con esto la CORPAIRE estaría obligando a los propietarios a realizar un mantenimiento periódico a su vehículo, apegándose en lo posible a la especificación del fabricante, lo cual ayudaría a reducir la contaminación ambiental.

**Pregunta cuatro:** “Con respecto al límite máximo de opacidad permitido (60% a vehículos hasta el año 1999 y 50% a vehículos del año 2000 en adelante) ¿Podría este ser disminuido?”

**Análisis de la respuesta realizada a la pregunta cuatro:**

El experto no precisa su respuesta porque manifiesta que sería necesario conocer con mayor detalle la composición del parque automotor de las ciudades con la finalidad de establecer la factibilidad de reducir los límites máximos actuales. Sin embargo, de manera general cree que los límites permitidos podrían ser disminuidos al menos en un 10% para las dos categorías establecidas para el control, es decir de acuerdo al año de fabricación. Además se debería realizar un estudio de los datos del parque automotor para que sean más exactos en cuanto al porcentaje de opacidad.

Sustentados en el criterio del experto y nuestro conocimiento podemos concluir que: un factor que incide directamente en el aumento del porcentaje de opacidad es el mantenimiento del vehículo; otro factor también considerado de influencia directa es el kilometraje recorrido por el vehículo ya que las partes internas del motor sufren desgaste; el porcentaje de opacidad permitido también es otro factor que incide en la contaminación ambiental ya que los límites permitidos están en un rango muy elevado el cual afecta a la contaminación; otro factor es la calidad del combustible, cabe mencionar que realizamos ensayos para verificar la calidad del combustible diesel comercializado en el Ecuador, sustentándonos en la tonalidad del combustible, a través de la

fluorescencia, con la cual pudimos verificar que el combustible que circula en el país es de la misma calidad (Diesel Premium) en las 3 regiones: Costa, Sierra y Oriente. También realizando un estudio del parque automotor para promediar el rango de opacidad de vehículos con buena mantención, para constatar que los límites permitidos en el país son muy elevados, los cuales se podrían disminuir de 60% a 50% en los vehículos antes del 1999 y de 50% a 40% en vehículos del 2000 en adelante.

### **3.2. Pruebas generales de opacidad a vehículos livianos con motor a diesel**

Con la finalidad de obtener datos cuantitativos sobre el cumplimiento de los porcentajes de emisión de gases permitidos por la ley, se realizaron mediciones de opacidad a 50 vehículos que circulan en la provincia de Imbabura, parte de la muestra en estudio. Los vehículos sometidos a las mediciones fueron seleccionados de manera aleatoria, sin un orden específico. La tabla No. 3.1 describe los datos específicos de cada automotor analizado, en cuanto a: marca, modelo, año de fabricación, kilometraje y porcentaje de opacidad promedio<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> Ficha de Observación para mediciones de opacidad. / *Instrumento de recolección de datos para trabajo de campo*. Autores: Juan Mier y Pablo Luna. Documento disponible en Anexos.

**Imagen No. 3.1**  
**Opacómetro marca SV-5Y, especial para vehículos con motor diesel**



Fuente: Pruebas de Opacidad a vehículos con motor diesel  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Como parte del procedimiento se utilizó un Opacómetro de marca SV-5Y, como ilustra la imagen No. 3.1, para vehículos de combustible diesel.

Posteriormente se aplicó el siguiente procedimiento:

1. Inspección visual y chequeo rápido del vehículo para constatar que se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento, debido a que la opacidad varía si el vehículo presenta fallas.
2. Comprobación del nivel de aceite del motor y nivel de refrigerante, así también, la ausencia de fugas.
3. Verificar que el vehículo haya estado encendido, por lo menos 15 minutos, antes de realizar las mediciones. Este paso es importante

para garantizar que el motor alcance la temperatura óptima de trabajo.

4. Inspección del sistema de escape para revisar que no presente fugas, ya sea por roturas o mal apriete de las juntas, o que no posea otras salidas de escape que no sean construidas por el fabricante.
5. Presión de pedal del acelerador del vehículo hasta que alcance las 2000 RPM, de esta forma se procede a obtener un caudal apropiado de la bomba de combustible.
6. Toma de tres pruebas de opacidad consecutivas, a cada vehículo, para realizar un promedio que provea una medida más precisa.

Los resultados de las mediciones, se resumen en la tabla siguiente:

**Tabla No. 3.1**  
**Mediciones de opacidad a vehículos con motor diesel de la provincia de Imbabura**

No.	PLACA	MARCA	MODELO	AÑO	KM	% OPACIDAD
1	PBK9230	CHEVROLET	DMAX 3.0	2011	147800	48,7
2	PBS6625	CHEVROLET	DMAX 3.0	2011	47543	18,1
3	PBT5178	CHEVROLET	DMAX 2.5	2011	26604	15,2
4	IBB5714	CHEVROLET	DMAX 3.0	2012	36893	32,7
5	PBK5750	GREAT WALL	2.8	2009	47000	29,3
6	IBA7826	TOYOTA	HILUX	2011	62879	23,4
7	PBK8312	MAZDA	BT50	2009	35408	21
8	PBL1935	MITSUBISHI	L200	2009	85705	35
9	PBD5814	MITSUBISHI	L200	2009	70000	29,1
10	PBC6418	NISSAN	FRONTIER 3.0	2008	63341	28,3
11	PBK8490	NISSAN	NAVARA 2,5	2010	70000	33,2
12	XBA5402	TOYOTA	HILUX	2011	74248	38,5
13	ICM016	TOYOTA	HILUX	2007	93697	44,1
14	IBB4325	TOYOTA	HILUX	2012	10243	11,8
15	PBX9575	VOLKSWAGEN	AMAROK	2012	30036	18

16	PBI5708	MAZDA	BT50	2010	80 000	13
17	TBA1162	DAHIATSU	DELTA 3.5 T	2008	155000	48,4
18	PBV8542	CHEVROLET	DMAX 3.0	2013	47000	16,4
19	CBJ0339	NISSAN	CARAVAN	2005	196530	40,2
20	PTV0626	HYUNDAI	ELANTRA	2006	92000	28,5
21	PSN2838	MAZDA	BT50	2009	110000	33,7
22	PDB3164	KIA	SORENTO	2008	105000	38,1
23	PDA2387	CHEVROLET	DMAX 3.0	2012	29704	35,0
24	PIC2389	MAZDA	BT50	2012	19400	26,9
25	PND2398	MAZDA	BT50	2008	124088	43,2
26	PCH1747	TOYOTA	HILUX	2010	68700	28,6
27	IBP03456	VOLKSWAGEN	AMAROK	2011	56987	27,0
28	RCB825	CHEVROLET	DMAX 3.0	2007	211011	59,3
29	IND0876	TOYOTA	HILUX	2006	160035	35,0
30	PDN3456	CHEVROLET	DMAX 3.0	2011	98765	39,3
31	IBD3456	MAZDA	BT50	2012	56786	26,0
32	PSJ9876	TOYOTA	HILUX	2011	78465	33,0
33	ITB9282	MAZDA	BT50	2010	156726	52,0
34	CRT5678	MAZDA	BT50	2010	87456	43,4
35	IHG3456	TOYOTAA	HILUX	2012	25645	23,6
36	PFV9876	CHEVROLET	DMAX 3.0	2009	67598	34,9
37	IBM6578	TOYOTA	HILUX	2011	38765	38,0
38	IFT2365	CHEVROLET	DMAX 2.5	2010	47658	27,0
39	CHT2356	MAZDA	BT50	2008	98768	46,0
40	PTY3456	VOLKSWAGEN	AMAROK	2010	78657	38,3
41	PHT2345	TOYOTA	HILUX	2010	56783	29,0
42	IJH3427	MAZDA	BT50	2012	23456	23,0
43	IPY2398	TOYOTA	HILUX	2008	123657	54,0
44	ICN006	CHEVROLET	DMAX 3.0	2007	169000	42,0
45	PTV9130	CHEVROLET	DMAX 3.0	2012	38567	15,5
46	PSP3426	TOYOTA	HILUX	2011	57987	21,5
47	PDV8712	MAZDA	BT-50	2010	89563	26,4
48	IBB5714	MAZDA	BT-50	2012	32027	29,2
49	PBY3398	CHEVROLET	DMAX 2.5	2012	51123	27,6
50	PBF4452	CHEVROLET	DMAX 2.5	2010	111012	42,5

Fuente: Mediciones de opacidad a vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Como se observa en la tabla, los niveles de opacidad registrados manifiestan variaciones importantes, entre vehículos de la misma marca, año e incluso modelo; esto puede atribuirse a la presencia de factores

relacionados al funcionamiento del motor, la calidad del combustible y el propio nivel de recorrido del vehículo. Justamente, estos análisis son los que se realizan en los siguientes apartados.

**Tabla No. 3.2**  
**Distribución de frecuencias de porcentajes de opacidad de vehículos a diesel de Imbabura**

PORCENTAJE DE OPACIDAD DE LOS VEHÍCULOS	NÚMERO DE VEHÍCULOS	PORCENTAJE DE VEHÍCULOS
0 – 10%	0	0%
11 -20%	7	14%
21 -30%	18	36%
31 – 40%	13	26%
41 – 50%	9	18%
51 – 60%	3	6%
61% – en adelante	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Fuente: Mediciones de opacidad a vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Un porcentaje interesante de autos igual al 14%, se encuentran en niveles de opacidad bastante buenos, pues se ubican en el rango de 11 – 20% de opacidad. El 36% de los vehículos analizados se encuentran entre el rango de opacidad igual a 21 – 30%, lo cual está por debajo de los límites establecidos por la ley. Un porcentaje importante igual al 26%, sube en la categoría entre 31 – 40% de opacidad, así mismo el 15% de los vehículos se encuentran en un rango mayor de 41 – 50%, y finalmente el 6% se ubican entre 51 – 60% de opacidad.

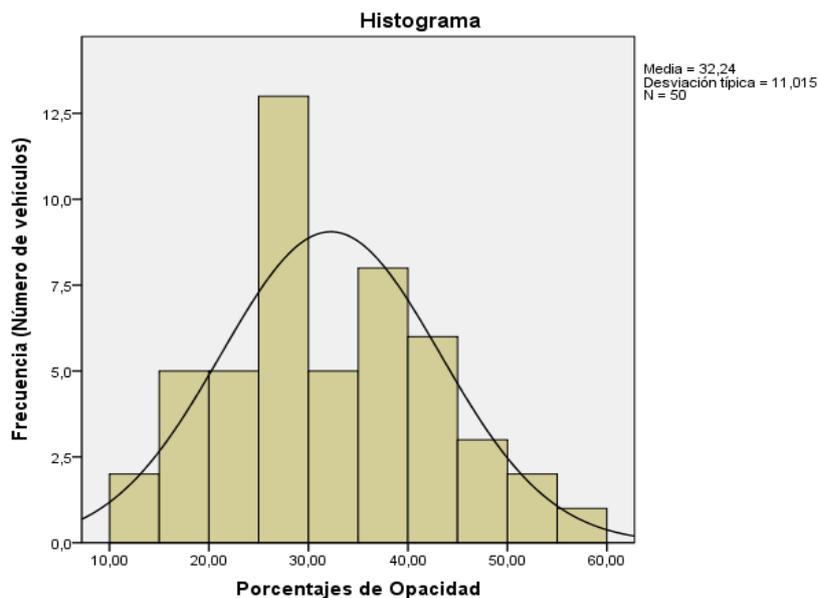
**Tabla No. 3.3**  
**Estadísticos descriptivos de mediciones de opacidad**

VARIABLE	N	Porcentaje Mínimo	Porcentaje Máximo	Porcentaje Medio	Desviación típica
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico
<b>PORCENTAJE DE OPACIDAD</b>	50	11,80%	59,30%	32,240%	11,015%

Fuente: Análisis estadístico de datos. "SPSS"  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

A continuación se muestra la distribución de los datos de opacidad medidos a los 50 vehículos, parte de la muestra:

**Gráfica No. 3.1**  
**Distribución de mediciones de opacidad registradas en vehículos a diesel de Imbabura**



Fuente: Análisis estadístico de datos/ Gráficos "SPSS"  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Se concluye que la gran mayoría de los vehículos evaluados arrojan un porcentaje de opacidad entre 21% y 50%, lo cual indica que la tendencia de emisión de gases está dentro de los límites permitidos por la ley.

### 3.2.1. Niveles de opacidad en relación al kilometraje recorrido por los vehículos

Para establecer el grado de correlación entre el nivel de opacidad y el kilometraje recorrido por el vehículo, se tomaron los cincuenta vehículos de la muestra y se agruparon en diferentes categorías, en intervalos de 10.000 km, posteriormente se obtuvieron los porcentajes de opacidad promedio de los vehículos que ingresaron en la categoría respectiva, y finalmente se obtuvieron los resultados que se detallan en la tabla siguiente:

**Tabla No. 3.4**  
**Porcentajes de opacidad promedio en cuanto al kilometraje recorrido por el vehículo**

KILOMETRAJE RECORRIDO POR LOS VEHÍCULOS	PORCENTAJE DE OPACIDAD PROMEDIO
0 - 10.000*	-
10.001 - 20.000	12,9
20.001 - 30.000	27,2
30.001 - 40.000	25,7
40.001 - 50.000	22,7
50.001 - 60.000	26,2
60.001 - 70.000	30,8
70.001 - 80.000	31
80.001 - 90.000	34,9
90.001 - 100.000	39,5
100.001 - 110.000	33,7
110.001 - 120.000	42,5
120.001 - 130.000	48,6
130.001 - 140.000*	-
140.001 - 150.000	48,7
150.001 - 160.000	50,2
160.001 – adelante	45,4

Fuente: Mediciones de opacidad a vehículos con motor diesel/ Investigación de campo

Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

\*No se registraron datos en la categoría

Según el comportamiento de los datos se observa que, a medida que aumenta el kilometraje recorrido por el vehículo, el porcentaje de opacidad promedio también presenta un incremento notable. Sin embargo, en algunos casos el porcentaje de opacidad promedio es menor en relación a su categoría consecutiva, esto se debe a que los vehículos no presentan un mantenimiento estricto por parte de sus propietarios (como se indica a continuación la tabla 3.7) e incide directamente en el porcentaje de opacidad.

