

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD TÉCNICA

CARRERA DE MECÁNICA INDUSTRIAL



DESGASTE DEL MOTOR A GASOLINA POR USO Y  
MANTENIMIENTO Y  
CUANTIFICACIÓN DE EMISIÓN DE HC Y CO

Trabajo Dirigido para obtener el Título de Maestría

POR: Lic. WALTER LEÓN CALVIMONTES DELGADILLO

TUTOR: M.Sc. Ing. Mirtha Ramírez Ávila

La Paz – Bolivia  
Octubre 2011

# UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

## FACULTAD TÉCNICA

### CARRERA DE MECÁNICA INDUSTRIAL

Tesis de Grado:

#### DESGASTE DEL MOTOR A GASOLINA POR USO Y MANTENIMIENTO Y CUANTIFICACIÓN DE EMISIÓN DE HC Y CO

Presentada por: Lic. Walter León Calvimontes Delgadillo

Para optar el grado académico de: **Magister en Ciencias**

Nota numeral: .....

Nota literal: .....

Ha sido: Aprobado con .....

Director de la Carrera de Mecánica Industrial: Lic. Gonzalo Gerl Pardo

Tutor: M.Sc. Mirtha Ramírez Ávila

Tribunal: M.Sc. Ing. Carlos Andrade Mallea

Tribunal: M.Sc. Lic. Jhonny Tenorio Misto

## AGRADECIMIENTOS

Mis sinceros agradecimientos a los Catedráticos del Curso de Maestría, la Carrera de Mecánica Industrial y la Facultad Técnica por acogerme nuevamente en sus aulas.

Agradecer a la Escuela Industrial Superior “Pedro Domingo Murillo”, la Carrera de Mecánica Automotriz, los que me facilitaron equipos de medición, motores y apoyo técnico - administrativo para la realización de los experimentos y mediciones requeridas para la elaboración de la presente tesis. En especial a los señores profesores; Jorge Peña González, Edgar Mollinedo Zeballos, Hernán Peña y Lillo Mancilla y docentes de Mecánica Automotriz, por el apoyo incondicional a este trabajo.

A mi tutor, que me apoyo é impulso en los momentos más precisos.

A mi esposa é hijos por su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

Gracias

## Tabla de contenidos

	Pag.
Resumen	1
Summary	3
Palabras claves	5
INDICE	
1. Introducción	6
1.1. Datos y cifras de la O.M.S.	8
2. Inventario de emisiones	12
2.1. Fuentes móviles	12
2.2. Fuentes puntuales	13
2.3. Fuentes aereales	14
3. Consideraciones iniciales	16
3.1. Recopilación de datos	18
4. Justificación del problema	21
5. Marco teórico	26
5.1. Tubos de escape, control y mantenimiento	29
5.2. Mecánica de mantenimiento	31
5.3. Misceláneos del motor	31
6. Control de emisiones contaminantes	34
7. Los automóviles y la contaminación	36
8. Las fuentes de emisiones de los automóviles	36
9. El proceso de la combustión	37
9.1. La combustión perfecta	37
9.2. Combustión del motor típica	38
10. Contaminantes emitidos por el tubo de escape	39
10.1. Hidrocarburos	39
10.2. Monóxidos de carbono	39

10.3.	Dióxido de carbono	41
11.	Legislación boliviana	42
11.1.	Norma en Bolivia	42
11.2.	Definiciones y abreviaturas	42
11.3.	Análisis por año de fabricación	43
11.4.	Limites en la volatilidad de la gasolina	45
12.	Control de emisiones de vehículos en circulación	46
12.1.	Alternativas de conducción vehicular	47
12.2.	Cargas altas del motor	47
12.3.	Temperaturas frías	47
13.	Planteamiento del problema de investigación	49
13.1.	Objetivo general	49
13.2.	Objetivos específicos	49
14.	Ingeniería de proyecto – Parte practica	51
14.1.	Metodología de trabajo	51
14.2.	Datos característicos del motor por fabricante	52
14.3.	Método general del desarrollo del trabajo	53
14.4.	Método de trabajo para la primera serie	54
14.5.	Primera serie	57
14.6.	Método de trabajo para las siguientes series	58
14.7.	Segunda serie	60
14.8.	Tercera serie	61
14.9.	Cuarta serie	62
14.10.	Quinta serie	63
14.11.	Sexta serie	64
14.12.	Séptima serie	65
14.13.	Octava serie	67
14.14.	Novena serie	69
14.15.	Decima serie	71

15. Resultados	74
15.1.    Análisis de resultados de la emisión de hidrocarburos	74
15.1.1. A 600 r.p.m.	74
15.1.2. A 1100 r.p.m.	75
15.1.3. A 1600 r.p.m.	75
15.1.4. A 2100 r.p.m.	75
15.1.5. A 2600 – 3100 – 3600 – 4100 – 4600 r.p.m.	76
15.1.6. A 5100 r.p.m.	76
15.1.7. A 5600 r.p.m.	76
15.2.    Análisis de resultados de la emisión de monóxido de carbono	79
15.2.1. A 600 r.p.m.	79
15.2.2. A 1100 hasta las 3600 r.p.m.	80
15.2.3. A 4100 r.p.m.	80
15.2.4. A 4600 r.p.m.	80
15.2.5. A 5100 r.p.m.	81
15.2.6. A 5100 r.p.m.	81
16. Conclusiones	84
16.1.    Rango de funcionamiento del motor	84
16.2.    Utilización de reducción de emisión de gases de escape	84
16.3.    Control de emisión de gases de escape	85
16.4.    Calidad del aire	85
16.5.    Manejo de calidad del aire	86
17. Sugerencias	88
18. Bibliografía	91
19. Anexos	94
19.1.    Gráficas de Hidrocarburos	94
19.1.1. Gráfica de Hidrocarburos serie 1	95
19.1.2. Gráfica de Hidrocarburos serie 2	96
19.1.3. Gráfica de Hidrocarburos serie 3	97