También se puede analizar que existen dos categorías que no registran mediciones, dado que, ninguno de los vehículos de la muestra estudiada, presentaron un kilometraje dentro de dicha categoría. En conclusión, se puede destacar una estrecha relación entre el nivel de opacidad y el kilometraje marcado por el vehículo, lo cual será validada más adelante como parte del estudio de correlación de variables para validación de hipótesis.

**Gráfica No. 3.2**  
**Porcentajes de opacidad promedio en relación al kilometraje del vehículo**



Fuente: Mediciones a vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

\*No existen datos en la categoría

### 3.2.2. Niveles de opacidad en relación a la marca del vehículo

La variación del porcentaje de opacidad que se muestra a continuación se obtuvo agrupando los datos generales en diferentes categorías de escala nominal que corresponden a la marca del vehículo como: Chevrolet, Kia, Volkswagen, etc.

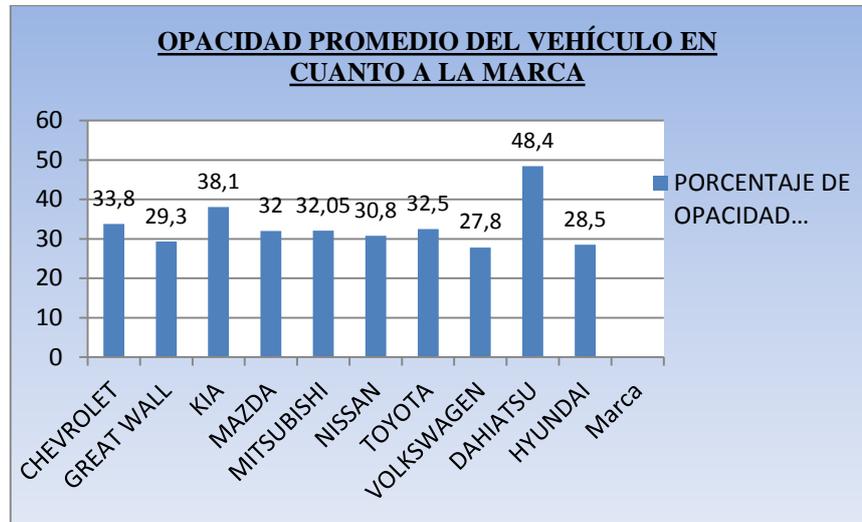
**Tabla No. 3.5**  
**Porcentajes de opacidad promedio en cuanto a la marca del vehículo**

MARCA DEL VEHÍCULO	PORCENTAJE DE OPACIDAD PROMEDIO
CHEVROLET	33,8
GREAT WALL	29,3
KIA	38,1
MAZDA	32
MINI	32,05
NISSAN	30,8
TOYOTA	32,5
VOLKSWAGEN	27,8
DAIHATSU	48,4
HYUNDAI	28,5

Fuente: Mediciones a vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

La tabla No. 3.5 muestra los porcentajes de opacidad promedio obtenidos según la marca del vehículo. Esta forma de agrupación de datos no arroja valores promedios precisos de opacidad, puesto que, para valorar qué marca presenta mayor o menor contaminación en cuanto a la opacidad, se debería comparar vehículos de la misma marca, año de fabricación, kilometraje y calidad de mantenimiento, según las especificaciones del fabricante. Sin embargo, estos datos sí permiten observar que los niveles de opacidad promedio por marca de vehículo no son ascendentes ni descendentes, es decir que, la tendencia de los niveles de opacidad es independiente de la marca del vehículo, así se confirma en la gráfica No. 3.3, donde los porcentajes de opacidad promedio por marca presentan una tendencia constante

**Gráfica No. 3.3**  
**Porcentaje de opacidad promedio en relación a la marca del vehículo**



Fuente: Mediciones a vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

En síntesis, ninguna marca de vehículo presenta un porcentaje de opacidad significativamente más alto que las otras, excepto la marca Dahiatsu (48,4%), debido a que, en ésta categoría existe una sola medición por lo tanto no se genera un promedio.

### 3.2.3. Niveles de opacidad en relación al año de fabricación del vehículo

En la tabla No. 3.6 se indica el porcentaje de opacidad promedio de los vehículos en relación al año de fabricación del mismo. Para el efecto, se agrupó el 100% de los datos en diferentes escalas de tipo nominal, según el año en que el vehículo fue fabricado, y posteriormente se determinó la opacidad promedio los vehículos. De la muestra tomada se resalta que, el 100% de los vehículos fueron producidos Y/o comercializadas entre el año 2005 y 2013, existiendo una relación inversa entre las dos variables analizadas, es decir que,

mientras más nuevo es el vehículo, menor es el índice de opacidad registrado.

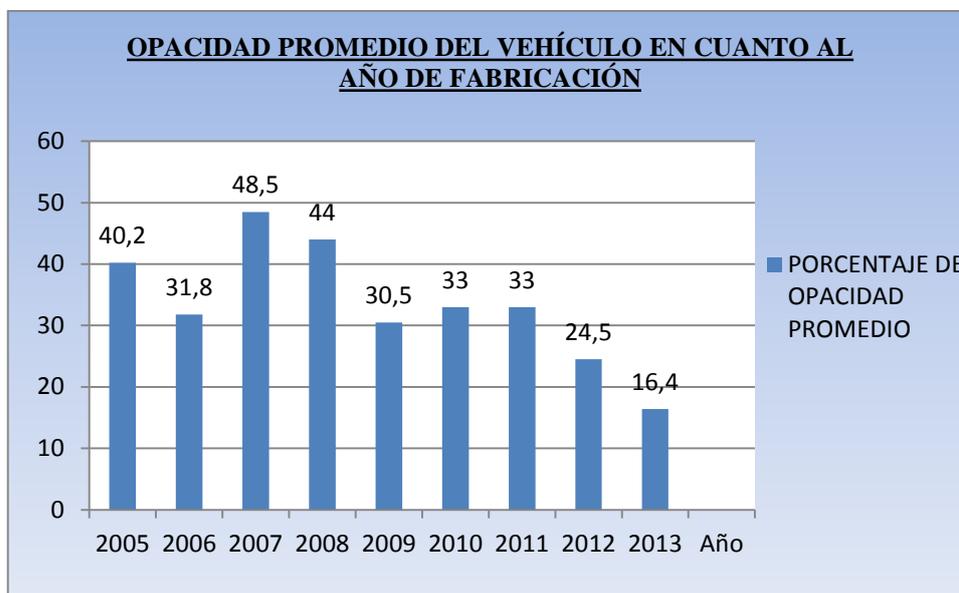
**Tabla No. 3.6**  
**Porcentajes de opacidad promedio en cuanto al año de fabricación del vehículo**

AÑO DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO	PORCENTAJE DE OPACIDAD PROMEDIO
2005	40,2
2006	31,8
2007	48,5
2008	44
2009	30,5
2010	33
2011	33
2012	24,5
2013	16,4

Fuente: Mediciones a vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Como se explicó anteriormente y según se aprecia en la gráfica No. 3.4, existe una tendencia inversa en relación al nivel de opacidad y el año de fabricación del auto. Esto quiere decir que a medida que el año de producción aumenta, el porcentaje de opacidad disminuye. Si bien, en los vehículos del año 2006 y 2009, dicha tendencia no se mantiene, se debe a la manipulación y agrupación de los datos.

**Gráfica No. 3.4**  
**Porcentaje de opacidad promedio en relación al año de fabricación del vehículo**



Fuente: Mediciones a vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

### 3.3. Pruebas de opacidad a vehículos livianos con motor diesel en relación al mantenimiento

La segunda variable que determina el nivel de opacidad, corresponde al mantenimiento realizado al vehículo. Si bien éste debería hacerse de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante, muchos propietarios no cumplen estas indicaciones.

Los datos extraídos en torno a estas variables demuestran que existe una fuerte relación entre el porcentaje de opacidad y el mantenimiento efectuado al vehículo. Para validar esta aseveración se aplicaron dos instrumentos de investigación, una encuesta<sup>20</sup> aplicada a los propietarios

<sup>20</sup> Encuesta técnica de mantenimiento aplicada a propietarios de vehículos/ *Instrumento de recolección de datos para trabajo de campo*. Autores: Juan Mier y Pablo Luna. Formato disponible en Anexos

de los vehículos y una entrevista<sup>21</sup> estructurada aplicada a los jefes de taller de los concesionarios de la provincia.

La tabla No. 3.7 detalla los resultados de la encuesta aplicada a los propietarios de los vehículos, en cuanto al mantenimiento, y posteriormente se incluye una tabla general de resultados sobre la entrevista realizada a los jefes de taller de los concesionarios, al respecto de la especificación técnica del fabricante para el mantenimiento del auto.

### **3.3.1. Mantenimiento que realizan los propietarios de vehículos livianos con motor a diesel**

---

<sup>21</sup> Entrevista técnica de mantenimiento aplicada a jefes de talleres de Concesionarios/ *Instrumento de recolección de datos para trabajo de campo*. Autores: Juan Mier y Pablo Luna. Formato disponible en Anexos

**Tabla No. 3.7**  
**Mantenimiento realizado por los propietarios de vehículos livianos con motores a diesel de la provincia de Imbabura**

RESULTADOS DE ENCUESTA APLICADA A PROPIETARIOS DE VEHÍCULOS												
PLACA	Km cambio de aceite y filtro del motor	Km cambio de filtro de combustible de partículas	Km cambio de filtro de separación agua-combustible	Km cambio de filtro de aire	Limpieza de inyectores			Mantenimiento bomba de inyección			Tipo de repuesto utilizado para mantenimiento	
					Si	No	Km de limpieza	Si	No	Km de mantenimiento	Original	Genérico
PBK9230	5000	10000	20000	20000	1		120000		1			1
PBS6625	5000	10000	10000	10000		1			1		1	
PBT5178	5000	5000	10000	15000		1			1		1	
IBB5714	5000	15000	30000	20000		1			1			1
PBK5750	5000	10000	20000	20000		1			1		1	
IBA7826	3000	5000	10000	10000		1			1		1	
PBK8312	5000	5000	10000	15000		1			1		1	
PBL1935	5000	10000	20000	20000		1			1		1	
PBD5814	5000	10000	20000	5000		1			1		1	
PBC6418	7000	10000	30000	20000		1			1		1	
PBK8490	7000	10000	30000	10000		1			1		1	
XBA5402	5000	15000	20000	20000		1			1			1
ICM016	7000	15000	40000	20000		1			1			1
IBB4325	5000	5000	10000	10000		1			1		1	
PBX9575	3000	10000	10000	10000		1			1		1	
PBI5708	3000	10000	10000	10000		1			1		1	
TBA1162	10000	20000	40000	20000	1		150000	1		150000	1	
PBV8542	5000	5000	10000	10000		1			1			1
CBJ0339	5000	10000	30000	15000	1		100000		1		1	
PTV0626	5000	10000	20000	10000		1			1		1	
PSN2838	5000	10000	30000	15000		1			1			1
PDB3164	5000	10000	20000	20000		1			1		1	
PDA2387	10000	15000	20000	20000		1			1			1
PIC2389	5000	15000	10000	10000		1			1			1
PND2398	7000	10000	40000	20000		1			1			1
PCH1747	5000	15000	40000	20000		1			1		1	
IBP03456	5000	15000	30000	20000		1			1		1	
RCB825	5000	20000	40000	20000	1		12000	1		200000		1
IND0876	5000	10000	20000	10000		1			1			1
PDN3456	5000	10000	40000	20000		1			1			1
IBD3456	5000	15000	30000	20000		1			1			1
PSJ9876	5000	10000	20000	20000		1			1			1
ITB9282	5000	20000	40000	20000		1			1			1
CRT5678	5000	10000	40000	20000		1			1			1
IHG3456	5000	10000	20000	20000		1			1		1	
PFV9876	5000	15000	40000	20000		1			1			1
IBM6578	5000	20000	20000	20000		1			1			1

IFT2365	5000	10000	20000	20000	1		1		1
CHT2356	10000	20000	40000	20000	1		1		1
PTY3456	7000	15000	40000	20000	1		1	1	
PHT2345	5000	10000	20000	10000	1		1		1
IJH3427	5000	10000	30000	15000	1		1	1	
IPY2398	5000	15000	40000	20000	1		1		1
ICN006	5000	15000	30000	20000	1		1		1
PTV9130	5000	10000	20000	10000	1		1	1	
PSP3426	5000	15000	30000	10000	1		1	1	
PDV8712	5000	10000	20000	10000	1		1	1	
IBB5714	5000	15000	20000	20000	1		1		1
PBY3398	5000	10000	20000	10000	1		1		1
PBF4452	7000	20000	40000	20000	1		1		1

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Lun

### 3.3.1.1. Niveles de opacidad en relación al cambio de aceite y filtro de motor del vehículo

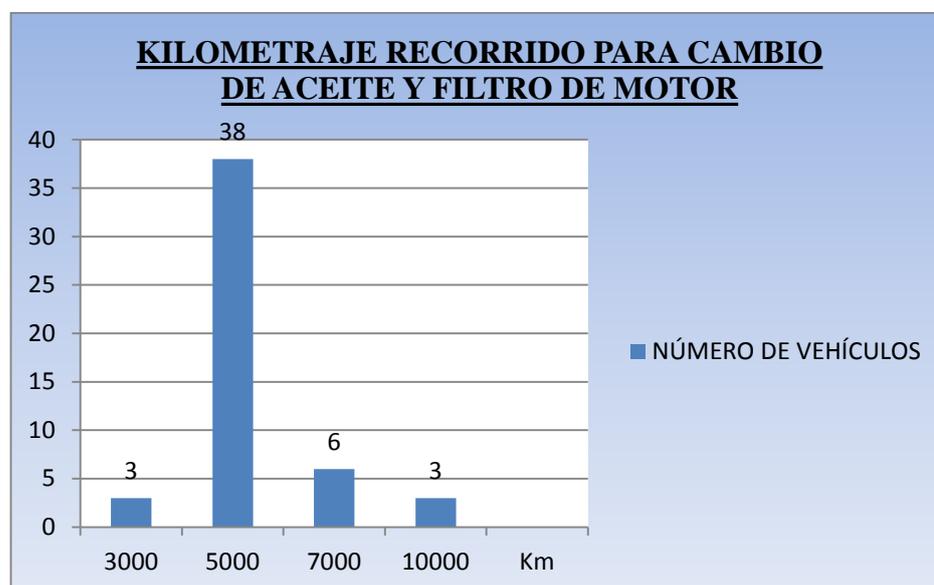
En cuanto al cambio de aceite y filtro de motor, se puede observar en la tabla No. 3.8 que, el 76% de los propietarios de los vehículos realizan mantenimiento en un kilometraje promedio igual a 5000 km, mientras el 6% de ellos lo hacen a los 3000 kilómetros, por lo tanto, se podría decir que, en los dos casos anteriores el mantenimiento es adecuado. El 18% restante cambian estos componentes del vehículo entre los 7000 y 10000 kilómetros, lo cual resultaría no ser tan eficiente en la práctica, pues a pesar de que en el mercado se comercializan aceites de mayor rendimiento, la mayoría de los propietarios utilizan aceite de menor duración.

**Tabla No. 3.8**  
**Pregunta No. 1: ¿Con qué frecuencia cambia el aceite y filtro del motor de su vehículo?**

<b>KM RECORRIDO PARA CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO DE MOTOR</b>	<b>NÚMERO DE VEHÍCULOS</b>	<b>PORCENTAJE DE VEHÍCULOS</b>
3000	3	6%
5000	38	76%
7000	6	12%
10000	3	6%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Gráfica No. 3.5**  
**Distribución de frecuencia de Kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de aceite y filtro de motor**



Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

En función de los datos de la tabla No. 3.9 se puede concluir que el porcentaje de opacidad promedio crece cuando el cambio de aceite y filtro es realizado a mayor kilometraje: a 3000 km el promedio es

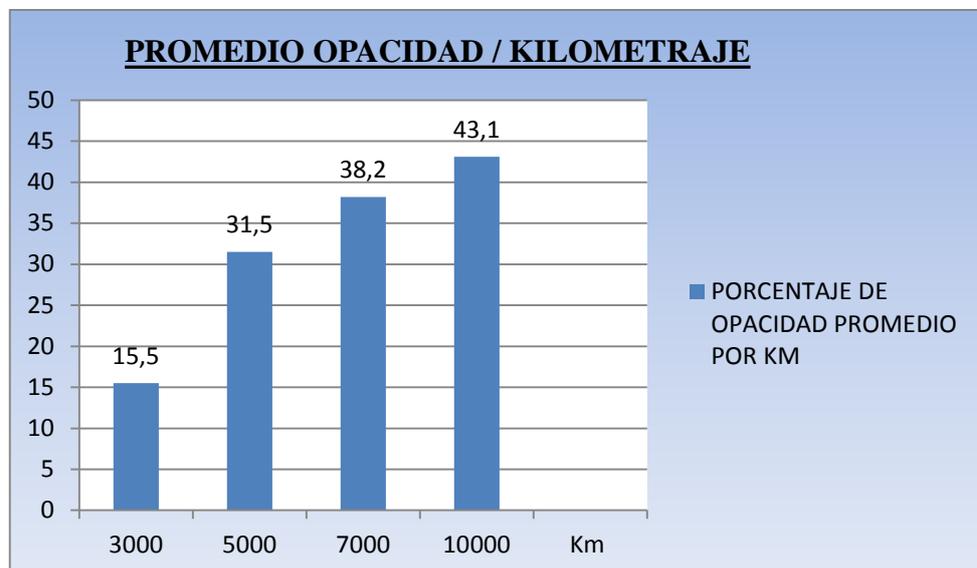
de 15,5% de opacidad, a 5000 km de 31,5% de opacidad, a 7000 km de 38,2% de opacidad y a 10000 km de 43,5% de opacidad. La tendencia puede observarse claramente en la gráfica No. 3.6.

**Tabla No. 3.9**  
**Porcentajes de opacidad promedio en relación al Km recorrido por el vehículo para cambio de aceite y filtro de motor**

KM RECORRIDO PARA CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO DE MOTOR	PORCENTAJE DE OPACIDAD PROMEDIO POR KM
3000	15,5
5000	31,5
7000	38,2
10000	43,1

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Gráfica No. 3.6**  
**Kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de aceite y filtro de motor**



Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

### 3.3.1.2. Medición de niveles de opacidad en relación al cambio de filtro de combustible de partículas del vehículo

La tabla No. 3.10 muestra a qué kilometraje se efectúa el cambio del filtro de combustible de partículas y se determina que, 25 vehículos es decir el 50% de los encuestados lo hacen de acuerdo a la especificación de los fabricantes, el 10% lo hacen a los 5000 km, el 28% cambian a los 15000 km y el 12% a los 20000 km.

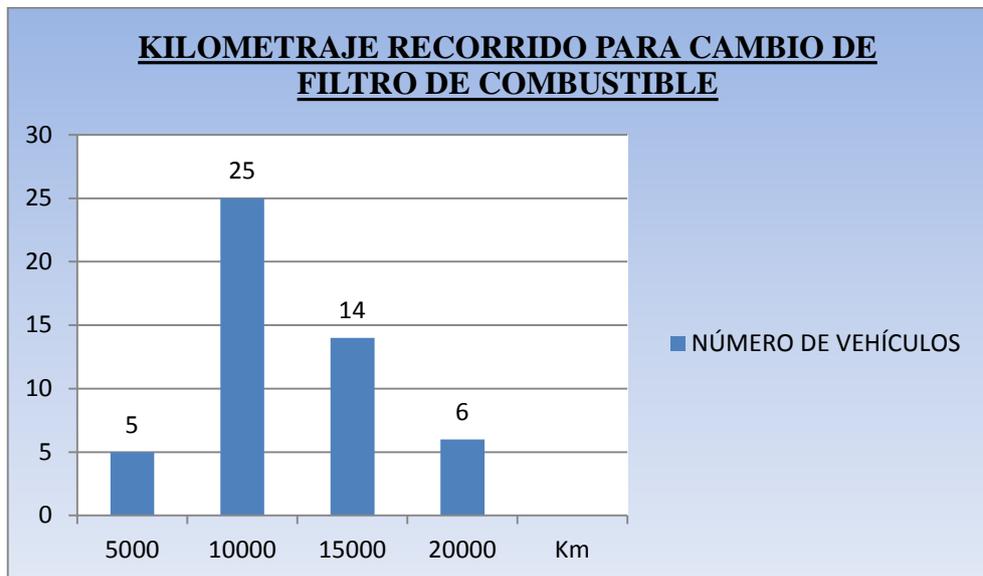
**Tabla No. 3.10**  
**Pregunta No. 2: ¿Con qué frecuencia cambia el filtro de combustible de partículas de su vehículo?**

<b>KM RECORRIDO PARA CAMBIO FILTRO DE COMBUSTIBLE</b>	<b>NÚMERO DE VEHÍCULOS</b>	<b>PORCENTAJE DE VEHÍCULOS</b>
5000	5	10%
10000	25	50%
15000	14	28%
20000	6	12%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
Investigación de campo  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

La tendencia de cambio del filtro de combustible por los propietarios es a los 10000 km, lo cual más adelante, será contrastado con la especificación del fabricante para establecer el índice de mantenimiento de los vehículos.

**Gráfica No. 3.7**  
**Distribución de frecuencias de Km recorrido por el vehículo para cambio filtro de combustible**



Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo

Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

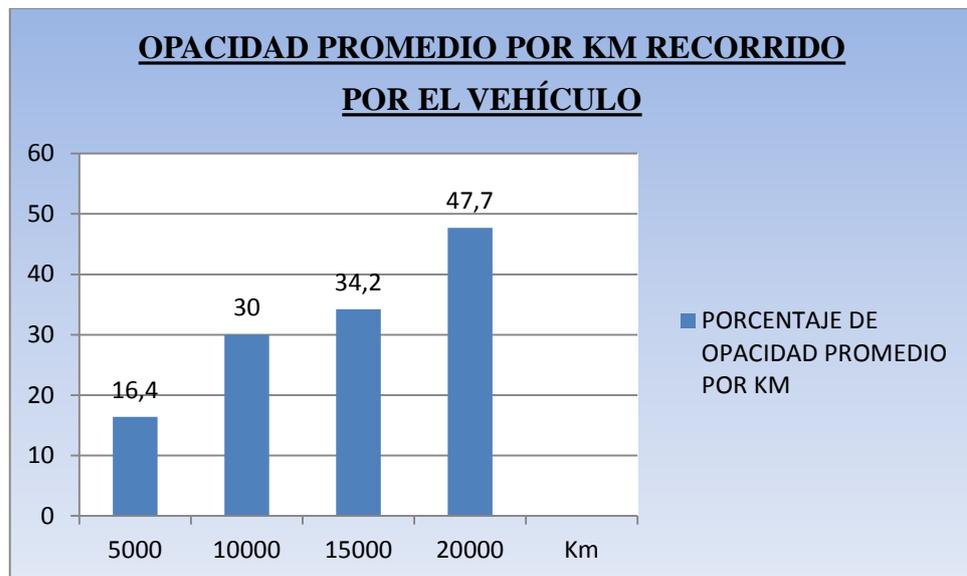
Los datos de la tabla No. 3.11 y la gráfica No. 3.8 determinan que, el incremento en el kilometraje del vehículo para cambiar el filtro de combustible hace que el nivel de opacidad aumente considerablemente, pasando desde el 16,4% de opacidad a los 5000 km hasta 47,7% a los 20000 km. Con esto se concluye que, los propietarios que descuidan el cambio de aceite, también lo hacen con el cambio del filtro de combustible de partículas, mostrando un descuido mayor en el mantenimiento del vehículo en general.

**Tabla No. 3.11**  
**Porcentajes de opacidad promedio en relación al Km recorrido por el**  
**vehículo para cambio de filtro combustible**

KM RECORRIDO PARA CAMBIO FILTRO DE COMBUSTIBLE	PORCENTAJE DE OPACIDAD PROMEDIO POR KM
5000	16,4
10000	30
15000	34,2
20000	47,7

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Gráfica No. 3.8**  
**Kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de filtro de**  
**combustible**



Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

### 3.3.1.3. Niveles de opacidad en relación a cambio de filtro de separación de agua-combustible del vehículo

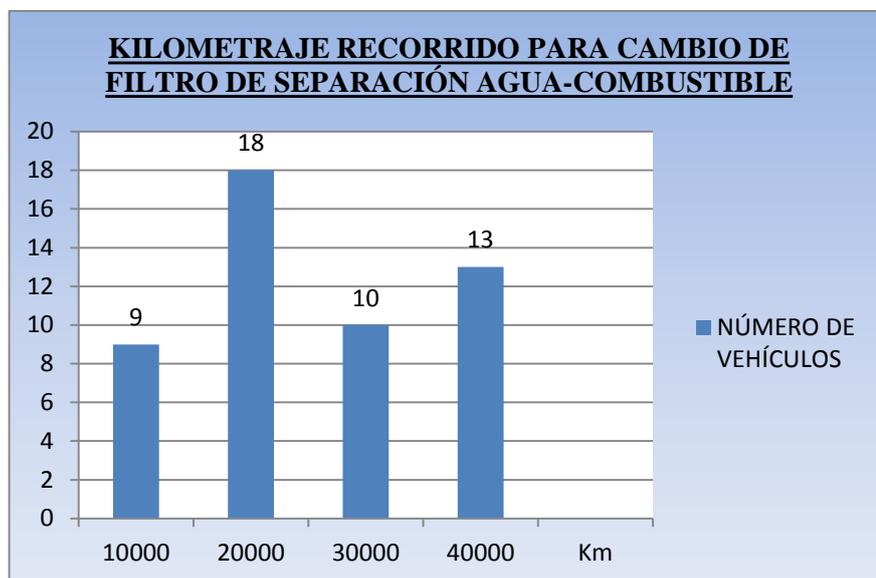
Según los fabricantes, en general, el cambio del filtro de combustible de separación agua-combustible, debe hacerse a los 10000 km. De los datos obtenidos, apenas el 18% de los propietarios están realizando mantenimiento oportuno. El 36% lo hacen a los 20000 km, y el 20% y 26% restantes se distribuyen entre 30000 y 40000 km de recorrido, respectivamente.

**Tabla No. 3.12**  
**Pregunta No. 3: ¿Con qué frecuencia cambia el filtro de separación agua-combustible de su vehículo?**

<b>KM RECORRIDO PARA CAMBIO FILTRO DE SEPARACIÓN H2O-COMBUSTIBLE</b>	<b>NÚMERO DE VEHÍCULOS</b>	<b>PORCENTAJE DE VEHÍCULOS</b>
10000	9	18%
20000	18	36%
30000	10	20%
40000	13	26%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
Investigación de campo  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Gráfica No. 3.9**  
**Distribución de frecuencias de kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de filtro de separación de agua-combustible**



Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

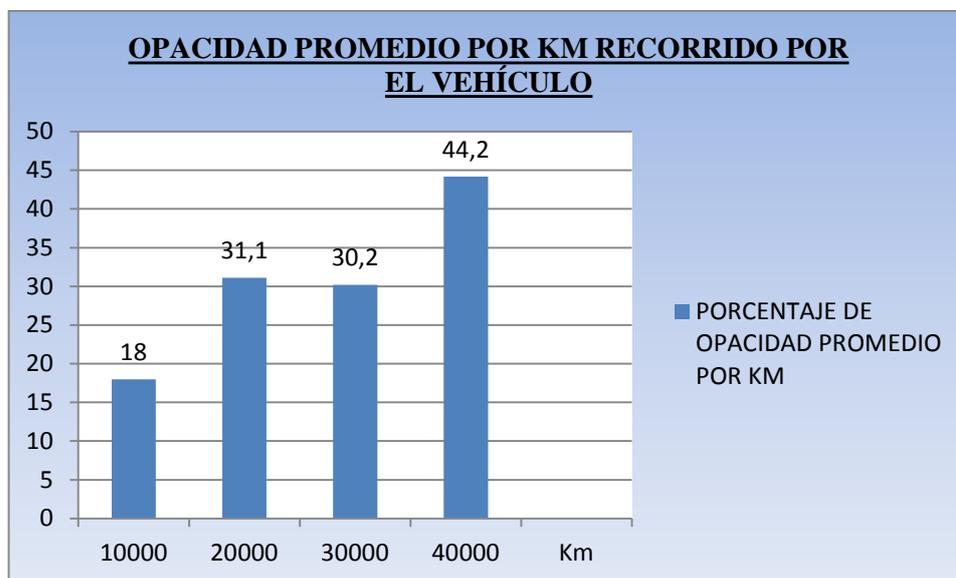
**Tabla No. 3.13**  
**Porcentajes de opacidad promedio en relación al Km recorrido por el vehículo para cambio de filtro de separación de agua-combustible**

KM RECORRIDO PARA CAMBIO FILTRO DE SEPARACIÓN H2O-COMBUSTIBLE	PORCENTAJE DE OPACIDAD PROMEDIO POR KM
10000	18
20000	31,1
30000	30,2
40000	44,2

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Como detalla la tabla No. 3.13, es notable que los vehículos que cambiaron el filtro de separación de agua-combustible a los 10000 km, obtuvieron menor porcentaje de opacidad, en relación a los que cambiaron a los 20000 km, 30000 km y 40000 km, respectivamente, tal como muestra la tendencia de la gráfica No. 3.10.

**Gráfica No. 3.10**  
**Kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de filtro de separación de agua-combustible**



Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

#### **3.3.1.4. Niveles de opacidad en relación al cambio de filtro de aire del vehículo**

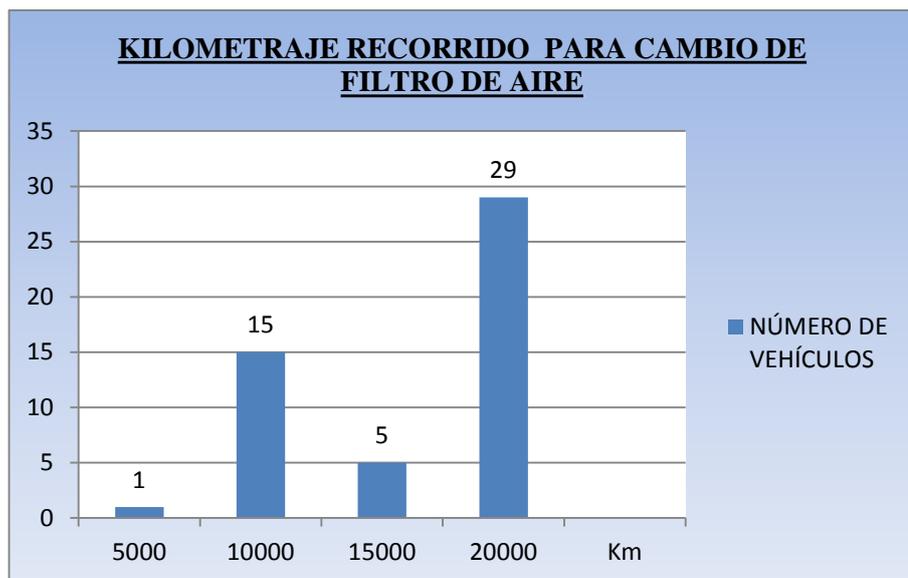
Para el cambio del filtro de aire, el propietario toma muy en cuenta el lugar donde circula el vehículo, ya que si lo hace por lugares donde hay mucho polvo lo cambia a los 5000 km y 10000 km, dentro de este rango se encuentran el 32% de los vehículos, a los 15000 km lo hacen el 10% de estos y a los 20000 km lo hacen más de la mitad de los vehículos, o sea el 58% de los autos.

**Tabla No. 3.14**  
**Pregunta No. 4: ¿Con qué frecuencia cambia el filtro de aire de su vehículo?**

KM RECORRIDO PARA CAMBIO FILTRO DE AIRE	NÚMERO DE VEHÍCULOS	PORCENTAJE DE VEHÍCULOS
5000	1	2%
10000	15	30%
15000	5	10%
20000	29	58%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Gráfica No. 3.11**  
**Distribución de frecuencias de Kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de filtro de aire**



Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

El análisis de la tabla anterior permite concluir que, no existe mucha incidencia entre el kilometraje al cual se cambia el filtro de aire del vehículo y el nivel de opacidad del mismo, ya que como se menciona anteriormente, los propietarios toman en cuenta el lugar donde

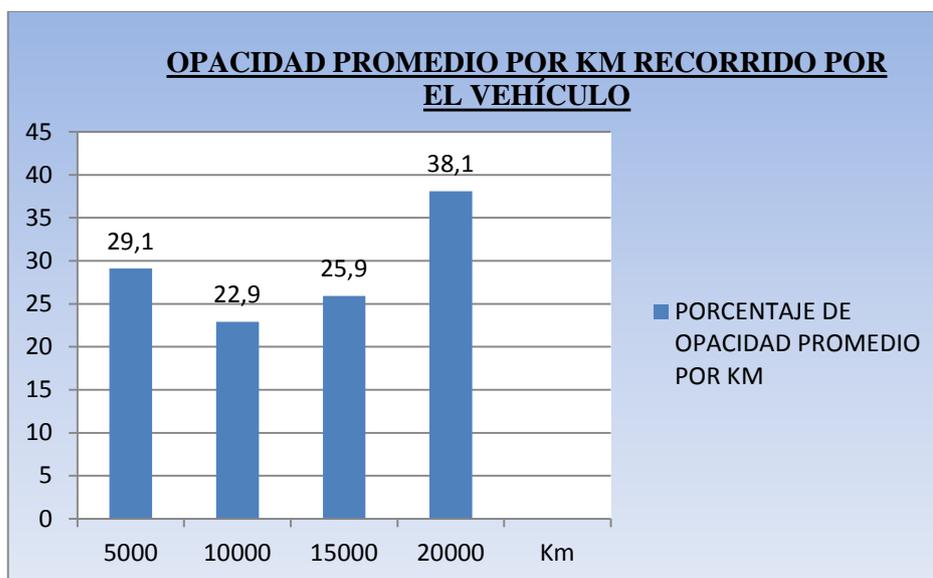
circula el vehículo y así determinan si éste debe ser cambiado antes o después de lo que indica el fabricante.

**Tabla No. 3.15**  
**Porcentajes de opacidad promedio en relación al Km recorrido por el vehículo para cambio de filtro de aire**

KM RECORRIDO PARA CAMBIO FILTRO DE AIRE	PORCENTAJE DE OPACIDAD PROMEDIO POR KM
5000	29,1
10000	22,9
15000	25,9
20000	38,1

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Gráfica No. 3.12**  
**Kilometraje recorrido por el vehículo para cambio de filtro de aire**



Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

### 3.3.1.5. Niveles de opacidad en relación a limpieza de inyectores del vehículo

El 92% de las marcas de vehículos comercializados en el país no realizan limpieza de estos componentes si el vehículo no presenta

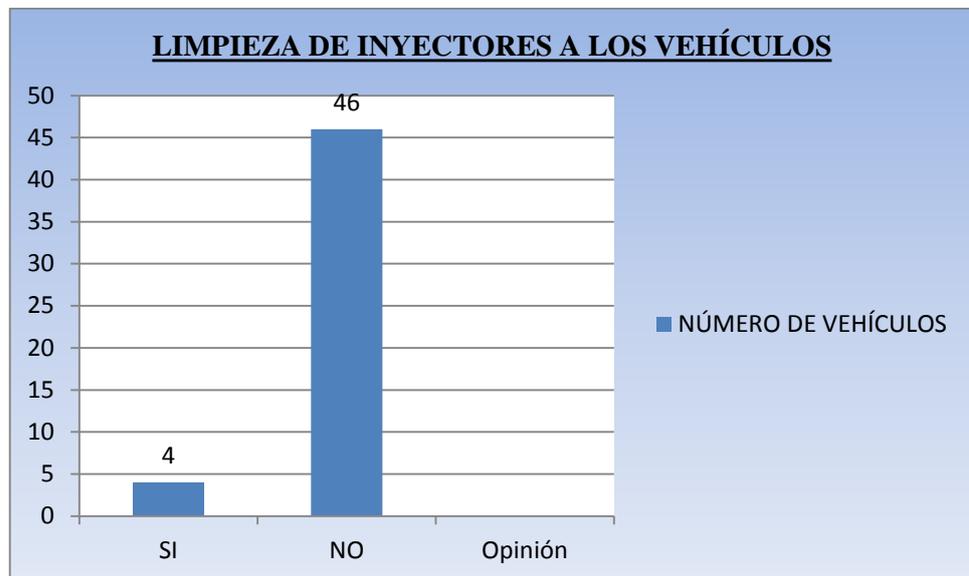
ninguna falla, y si el vehículo lo hace, proceden hacer la limpieza, como se observa en la tabla No. 4.16. Los propietarios del 8% restante realizan limpieza de inyectores por que el vehículo presenta fallas después de los 100000 km.

**Tabla No. 3.16**  
**Pregunta No. 5: ¿Ha realizado limpieza de inyectores de su vehículo?**

LIMPIEZA DE INYECTORES	NÚMERO DE VEHÍCULOS	PORCENTAJE DE VEHÍCULOS
SI	4	8%
NO	46	92%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Gráfica No. 3.13**  
**Distribución de frecuencias de limpieza de inyectores del vehículo**



Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

### 3.3.1.6. Niveles de opacidad en relación al mantenimiento de la bomba de inyección del vehículo

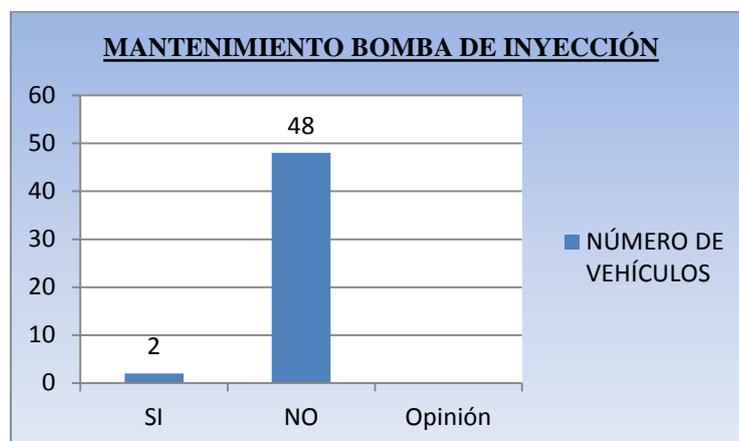
De igual manera que en la limpieza de inyectores, el mantenimiento de la bomba de combustible se lo hace, si es que el vehículo presenta alguna falla, caso contrario no realizan mantenimiento a la misma. En este caso, el mantenimiento lo realizaron 2 propietarios ya que sus vehículos presentaron falla, y los otros 48 no lo han realizado a pesar de haber sobrepasado los 100000 km.

**Tabla No. 3.17**  
**Pregunta No. 6: ¿Ha realizado mantenimiento a la bomba de inyección de combustible de su vehículo?**

MANTENIMIENTO BOMBA DE INYECCIÓN	NÚMERO DE VEHÍCULOS	PORCENTAJE DE VEHÍCULOS
SI	2	4%
NO	48	96%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Gráfica No. 3.14**  
**Distribución de frecuencias de mantenimiento de bomba de inyección**



Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
 Investigación de campo  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

### 3.3.1.7. Repuestos utilizados por los propietarios de los vehículos para mantenimiento

Los repuestos genéricos son los más utilizados por los propietarios de los vehículos a los que se encuestó, en 26 vehículos se usa repuestos genéricos y en 24 vehículos se usan repuestos originales. Con éste resultado se verifica que el mantenimiento de los vehículos no es el indicado, ya que el uso de repuestos alternos no es recomendable porque no cumplen las especificaciones del fabricante en cuanto a la protección que deben darle al motor. Los propietarios de los vehículos deciden utilizar este tipo de repuestos por su bajo costo, es decir que llega a tener un valor hasta menos de la mitad del precio de un repuesto original.

**Tabla No. 3.18**  
**Pregunta No. 7: ¿Qué tipo de repuestos utiliza cuando realiza el mantenimiento de su vehículo?**

<b>REPUESTOS UTILIZADO PARA MANTENIMIENTO</b>	<b>NÚMERO DE VEHÍCULOS</b>	<b>PORCENTAJE DE VEHÍCULOS</b>
ORIGINALES	24	48%
GENÉRICOS	26	52%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
Investigación de campo  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Gráfica No. 3.15**  
**Distribución de frecuencias de tipo de repuesto utilizado para mantenimiento del vehículo**



Fuente: Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/  
Investigación de campo  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

### **3.3.2. Mantenimiento especificado por el fabricante a vehículos livianos con motor a diesel**

El mantenimiento de un vehículo está especificado por cada marca. El estándar para el cambio de cada parte está indicado en el manual del vehículo y esa información también es proporcionada al propietario de cada vehículo. Se realizó una encuesta a los Jefes de Taller de cada concesionario en la ciudad de Ibarra, los cuales manejan los estándares especificados por el fabricante del vehículo. En cada muestra detallamos el resultado de las encuestas realizadas en los que se indica a que kilometraje se debería hacer el cambio de cada parte y se determinara el índice de cumplimiento por parte de los propietarios de cada vehículo.

**Tabla No. 3.19**  
**Especificaciones técnicas de fabricantes para mantenimiento de vehículos con motores de combustible diesel**

ESTÁNDAR DE MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS									
1	CONSESIONARIO	IMBAUTO CHEVROLET	COMERCIAL HIDROBO TOYOTA	COMERCIAL HIDROBO MAZDA	COMERCIAL HIDROBO HYUNDAI	COMERCIAL HIDROBO AUTHESA-KIA	COMERCIAL HIDROBO NISSAN	MERQUI AUTO VOLKSWAGEN	AMBACAR GREAT WALL
2	Km cambio de aceite y filtro del motor	5000 km	5000 km	5000 km	5000 km	5000 km	5000 km	10000 km	5000 km
3	Km cambio de filtro de combustible de partículas	5000 km	10000 km	10000 km	10000 km	10000 km	10000 km	10000 km	10000 km
4	Km cambio de filtro de separación agua-combustible	20000 km	10000 km	10000 km	10000 km	10000 km	10000 km	10000 km	10000 km
5	Km cambio de filtro de aire	10000 km	20000 km	20000 km	15000 km	10000 km	10000 km	10000 km	10000 km
6	Se debe realizar limpieza de inyectores	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
	A qué kilometraje	100000 km	-	-	30000 km	100000 km	100000 km	80000 km	30000 km
7	Se debe realizar mantenimiento a bomba de inyección de combustible	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI
	A qué kilometraje	100000 km	-	-	60000 km	150000 km	100000 km	-	100000 km

Fuente: Entrevista realizada a jefes de taller de concesionarios de vehículos en Imbabura/ Investigación de campo

Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

En la siguiente tabla se detalla el mantenimiento que dan los propietarios a sus vehículos en relación al mantenimiento especificado por el fabricante. Este análisis se realiza para cada una de las marcas de vehículos que dan servicio especializado en la provincia de Imbabura y que forman parte de la muestra en el estudio.

### 3.3.2.1. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “chevrolet”

**Tabla No. 3.20**  
**Índices de mantenimiento Chevrolet / propietario**

Marca	Año	% Opacidad	Km cambio de aceite y filtro del motor	Km cambio de filtro de combustible de partículas	Km cambio de filtro de separación agua-combustible	Km cambio de filtro de aire	Limpieza de inyectores SI – NO	Mantenimiento bomba de inyección SI - NO
<b>ESTÁNDAR</b>		60% hasta 1999 / 50% 2000 en ade.	5000	5000	20000	10000	SI – 100000	SI - 100000
CHEVROLET	2010	42,5	7000	20000	40000	20000	NO	NO
CHEVROLET	2012	27,6	5000	10000	20000	10000	NO	NO
CHEVROLET	2012	15,5	5000	10000	20000	10000	NO	NO
CHEVROLET	2007	42	5000	15000	30000	20000	NO	NO
CHEVROLET	2010	27	5000	10000	20000	20000	NO	NO
CHEVROLET	2009	34,9	5000	15000	40000	20000	NO	NO
CHEVROLET	2011	39,3	5000	10000	40000	20000	NO	NO
CHEVROLET	2007	59,3	5000	20000	40000	20000	NO	NO
CHEVROLET	2012	35	10000	15000	20000	20000	NO	NO
CHEVROLET	2013	16,4	5000	5000	10000	10000	NO	NO
CHEVROLET	2012	32,7	5000	15000	30000	20000	NO	NO
CHEVROLET	2011	15,2	5000	5000	10000	15000	NO	NO
CHEVROLET	2011	18,1	5000	10000	10000	10000	NO	NO
CHEVROLET	2011	48,7	5000	10000	20000	20000	NO	NO
<b>INDICE DE CUMPLIMIENTO</b>		<b>93%</b>	<b>86%</b>	<b>14%</b>	<b>57%</b>	<b>29%</b>	<b>14%</b>	<b>7%</b>

Fuente: Entrevista realizada a jefes de taller de concesionarios de vehículos en Imbabura/ Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo.  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna.

Se observa en la tabla No. 3.20 que, los vehículos que más incumplimiento muestran en el mantenimiento (recuadro marcado de color rojo), presentan mayor nivel de opacidad.

### 3.3.2.2. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “toyota”

**Tabla No. 3.21**  
**Índices de mantenimiento Toyota / propietario**

Marca	Año	% Opacidad	Km cambio de aceite y filtro del motor	Km cambio de filtro de combustible de partículas	Km cambio de filtro de separación agua-combustible	Km cambio de filtro de aire	Limpieza de inyectores SI – NO	Mantenimiento bomba de inyección SI – NO
<b>ESTÁNDAR</b>		60% hasta 1999 / 50% 2000 en ade.	<b>5000</b>	<b>10000</b>	<b>10000</b>	<b>20000</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>
TOYOTA	2012	23,6	5000	10000	20000	20000	NO	NO
TOYOTA	2010	28,6	5000	15000	40000	20000	NO	NO
TOYOTA	2011	21,5	5000	15000	30000	10000	NO	NO
TOYOTA	2008	54	5000	15000	40000	20000	NO	NO
TOYOTA	2010	29	5000	10000	20000	10000	NO	NO
TOYOTA	2011	38	5000	20000	20000	20000	NO	NO
TOYOTA	2011	33	5000	10000	20000	20000	NO	NO
TOYOTA	2006	35	5000	10000	20000	10000	NO	NO
TOYOTA	2012	11,8	5000	5000	10000	10000	NO	NO
TOYOTA	2007	44,1	7000	15000	40000	20000	NO	NO
TOYOTA	2011	38,5	5000	15000	20000	20000	NO	NO
TOYOTA	2011	23.4	3000	5000	10000	10000	NO	NO
<b>INDICE DE CUMPLIMIENTO</b>		<b>92%</b>	<b>92%</b>	<b>50%</b>	<b>17%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Entrevista realizada a jefes de taller de concesionarios de vehículos en Imbabura/ Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo.  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna.

Se observa en la tabla No. 3.21 que, los vehículos que más incumplimiento muestran en el mantenimiento (recuadro marcado de color rojo), presentan mayor nivel de opacidad.

### 3.3.2.3. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “mazda”

**Tabla No. 3.22**  
**Índices de mantenimiento Mazda / propietario**

Marca	Año	% Opacidad	Km cambio de aceite y filtro del motor	Km cambio de filtro de combustible de partículas	Km cambio de filtro de separación agua-combustible	Km cambio de filtro de aire	Limpieza de inyectores SI – NO	Mantenimiento bomba de inyección SI - NO
<b>ESTÁNDAR</b>		60% hasta 1999 / 50% 2000 en ade.	5000	10000	10000	20000	NO	NO
MAZDA	2012	29,2	5000	15000	20000	20000	NO	NO
MAZDA	2010	26,4	5000	10000	20000	10000	NO	NO
MAZDA	2012	23	5000	10000	30000	15000	NO	NO
MAZDA	2008	46	10000	20000	40000	20000	NO	NO
MAZDA	2010	43,4	5000	10000	40000	20000	NO	NO
MAZDA	2010	52	5000	20000	40000	20000	NO	NO
MAZDA	2012	26	5000	15000	30000	20000	NO	NO
MAZDA	2008	43,2	7000	10000	40000	20000	NO	NO
MAZDA	2012	26,9	5000	15000	10000	10000	NO	NO
MAZDA	2009	33,7	5000	10000	30000	15000	NO	NO
MAZDA	2010	13	3000	10000	10000	10000	NO	NO
MAZDA	2009	21	5000	5000	10000	15000	NO	NO
<b>INDICE DE CUMPLIMIENTO</b>		<b>100%</b>	<b>83%</b>	<b>42%</b>	<b>25%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Entrevista realizada a jefes de taller de concesionarios de vehículos en Imbabura/ Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo.  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna.

Se observa en la tabla No. 3.22 que, los vehículos que más incumplimiento muestran en el mantenimiento (recuadro marcado de color rojo), presentan mayor nivel de opacidad.

### 3.3.2.4. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “hyundai”

**Tabla No. 3.23**  
Índices de mantenimiento Hyundai / propietario

Marca	Año	% Opacidad	Km cambio de aceite y filtro del motor	Km cambio de filtro de combustible de partículas	Km cambio de filtro de separación agua-combustible	Km cambio de filtro de aire	Limpieza de inyectores SI - NO	Mantenimiento bomba de inyección SI - NO
ESTÁNDAR		60% hasta 1999 / 50% 2000 en ade.	5000	10000	10000	15000	SI - 30000	SI - 60000
HYUNDAI	2006	28,5	5000	10000	20000	10000	NO	NO
INDICE DE CUMPLIMIENTO		100%	100%	100%	0%	100%	0%	0%

Fuente: Entrevista realizada a jefes de taller de concesionarios de vehículos en Imbabura/ Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo.  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna.

Se observa en la tabla No. 3.23 que, los vehículos que más incumplimiento muestran en el mantenimiento (recuadro marcado de color rojo), presentan mayor nivel de opacidad.

### 3.3.2.5. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “kia”

**Tabla No. 3.24**  
Índices de mantenimiento KIA / propietario

Arca	Año	% Opacidad	Km cambio de aceite y filtro del motor	Km cambio de filtro de combustible de partículas	Km cambio de filtro de separación agua-combustible	Km cambio de filtro de aire	Limpieza de inyectores SI - NO	Mantenimiento bomba de inyección SI - NO
ESTÁNDAR		60% hasta 1999 / 50% 2000 en ade.	5000	10000	10000	10000	SI- 100000	SI - 150000
KIA	2008	38.1	5000	10000	20000	20000	NO	NO
INDICE DE CUMPLIMIENTO		100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%

Fuente: Entrevista realizada a jefes de taller de concesionarios de vehículos en Imbabura/ Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo.  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna.

Se observa en la tabla No. 3.24 que, los vehículos que más incumplimiento muestran en el mantenimiento (recuadro marcado de color rojo), presentan mayor nivel de opacidad.

### 3.3.2.6. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “nissan”

**Tabla No. 3.25**  
Índices de mantenimiento Nissan / propietario

Marca	Año	% Opacidad	Km cambio de aceite y filtro del motor	Km cambio de filtro de combustible de partículas	Km cambio de filtro de separación agua-combustible	Km cambio de filtro de aire	Limpieza de inyectores SI - NO	Mantenimiento bomba de inyección SI - NO
<b>ESTÁNDAR</b>		60% hasta 1999 / 50% 2000 en ade.	5000	10000	10000	10000	SI - 100000	SI - 100000
NISSAN	1995	40,2	5000	10000	30000	15000	SI	NO
NISSAN	2010	33,2	7000	10000	30000	10000	NO	NO
NISSAN	2008	28,3	7000	10000	30000	20000	NO	NO
<b>INDICE DE CUMPLIMIENTO</b>		<b>100%</b>	<b>33%</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>33%</b>	<b>33%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Entrevista realizada a jefes de taller de concesionarios de vehículos en Imbabura/ Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo.  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna.

Se observa en la tabla No. 3.25 que, los vehículos que más incumplimiento muestran en el mantenimiento (recuadro marcado de color rojo), presentan mayor nivel de opacidad.

### 3.3.2.7. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “volkswagen”

**Tabla No. 3.26**  
Índices de mantenimiento Volkswagen / propietario

Marca del vehículo	Año	% Opacidad	Cambio de aceite y filtro del motor	Cambio de filtro de combustible de partículas	Km cambio de filtro de separación agua-combustible	Km cambio de filtro de aire	Limpieza de inyectores SI - NO	Mantenimiento o bomba de inyección SI - NO
<b>ESTÁNDAR</b>		60% hasta 1999/ 50% 2000 en ade.	10000	10000	10000	10000	SI- 80000	NO
VOLKSWAGEN	2010	38,3	7000	15000	40000	20000	NO	NO
VOLKSWAGEN	2011	27	5000	15000	30000	20000	NO	NO
VOLKSWAGEN	2012	18	3000	10000	10000	10000	NO	NO
<b>INDICE DE CUMPLIMIENTO</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>33%</b>	<b>33%</b>	<b>33%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Entrevista realizada a jefes de taller de concesionarios de vehículos en Imbabura/ Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo.  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna.

Se observa en la tabla No. 3.26 que, los vehículos que más incumplimiento muestran en el mantenimiento (recuadro marcado de color rojo), presentan mayor nivel de opacidad.

### 3.3.2.8. Especificación técnica de mantenimiento vehicular “great wall”

**Tabla No. 3.27**  
Índices de mantenimiento Great Wall / propietario

Marca	Año	% Opacidad	Km cambio de aceite y filtro del motor	Km cambio de filtro de combustible de partículas	Km cambio de filtro de separación agua-combustible	Km cambio de filtro de aire	Limpieza de inyectores SI - NO	Mantenimiento bomba de inyección SI - NO
<b>ESTÁNDAR</b>		60% hasta 1999 / 50% 2000 en ade.	<b>5000</b>	<b>10000</b>	<b>10000</b>	<b>10000</b>	<b>SI - 30000</b>	<b>SI - 100000</b>
GREAT WALL	2009	29,3	5000	10000	20000	20000	NO	NO
<b>INDICE DE CUMPLIMIENTO</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

Fuente: Entrevista realizada a jefes de taller de concesionarios de vehículos en Imbabura/ Encuesta realizada a propietarios de vehículos con motor diesel/ Investigación de campo.  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna.

Se observa en la tabla No. 3.27 que, los vehículos que más incumplimiento muestran en el mantenimiento (recuadro marcado de color rojo), presentan mayor nivel de opacidad.

### 3.4. Verificación de la calidad del combustible diesel

La calidad del diesel fue analizada desde dos estudios: prueba de fluorescencia y prueba de opacidad a un vehículo con diesel de diferentes lugares del país.

#### 3.4.1. Fluorescencia

La fluorescencia es un fenómeno por el cual algunas sustancias tienen la capacidad de absorber luz a una determinada longitud de onda, y luego emiten luz en una longitud más larga. Este proceso es casi inmediato, la luz es recibida y vuelta a emitir en millonésimas de segundo, por lo tanto podemos decir que la fluorescencia dura tanto como el estímulo, ya que cuando éste cesa, también cesa el fenómeno de fluorescencia.

En general las sustancias fluorescentes absorben energía en forma de radiación electromagnética de onda corta (radiación gamma, rayos x, UV, luz azul, etc), y luego la emiten nuevamente a una longitud de onda más larga, por ejemplo dentro del espectro visible.

El mecanismo de fluorescencia<sup>22</sup> típico implica tres pasos secuenciales, llamados respectivamente absorción (1), disipación (2) y emisión (3).

Una de las principales aplicaciones de este fenómeno es detectar antígenos y anticuerpos, por esa razón se utilizó este método para el análisis del combustible en este trabajo de investigación, y poder analizar los diferentes tipos de diesel comercializados en el país. Debido al alto costo que implica realizar este análisis en un laboratorio calificado, se lo realizó con materiales caseros.

#### **3.4.2. Pruebas de fluorescencia**

Para observar la tonalidad del combustible se realizó una prueba de fluorescencia al diesel recolectado de diferentes lugares del país. En el ensayo se utilizaron los siguientes materiales:

- 10 muestras de combustible
- 10 tubos de ensayo
- 10 ml de líquido fluorescente
- 1 lámpara luminiscente
- 1 jeringuilla

---

<sup>22</sup> Atkins, P.(2008) & De Paula, J. (2008), Química – Física, Editorial Panamericana, Buenos Aires.

- 1 cinta adhesiva
- 1 marcador
- 1 porta tubos

Las muestras de combustibles se codificaron como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla No. 3.28**  
**Codificación del diesel para prueba de fluorescencia**

CÓDIGO DE LA MUESTRA	PROCEDENCIA DEL COMBUSTIBLE
M1	Tulcán
M2	Ibarra
M3	Quito
M4	Lita
M5	San Lorenzo
M6	Santo Domingo
M7	Caluma
M8	Guagrayacu
M9	Baeza
M10	Chaco

Fuente: Prueba de Fluorescencia  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Posteriormente, se procedió a numerar los tubos de ensayo del 1 al 10, se introdujo 20 ml de combustible en cada tubo, y se ubicó la lámpara luminiscente a 10 cm con la finalidad de que la luz pueda iluminar.

**Imagen No. 3.3**  
**Preparación de materiales para realizar prueba de fluorescencia**



Fuente: Prueba de Fluorescencia

Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Con la jeringa se colocó 1 ml de líquido fluorescente en cada tubo de ensayo contenido de combustible, como se muestra en la imagen No. 3.4.

**Imagen No. 3.4**  
**Dosificación de líquido fluorescente para prueba de opacidad**



Fuente: Prueba de Fluorescencia  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Como resultado de la prueba de fluorescencia, en la imagen No. 3.5 se observa que la tonalidad y limpieza del combustible es la misma, se verifica que el diesel no contiene partículas externas, y por lo tanto, la transparencia es la misma en todos los casos. Esto se debe a que desde enero de 2014 se comercializa Diesel Premium, producto que hasta el finales del año 2013 sólo circulaba en Quito, Guayaquil y Cuenca, ciudades en las que se exige la revisión vehicular a todos los vehículos que circulan en las mismas.

**Imagen No. 3.5**  
**Prueba de fluorescencia del combustible diesel**



Fuente: Prueba de Fluorescencia  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Por lo tanto, se concluye que, por su apariencia el combustible diesel comercializado en el Ecuador es de la misma calidad.

#### **3.4.3. Pruebas de opacidad con diesel de distintos lugares del país**

Para el estudio de la variable “calidad de diesel” se tomaron las 10 muestras de combustible extraídas de diferentes lugares del país y se procedió a realizar pruebas de opacidad utilizando un solo vehículo, al cual se le suministraron en diferentes tiempos dichos combustibles, para valorar el comportamiento del porcentaje de opacidad.

Se trabajó con una camioneta marca Chevrolet, modelo Dmax 3.0, de placa ICN-006, año 2007, con 16900 Km de recorrido, se le realizaron pruebas de opacidad con las 10 diferentes muestras de combustible

diesel, recogidas a nivel nacional. Para esto se necesitó un canister en el cual se colocaron cada una de las muestras y se tomó en cuenta todos los requisitos para la medición de la opacidad. Con esta medición se obtuvieron los resultados detallados en la tabla a continuación:

**Tabla No. 3.29**  
**Porcentajes de opacidad promedio con diesel de diferentes procedencias del país**

MUETSRA	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3	% DE OPACIDAD PROMEDIO
M1	41,4	41,9	42,1	41,8
M2	41,4	41,8	42,9	42,0
M3	40,9	41,6	41,9	41,5
M4	40,8	42,6	41,9	42,3
M5	42,9	42,1	43,4	42,8
M6	42,5	41,5	42	42,0
M7	39,8	40,6	42,6	41,0
M8	42	41,6	40,1	41,2
M9	41,6	42,9	42,6	42,4
M10	43,9	42,8	41,2	42,6

Fuente: Prueba de Fluorescencia  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Los resultados del ensayo ratifican que la calidad del diesel expendida en todo el país es la misma, pues el vehículo fue sometido a la prueba de opacidad por varias ocasiones utilizando las diez muestras de diesel traídas de diferentes partes del Ecuador. Si se observan las medidas de opacidad 1, 2, 3 y el porcentaje promedio de la tabla, se concluye que la variación de la opacidad registrada tiene una ligera variabilidad de 2 puntos porcentuales, lo cual arroja promedios de opacidad de significativamente iguales.

Tanto la prueba de fluorescencia como de opacidad realizadas en este fase de la investigación, dejan ver que la calidad del diesel en un factor

constante que no incide en la medida de opacidad que marcan los vehículos de combustible diesel.

### 3.5. Análisis estadístico de correlación de variables y validación de hipótesis

Mediante análisis estadístico inferencial, específicamente del coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ )<sup>23</sup>, se obtienen los índices para la evaluación de hipótesis de ésta investigación, es decir, se procede a validarlas o negarlas. “Una hipótesis según Hernández, R. & otros (2010) “en el contexto de la estadística inferencial es una proposición respecto a uno o varios parámetros, y lo que el investigador hace a través de la prueba de hipótesis es determinar si la hipótesis es congruente con los datos obtenidos en la muestra (Wiersma, 1999)”.

Como se manifestó, al inicio de ésta investigación se plantearon cinco (5) variables correlacionales, las cuales van a ser sometidas a comprobación, en este apartado, mediante la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ). Este coeficiente (Hernández, R. & otros, 2010) consiste en una prueba de tipo estadístico que permite analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel de intervalo o de razón.

“El coeficiente ( $r$ ) de Pearson puede variar de -1.00 a +1.00 donde:

- 1.00 = *Correlación negativa perfecta* (“A mayor X, menor Y”, de manera proporcional. Es decir cada vez que X aumenta una unidad, Y disminuye siempre una cantidad constante.) Esto también se aplica “a menor X, mayor Y”.
- 0.90 = Correlación negativa muy fuerte.

---

<sup>23</sup> Coeficiente de correlación de Pearson.- Mide la intensidad en la relación que existe entre dos variables. Se representa con la letra r.

- 0.75 = Correlación negativa considerable.
- 0.50 = Correlación negativa media.
- 0.10 = Correlación negativa débil.
- 0.00 = No existe correlación alguna entre las variables.
- + 0.10 = Correlación positiva débil.
- + 0.50 = Correlación positiva media.
- + 0.75 = Correlación positiva considerable.
- + 0.90 = Correlación positiva muy fuerte.
- + 1.00 = *Correlación positiva perfecta*. (“A mayor X, mayor Y” o “A menor X, menor Y”, de manera proporcional. Cada vez que X aumenta, Y aumenta siempre una cantidad constante.)

El signo indica la dirección de la correlación (positiva o negativa); y el valor numérico, la magnitud de la correlación. (Hernández, R. & otros, 2010)

A continuación las hipótesis a probar:

- **(H<sub>1</sub>)**: *A mayor kilometraje recorrido por el vehículo, mayor índice de opacidad registrado.*
- **(H<sub>2</sub>)**: *Si el cambio de aceite y filtro de motor se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.*
- **(H<sub>3</sub>)**: *Si el cambio de filtro de combustible de partículas se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.*
- **(H<sub>4</sub>)**: *Si el cambio de filtro de separación de agua-combustible se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.*
- **(H<sub>5</sub>)**: *Si el cambio de filtro de aire se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad*

### 3.5.1. Correlación entre kilometraje y nivel de opacidad del vehículo

Para validar la hipótesis ( $H_1$ ), se calcula el nivel de correlación que existe entre las variables citadas, utilizando el 100% de los datos que forman parte de la muestra. Es decir que, para esta prueba se consideraron: (50 medidas de opacidad) y (50 medidas de kilometraje), las cuales fueron procesadas a través del software “IBM-SPSS/20.0”<sup>24</sup>. Una vez calculado el coeficiente de correlación (r), se procede al análisis correspondiente:

- **Hipótesis ( $H_1$ ):** “A mayor kilometraje recorrido por el vehículo, mayor índice de opacidad registrado”

**Tabla No. 3.30**  
**Coefficiente de correlación de Pearson (r) km / porcentaje de opacidad**

VARIABLES		KILOMETRAJE RECORRIDO	PORCENTAJE OPACIDAD
<u>KILOMETRAJE</u>	Correlación de Pearson	1	<u>0,760**</u>
	Sig. (bilateral)		,000
	N	50	50
<u>OPACIDAD</u>	Correlación de Pearson	<u>0,760**</u>	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	50	50

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Análisis estadístico de correlación para prueba de hipótesis. “SPSS”  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Con los resultados extraídos de la tabla se establecen las siguientes conclusiones:

<sup>24</sup> SPSS.- Es un programa estadístico informático grandemente utilizado en procesos de investigación científica. Inicialmente fue creado como acrónimo de *Statistical Package for Social Sciences*, aunque también refiere a *Statistical Product and Service Solutions*. Actualmente SPSS del nombre completo del software (IBM SPSS) no es acrónimo de nada. Es uno de los programas estadísticos más reconocidos considerando su capacidad para trabajar con grandes bases de datos y su sencillo interface para la mayoría de los análisis.

- El **coeficiente de correlación** para la Hipótesis ( $H_1$ ) es igual a **0,760**, esto quiere decir que, existe **Correlación Positiva Considerable** entre las dos variables analizadas.
- La correlación se valida con un **nivel de significancia** igual a **0,01**, esto quiere decir que, existe un 99% de confianza de que la correlación encontrada sea verdadera y 1% de probabilidad de error.

**Validación de Hipótesis ( $H_1$ ):** “A mayor kilometraje recorrido por el vehículo, mayor índice de opacidad registrado”.- Por lo tanto, al existir una *correlación positiva considerable igual a (0.76)* entre el Kilometraje recorrido por el vehículo y el porcentaje de opacidad detectado durante la prueba de opacidad, la hipótesis es aceptada con un grado de confianza igual al **(99%)**, puesto que, a medida que el kilometraje del vehículo aumenta, el porcentaje de opacidad también aumenta en una cantidad *considerable*.

### **3.5.2. Correlación entre cambio de aceite/filtro del motor (km) y nivel de opacidad del vehículo**

Para validar la hipótesis ( $H_2$ ), se calcula el nivel de correlación que existe entre las variables: kilometraje para cambio de aceite/filtro de motor y porcentaje de opacidad del vehículo, utilizando los datos agrupados de la Tabla No. 3.9, en la que se contienen las mediciones de estas variables. Es decir que, para esta prueba se consideraron los datos de las cuatro categorías en que se agruparon las 50 mediciones

hechas a los vehículos. Al igual que en la hipótesis ( $H_1$ ) los datos se procesaron a través del software “IMB-SPSS/20.0”. Una vez calculado el coeficiente de correlación (r), se puede establecer el análisis correspondiente:

- **Hipótesis ( $H_2$ ):** Si el cambio de aceite/filtro de motor se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.

**Tabla No. 3.31**  
**Coeficiente de correlación de Pearson (r) km cambio de aceite y filtro de motor / porcentaje de opacidad**

VARIABLES		KM/ CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO DE MOTOR	PORCENTAJE OPACIDAD
<u>KM/ CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO DE MOTOR</u>	Correlación de Pearson	1	<u>,933</u>
	Sig. (bilateral)		,067
	N	4	4
<u>PORCENTAJE OPACIDAD</u>	Correlación de Pearson	<u>,933</u>	1
	Sig. (bilateral)	,067	
	N	4	4

Fuente: Análisis estadístico de correlación para prueba de hipótesis. “SPSS”  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Con los resultados de la tabla se establecen las siguientes conclusiones:

- El **coeficiente de correlación** para la Hipótesis ( $H_2$ ) es igual a **0,933**, esto quiere decir que, existe **Correlación Positiva Fuerte** entre las dos variables analizadas.
- La correlación se valida con un **nivel de significancia** igual a **0.06**, esto quiere decir que, existe un 94% de confianza de que

la correlación encontrada sea verdadera y 6% de probabilidad de error.

***Validación de Hipótesis (H<sub>2</sub>):*** *“Si el cambio de aceite/filtro de motor se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad”*.- Se demuestra que, al existir una *correlación positiva fuerte igual a (0.93)* entre el Kilometraje recorrido por el vehículo para realizar cambio de aceite/filtro de motor y el porcentaje de opacidad detectado durante la prueba de opacidad, la hipótesis es aceptada con un grado de confianza igual a **(94%)**, puesto que, a medida que el kilometraje del vehículo aumenta, el porcentaje de opacidad también aumenta en una cantidad proporcional. Entonces, mientras más demore el mantenimiento en realizarse (en términos de kilometraje), mayor será el índice de opacidad. Si el estándar promedio de los fabricantes de vehículos para realizar este tipo de mantenimiento es 5000 km, se entenderá que mientras el propietario más se aleje de este valor, mayor será el índice de opacidad.

### **3.5.3. Correlación entre cambio de filtro de combustible de partículas y nivel de opacidad del vehículo**

Para validar la hipótesis (**H<sub>3</sub>**), se calcula el nivel de correlación que entre: kilometraje para cambio de filtro de combustible de partículas y porcentaje de opacidad del vehículo, utilizando los datos agrupados de la Tabla No. 3.11, en la que se contienen las mediciones de estas variables. Entonces, para esta prueba se tomaron en cuenta los datos

de las cuatro categorías en las que se agruparon las 50 mediciones hechas a los vehículos. Tal como, en los casos de las hipótesis ( $H_1$  y  $H_2$ ) los datos se procesaron a través del software “IMB-SPSS/20.0”. Realizado el cálculo del coeficiente de correlación (r), se llegó al análisis correspondiente:

- **Hipótesis ( $H_3$ ):** Si el cambio de filtro de combustible de partículas se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.

**Tabla No. 3.32**  
**Coeficiente de correlación de Pearson (r) km cambio de filtro de combustible / porcentaje de opacidad**

VARIABLES		KM/ CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE	PORCENTAJE OPACIDAD
<u>KM/ CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE</u>	Correlación de Pearson	1	<u>,982*</u>
	Sig. (bilateral)		,018
	N	4	4
<u>PORCENTAJE OPACIDAD</u>	Correlación de Pearson	<u>,982*</u>	1
	Sig. (bilateral)	,018	
	N	4	4

\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Análisis estadístico de correlación para prueba de hipótesis. “SPSS”  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

De los resultados obtenidos, y que se muestran en la tabla se establecen las siguientes conclusiones:

- El **coeficiente de correlación** para la Hipótesis ( $H_3$ ) es igual a **0,982**, lo cual significa que, existe **Correlación Positiva Fuerte** entre las dos variables estudiadas.
- La correlación se valida con un **nivel de significancia** igual a **0,01**, esto quiere decir que, existe un 99% de confianza de que

la correlación encontrada sea verdadera y 1% de probabilidad de error.

**Validación de Hipótesis (H<sub>3</sub>):** “Si el cambio de filtro de combustible de partículas se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad”.- Del análisis se determina que, al existir una *correlación positiva fuerte igual a (0.982)* entre el Kilometraje recorrido por el vehículo para realizar cambio de filtro de combustible de partículas y el porcentaje de opacidad detectado durante la prueba de opacidad, la hipótesis es aceptada con un grado de confianza igual a **(99%)**, puesto que, a medida que el kilometraje del vehículo aumenta, el porcentaje de opacidad también aumenta en una cantidad proporcional. Entonces, mientras más demore el mantenimiento en realizarse (en términos de kilometraje), mayor será el índice de opacidad. Si el estándar promedio de los fabricantes de vehículos para realizar este tipo de mantenimiento es 10000 km, se entenderá que mientras el propietario más se aleje de este valor, mayor será el índice de opacidad.

#### **3.5.4. Correlación entre cambio de filtro de separación agua-combustible y nivel de opacidad del vehículo**

La validación de la hipótesis (**H<sub>4</sub>**) se obtiene calculando el nivel de correlación que entre: kilometraje para cambio de filtro de separación de agua-combustible y porcentaje de opacidad del vehículo, utilizando los datos agrupados de la Tabla No. 4.13, que contiene las mediciones

de estas variables. Para esta prueba se tomaron en cuenta los datos de las cuatro categorías en las que se agruparon las 50 mediciones realizadas. Como en las hipótesis ( $H_1$ ,  $H_2$  y  $H_3$ ) los datos se procesaron a través del software “IMB-SPSS/20.0”. Terminados los cálculos del coeficiente de correlación (r), se concluye lo siguiente:

- **Hipótesis ( $H_4$ ):** Si el cambio de filtro de separación de agua-combustible se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.

**Tabla No. 3.33**  
**Coeficiente de correlación de Pearson (r) km cambio filtro de separación agua-combustible / porcentaje de opacidad**

VARIABLES		KM/ CAMBIO DE FILTRO DE SEPARACION AGUA COMBUSTIBLE	PORCENTAJE OPACIDAD
<u>KM/ CAMBIO DE FILTRO DE SEPARACION AGUA COMBUSTIBLE</u>	Correlación de Pearson	1	<u>.937</u>
	Sig. (bilateral)		,063
	N	4	4
<u>PORCENTAJE OPACIDAD</u>	Correlación de Pearson	<u>.937</u>	1
	Sig. (bilateral)	,063	
	N	4	4

Fuente: Análisis estadístico de correlación para prueba de hipótesis. “SPSS”  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

De los resultados obtenidos, y detallados en la tabla se establecen las siguientes conclusiones:

- El **coeficiente de correlación** para la Hipótesis ( $H_4$ ) es igual a **0,937**, lo cual significa que, existe **Correlación Positiva Fuerte** entre las dos variables estudiadas.

- La correlación se valida con un **nivel de significancia** igual a **0.06**, esto quiere decir que, existe un 94% de confianza de que la correlación encontrada sea verdadera y 6% de probabilidad de error.

**Validación de Hipótesis ( $H_4$ ):** “Si el cambio de filtro de separación de agua-combustible se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad”.- Del análisis se determina que, al existir una *correlación positiva fuerte igual a (0.937)* entre el Kilometraje recorrido por el vehículo para realizar cambio de filtro de separación de agua-combustible y el porcentaje de opacidad detectado durante la prueba de opacidad, la hipótesis es aceptada con un grado de confianza igual a **(94%)**, puesto que, a medida que el kilometraje del vehículo aumenta, el porcentaje de opacidad también aumenta en una cantidad proporcional. Entonces, mientras más demore el mantenimiento en realizarse (en términos de kilometraje), mayor será el índice de opacidad. Si el estándar promedio de los fabricantes de vehículos para realizar este tipo de mantenimiento es 10000 km, se entenderá que mientras el propietario más se aleje de este valor, mayor será el índice de opacidad.

### **3.5.5. Correlación entre cambio de filtro de aire y nivel de opacidad de los vehículos**

Para validar la hipótesis ( $H_5$ ) se calcula el nivel de correlación entre: kilometraje para cambio de filtro de aire y porcentaje de opacidad del vehículo, utilizando los datos agrupados de la Tabla No. 4.15, que

contiene las mediciones de estas variables. Para esta prueba se tomaron en cuenta los datos de las cuatro categorías en las que se agruparon las 50 mediciones realizadas. Así como en las hipótesis ( $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  y  $H_4$ ) los datos se procesaron a través del software “IMB-SPSS/20.0”. Realizado el cálculo del coeficiente de correlación (r), se concluye lo siguiente:

- **Hipótesis ( $H_5$ ):** Si el cambio de filtro de aire se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.

**Tabla No. 3.34**  
**Coeficiente de correlación de Pearson (r) km cambio de filtro de aire / porcentaje de opacidad**

VARIABLES		KM/ CMBIO DE FILTRO DE AIRE	PORCENTAJE OPACIDAD
<u>KM/ CAMBIO DE FILTRO DE AIRE</u>	Correlación de Pearson	1	<u>,589</u>
	Sig. (bilateral)		,411
	N	4	4
<u>PORCENTAJE OPACIDAD</u>	Correlación de Pearson	<u>,589</u>	1
	Sig. (bilateral)	,411	
	N	4	4

Fuente: Análisis estadístico de correlación para prueba de hipótesis. “SPSS”  
 Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Con los resultados obtenidos se establecen las siguientes conclusiones:

- El **coeficiente de correlación** para la Hipótesis ( $H_5$ ) es igual a **0,589**, lo cual significa que, existe **Correlación Positiva Media** entre las dos variables.

- La correlación se valida con un **nivel de significancia** igual a **0.4**, esto quiere decir que, existe un 60% de confianza de que la correlación encontrada sea verdadera y 40% de probabilidad de error.

***Validación de Hipótesis (H<sub>5</sub>): “Si el cambio de filtro de aire se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad”***.- Del análisis se determina que, al existir una **correlación positiva media igual a (0.589)** entre el Kilometraje recorrido por el vehículo para realizar cambio de filtro de aire y el porcentaje de opacidad detectado durante la prueba de opacidad, la hipótesis es medianamente aceptada con un grado de confianza igual a **(40%)**, puesto que, no siempre a medida que el kilometraje del vehículo aumenta, el porcentaje de opacidad también aumenta. Se concluye, entonces que, el nivel de confianza de que la hipótesis es verdadera no es bueno.

A continuación se muestra la tabla No. 3.33, la cual resume la validación de cada de cada una de las hipótesis incluidas en esta investigación:

Tabla No. 3.33

Resumen de Validación de las Hipótesis

HIPÓTESIS \ VARIABLES	VARIABLE No. 1	VARIABLE No. 2	INDICE DE CORRELACIÓN	NIVEL DE CORRELACIÓN
Hipótesis 1 <b>(H1):</b> A mayor kilometraje recorrido por el vehículo, mayor índice de opacidad registrado.	KILOMETRAJE RECORRIDO	PORCENTAJE OPACIDAD	0,760	CORRELACIÓN POSTIVA CONSIDERABLE
Hipótesis 2 <b>(H2):</b> Si el cambio de aceite y filtro de motor se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad.	KM./CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO DE MOTOR	PORCENTAJE OPACIDAD	0,933	CORRELACIÓN POSTIVA FUERTE
Hipótesis 3 <b>(H3):</b> Si el cambio de filtro de combustible de partículas se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad	KM./CAMBIO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE	PORCENTAJE OPACIDAD	0,982	CORRELACIÓN POSTIVA FUERTE
Hipótesis 4 <b>(H4):</b> Si el cambio de filtro de separación de agua-combustible se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad	KM./CAMBIO DE FILTRO SEPAR. AGUA / COMB.	PORCENTAJE OPACIDAD	0,937	CORRELACIÓN POSTIVA FUERTE
Hipótesis 5 <b>(H5):</b> Si el cambio de filtro de aire se realiza a mayor kilometraje de lo especificado por el fabricante, mayor es el nivel de opacidad	KM./CAMBIO DE FILTRO DE AIRE	PORCENTAJE OPACIDAD	0,589	CORREELACIÓN POSTIVA MEDIA.

Fuente: Análisis estadístico de correlación para prueba de hipótesis. "SPSS"  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- Según el estudio realizado, existen algunos factores que determinan el nivel de opacidad que registran los vehículos con motores de combustible diesel, entre los más importantes están: el kilometraje recorrido por el vehículo, que está relacionado con la vida útil del automotor; el mantenimiento que los propietarios realizan a sus vehículos, siendo relevante tomar en cuenta la especificación técnica del fabricante para llevarlo a cabo; la calidad del diesel utilizado por el automotor, factor que en nuestro país está controlado a partir de la disposición de comercializar *diesel Premium* de bajo contenido de azufre (500 ppm) en todo el País.
  
- En la provincia de Imbabura, de acuerdo a los resultados de las pruebas de opacidad realizadas a los vehículos con motor de combustible diesel, se determina que estos varían desde 11,8% hasta 59,3%, la mayor cantidad de medidas son altas, pues se acercan o inclusive algunos pasan los límites permitidos por la ley (60% vehículos hasta el año 1999 y 50% vehículos del año 2000 en adelante). El porcentaje de opacidad promedio equivale al 32,24%, y la mayor concentración de los porcentajes de opacidad registrados, se ubica en los rangos entre (21 - 30%), (31 - 40%) y (41 - 50%), es decir que, casi el 80% de los vehículos analizados registran niveles de opacidad entre el 21% y 50%. Por lo tanto, estos datos resultarían ser altos, ya que en este estudio se pudo observar que los vehículos con un mantenimiento adecuado presentan menores niveles de opacidad a relación

de vehículos que no se les ha dado mantenimiento de acuerdo a la especificación del fabricante, ya que el mal mantenimiento del automotor tiene incidencia en el desgaste de partes internas del motor y la bomba de combustible.

- El kilometraje recorrido por el vehículo es una variable clave para determinar el nivel de opacidad, pues por sí solo, este factor determina que, la mayor cantidad de emisión de gases se debe a que ha aumentado el kilometraje del vehículo. Tal como se demostró en la prueba de la Hipótesis ( $H_1$ ), existe una *relación directamente proporcional considerable (0,76)*, en la que a mayor kilometraje recorrido por el vehículo, mayor será el porcentaje de opacidad. Por otro lado, se determinó que los factores relacionados al mantenimiento del vehículo, también guardan estrecha relación con el nivel de kilometraje de éste, los resultados demuestran que la relación entre kilometraje para cambio de partes y el mantenimiento del auto es *directamente proporcional en niveles significativamente altos ( $H_2=0,93$ ;  $H_3=0,98$ ;  $H_4=0,93$ )*, excepto en la hipótesis ( $H_5=0,58$ ) que corresponde a cambio de filtro de aire. Por lo tanto, se puede concluir que, estas dos variables son las de mayor impacto en los porcentajes marcadas durante las pruebas de opacidad. Otro aspecto como el año de fabricación no tendría un peso importante en tales mediciones, o al menos no fue manifestado durante el análisis de los datos.
- Si bien, el mantenimiento es un factor ligado directamente al kilometraje que recorre el vehículo, este se convierte en un punto crítico de control durante la prueba de opacidad. De los resultados obtenidos se establece que existe

desfase entre el mantenimiento real efectuado por los propietarios de los vehículos y las especificaciones técnicas recomendadas por los fabricantes de las marcas. Si se analizan con detenimiento los índices de cumplimiento, en cuanto al mantenimiento de los vehículos, es claro que se incumplen varias de las especificaciones técnicas. Los mayores índices de cumplimiento se registran en: cambio de aceite y filtro de motor (*95% promediado entre marcas*) y cambio de filtro de combustible de partículas (*70% promediado*). Otros elementos que forman parte del mantenimiento como son: cambio de filtro de separación de agua-combustible, cambio de filtro de aire, limpieza inyectores y mantenimiento de la bomba de inyección no son muy tomados en cuenta por los propietarios de los vehículos para el mantenimiento, por tal razón se determinan niveles de cumplimiento que llegan hasta el 0%. Es importante señalar además, que existe una cultura fuerte hacia la utilización de repuestos alternos o genéricos durante el mantenimiento de los vehículos, pues el 52% de los propietarios adquieren productos alternos, mientras que el 48% compran productos originales. La utilización de componentes alternos, según los expertos, no permite que los vehículos tengan un cuidado adecuado ya que disminuye el tiempo de vida útil de las partes del motor y de la bomba de combustible a diferencia de aquellos automotores que utilizan repuestos originales.

- Según los datos obtenidos en este estudio se observa el poco interés por los propietarios en el mantenimiento de sus vehículos y la falta de conocimiento en la incidencia de este a la contaminación ambiental. Esto se debe a que en

la provincia de Imbabura no existe un ente regulador que exija un control vehicular.

## **RECOMENDACIONES**

- Al ser el mantenimiento uno de los factores más importantes que determinan el nivel de opacidad de los vehículos, los propietarios deben poner especial cuidado en su ejecución y hacerlo de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante ya que según los estudios realizados por estos, en cuanto al uso y frecuencia de cambio de partes durante el mantenimiento del vehículo, han determinado con precisión las características y el tiempo de duración de las mismas, según el tipo de motor y marca.
  
- En la Provincia de Imbabura se observan altos niveles de opacidad en cuanto a los límites permitidos, el porcentaje promedio equivale al 32,24%, lo que muestra claramente que hay descuido en el mantenimiento de los vehículos. En tal caso, la recomendación puntual hacia los propietarios de los vehículos es que para disminuir el porcentaje de opacidad y aumentar el tiempo de vida útil del automotor, es indispensable que los ellos usen repuestos originales para el mantenimiento del vehículo, a más de la sujeción a las especificaciones del fabricante en cuanto al mantenimiento.
  
- Según los datos obtenidos en este estudio se observa el poco interés por los propietarios en el mantenimiento de sus vehículos y la falta de conocimiento en la incidencia de este a la contaminación ambiental. Por lo que sería importante se implemente un control de revisión vehicular en la ciudad de

Ibarra, inicialmente, así como en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca, para reducir la contaminación ambiental y para que los propietarios de los vehículos mantengan su automotor en condiciones adecuadas.

- Tomando en cuenta la opinión de Mgs. Alex Guzmán Jefe del Departamento Técnico de la Secretaria del Ambiente, si bien los límites de opacidad permitidos en el país van desde el 50% hasta 60% según el año del vehículo, este porcentaje puede ser reducido en un 10% respectivamente, con el objetivo obligar a los propietarios de los vehículos a realizar un mantenimiento estricto a sus vehículos y así bajar el porcentaje de opacidad, y por ende la contaminación ambiental.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Acuña, F. (2010) Química Orgánica Hidrocarburos, EUNED.
- Agudelo, Santamaría J. (2009) Motores Diesel Turboalimentados, Universidad Antioquia, Colombia.
- Campus, M. & Marcos, F. (2010) Biodiesel Handling And Use Guidelines NREL Los Bio-combustibles.
- Fraga, R. (2008) C. H. Investigación Socioeducativa. Quito: Klendarios.
- Gill, Martínez H. (2012) Manual Práctico del automóvil, reparación, mantenimiento practico, Editorial Grupo Cultura.
- Grinstein, D. (2008) Manual de inyección diesel, Editorial Alsina, Argentina.
- Jójvaj, M. S. (2009) Motores de Automóvil, Editorial MIR, Moscú.
- Kates, Edward J. & Luck, Wiliam (2009) Motores diesel y de gas de alta compresión, Editorial Reverte, España.
- Sanz, S. (2009) Motores. Mantenimiento de vehículos autopropulsados. Editex.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1489:2011. (2012) Requisitos del diesel.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 2 202:2000. Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores, determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diesel mediante la prueba estática. Método de aceleración libre.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1490. Productos derivados del petróleo. Determinación del contenido de azufre. Método de la bomba.
- Parra, Enrique. (2013) "Petróleo y gas natural: industria, mercados y precios. Parte II.- Naturaleza y utilidad.
- Rolle, Kurt, (2008) Termodinámica, Prentice Hall, México.
- Tormos, Bernardo (2008) Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite utilizado, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Valbuena, Rodríguez O. (2008), Manual de Mantenimiento y reparación de Vehículos, tomo 2, Editorial Alfaomega, Colombia.

# **ANEXOS**

**Formato: Entrevista técnica sobre factores que determinan los niveles de opacidad**

<b>Institución:</b>			
<b>Entrevistado:</b>			
<b>Cargo:</b>		<b>Fecha:</b>	

***CUESTIONARIO ESTRUCTURADO***

**Pregunta 1:** En cuanto a su experiencia ¿Cuáles son los principales factores que inciden en la contaminación de los vehículos livianos con motor a diesel?

*“De acuerdo a mi experiencia, el principal factor es la mantención del vehículo, dentro de este, el cambio de aceite y filtro de motor; el cambio de los filtros de combustible (filtro de partículas externas y filtro de separación agua-combustible), filtro de aire y limpieza de inyectores de acuerdo a las indicaciones del fabricante; En segundo término está el kilometraje recorrido por el automotor, obviamente que, a mayor recorrido mayor contaminación, dado el desgaste natural de las partes del motor. En tercer término está la calidad del diesel, mientras más purificado sea el combustible, menor será la contaminación. También es importante el lugar donde circula, el caso de vehículos que circulan en zonas muy polvorientas ya que esto ocasiona que los filtros se tapen constantemente obligando a cambiarlos con mayor frecuencia”.*

**Pregunta 2:** En su opinión, ¿La actual norma técnica sobre calidad del diesel Premium, es suficiente para disminuir la contaminación en el país?

*“En mi opinión, creo que la actual norma sobre la calidad del diesel disminuye la contaminación que emiten los vehículos, en un 30%, siempre y cuando sus propietarios realicen una correcta y periódica mantención del vehículo”*

**Pregunta 3:** ¿Usted cree que es suficiente que se realice una revisión por año a los vehículos livianos?

*“CORPAIRE sólo realiza la revisión una vez por año a vehículos ligeros y semestralmente a vehículos pesados, el resto del tiempo es responsabilidad del usuario, pero considero que se debería hacer la revisión vehicular a livianos semestralmente, ya que los usuarios no le dan mucha importancia al mantenimiento de su vehículo”*

**Pregunta 4:** Con respecto al límite máximo permitido de opacidad (60% a vehículos hasta el año 1999 y 50% a vehículos del año 2000 en adelante) ¿Podría este ser disminuido?

*“Responder a esa pregunta necesitaría conocer de algún estudio muy minucioso respecto a los datos del parque automotriz de la ciudad. Creo que, en primer término si sería posible disminuir los límites, fijando un límite máximo de 50% de opacidad para los vehículos de hasta el año 1999 y un límite máximo de 40% para vehículos del año 2000 en adelante”*

Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Formato: Ficha para mediciones de opacidad**

No.	Placa	Marca	Modelo	Año	Km	Medida 1	Medida 2	Medida 3	% Opacidad Promedio
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									

42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									

Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Formato: Encuesta de mantenimiento a propietarios de vehículos con motor diesel de la Provincia de Imbabura**

**Objetivo:** Determinar el tipo de mantenimiento que realizan los propietarios de vehículos con motor diesel.

**Instrucción:** Marque con una (X) la opción que considere adecuada para la pregunta planteada.

**Cuestionario:**

1: ¿Con qué frecuencia cambia el aceite y filtro del motor de su vehículo?

3.000 kilómetros	
5.000 Kilómetros	
7.000 Kilómetros	
10.000 Kilómetros	

2: ¿Con qué frecuencia cambia el filtro de combustible de partículas de su vehículo?

5.000 kilómetros	
10.000 Kilómetros	
15.000 Kilómetros	
20.000 Kilómetros	

3: ¿Con qué frecuencia cambia el filtro de separación agua-combustible de su vehículo?

10.000 kilómetros	
20.000 Kilómetros	
30.000 Kilómetros	
40.000 Kilómetros	

4: ¿Con qué frecuencia cambia el filtro de aire de su vehículo?

5.000 kilómetros	
10.000 Kilómetros	
15.000 Kilómetros	
20.000 Kilómetros	

5: ¿Ha realizado limpieza de inyectores de su vehículo?

SI	
NO	
¿A qué kilometraje?	

6: ¿Ha realizado mantenimiento a la bomba de inyección de combustible de su vehículo?

SI	
NO	
¿A qué kilometraje?	

7: ¿Qué tipo de repuestos utiliza cuando realiza el mantenimiento de su vehículo?

Originales	
Alternos	

Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Formato: Encuesta a Jefes de Taller de Concesionarios certificados por cada marca en la Provincia de Imbabura**

**Objetivo:** Determinar a qué kilometraje se debería realizar los cambios de aceite y de partes a los vehículos con motor a diesel.

**Instrucción:** Marque con una (X) la opción que considere adecuada para responder a la pregunta planteada.

**Cuestionario:**

1: Nombre del  concesionario:

2: ¿Con qué frecuencia se debe cambiar el aceite y filtro del motor?

3.000 kilómetros	
5.000 Kilómetros	
7.000 Kilómetros	
10.000 Kilómetros	

3: ¿Con qué frecuencia se debe cambiar el filtro de combustible de partículas?

5.000 kilómetros	
10.000 Kilómetros	
15.000 Kilómetros	
20.000 Kilómetros	

4: ¿Con qué frecuencia se debe cambiar el filtro de separación agua-combustible?

10.000 kilómetros	
20.000 Kilómetros	
30.000 Kilómetros	
40.000 Kilómetros	

5: ¿Con qué frecuencia se debe cambiar el filtro de aire?

5.000 kilómetros	
10.000 Kilómetros	
15.000 Kilómetros	
20.000 Kilómetros	

6: ¿Se debe realizar limpieza de inyectores?

SI	
NO	
¿A qué kilometraje?	

7: ¿Se debe realizar mantenimiento a la bomba de inyección de combustible?

SI	
NO	
¿A qué kilometraje?	

Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

**Formato: Ficha de observación prueba de opacidad con diferentes tipos de diesel**

<b>Placa:</b>		<b>Marca:</b>	
<b>Modelo:</b>		<b>Año:</b>	
<b>Kilometraje:</b>		<b>Fecha:</b>	

MUETSRA	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA 3	% DE OPACIDAD PROMEDIO
M1				
M2				
M3				
M4				
M5				
M6				
M7				
M8				
M9				
M10				

Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Pruebas de opacidad en la CORPAIRE / Quito



Fuente: Archivo de Tesis  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

Pruebas de opacidad en la CORPAIRE / Quito



Fuente: Archivo de Tesis  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna

## Pruebas de opacidad en la provincia de Imbabura



Fuente: Archivo de Tesis  
Elaborado por: Juan Mier y Pablo Luna