19.1.4. Gráfica de Hidrocarburos serie 4	98
19.1.5. Gráfica de Hidrocarburos serie 5	99
19.1.6. Gráfica de Hidrocarburos serie 6	100
19.1.7. Gráfica de Hidrocarburos serie 7	101
19.1.8. Gráfica de Hidrocarburos serie 8	102
19.1.9. Gráfica de Hidrocarburos serie 9	103
19.1.10. Gráfica de Hidrocarburos serie 10	104
19.2. Graficas de Monóxido de Carbono	105
19.2.1. Gráfica de Monóxido de Carbono serie 1	106
19.2.2. Gráfica de Monóxido de Carbono serie 2	107
19.2.3. Gráfica de Monóxido de Carbono serie 3	108
19.2.4. Gráfica de Monóxido de Carbono serie 4	109
19.2.5. Gráfica de Monóxido de Carbono serie 5	110
19.2.6. Gráfica de Monóxido de Carbono serie 6	111
19.2.7. Gráfica de Monóxido de Carbono serie 7	112
19.2.8. Gráfica de Monóxido de Carbono serie 8	113
19.2.9. Gráfica de Monóxido de Carbono serie 9	114
19.2.10. Gráfica de Monóxido de Carbono serie 10	115
19.3. Resumen tipos de contaminantes	116
19.4. Contaminación del aire, efectos y recomendaciones de la Organización Mundial de Salud	117
19.5. Instrumentos y equipos utilizados	
19.5.1. Analizador Rikken	118
19.5.2. Sonda de medición	119
19.5.3. Analizador de motor 1	120
19.5.4. Analizador de motor 2	121
19.5.5. Estetoscopio Mecánico	122
19.5.6. Pistola de punto	123
19.5.7. Compresímetro	124

19.5.8. Calibradores de interiores	125
19.5.9. Torquímetro	126
19.5.10. Micrómetro	127



## Índice de ilustraciones y cuadros

### Tablas

Tabla 1.	Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión de un motor regulado	28
Tabla 2.	Límites máximos permisibles para vehículos a gasolina	44

### Ilustraciones

Ilustración 1.	Emisión de contaminantes en línea	13
Ilustración 2.	Fabricas contaminantes	14
Ilustración 3.	Quema de los bosques	14
Ilustración 4.	Emisión de gases contaminantes de los vehículos	36
Ilustración 5.	Calidad del aire	

## RESUMEN

Se realizó un estudio científico – práctico acerca de cómo el mantenimiento y desgaste de los motores a gasolina producen una variación en la cantidad de emisión de gases contaminantes expulsados por el escape a la atmósfera, como ser: hidrocarburos no quemados (HC) y monóxidos de carbono (CO), cuando son expulsados por el escape a la atmósfera de la ciudad de La Paz, con una altura promedio de 3600 metros sobre el nivel del mar, altura que tiene una influencia directa en el mantenimiento que se debe realizar en el motor, tomando en cuenta el desgaste de sus componentes y los efectos de estos gases emanados por el mismo a la atmósfera, además el efecto que producen a los seres humanos.

- A medida que los motores van envejeciendo ocurren fenómenos importantes causante de la causa de la emisión de gases contaminantes que son:

El tipo de mantenimiento efectuado por el propietario a sus motores

El uso de motores fuera de parámetros aceptados de funcionamiento.

El trabajo está enmarcado dentro de las contaminaciones lineales, ocasionados por la forma de mantenimiento y desgaste de los motores de los vehículos, los cuales al ir incrementando en número de unidades de circulación por nuestra ciudad da como resultado el incremento de contaminación ambiental.

El lugar de pruebas es en la ciudad de La Paz, con un motor en perfecto estado de funcionamiento y condición mecánica al que se le dará una degradación forzosa y determinar como el mantenimiento tiene una vital y fundamental importancia en el motor y afecta en la producción de gases contaminantes.

Las pruebas se realizan en la Carrera de Mecánica Automotriz en la Escuela Industrial Superior “Pedro Domingo Murillo”, ubicada en la zona de Achachicala, a una altura de 3860 m.s.n.m., con una presión atmosférica promedio de 660 mB., temperatura ambiente promedio en las pruebas de mediciones de 17 °C, la temperatura promedio del motor en los múltiples de escape del motores de 175 °C. Se efectúan mediciones de HC y CO desde el funcionamiento del motor en 600 r.p.m., hasta 5600 r.p.m.

El trabajo contribuirá a la sociedad y el país, para una mejor conservación de nuestro hábitat, dando conocimientos técnicos profundos de cómo el tipo de mantenimiento efectuado y el desgaste de los motores son los causantes de la variación de emisiones de gases contaminantes producidos por automotores a gasolina funcionando en altura, donde la disminución de la cantidad de oxígeno afecta notablemente el desenvolvimiento y funcionamiento de los motores.

## SUMMARY

Is a scientific study - practice on the maintenance and wear of gasoline engines produce a variation in the amount of emissions of polluting gases expelled by the exhaust into the atmosphere, such as: unburned hydrocarbons (HC) and carbon monoxide (CO), when they are expelled through the exhaust into the atmosphere of the city of La Paz, with an average altitude of 3600 meters above sea level height that has a direct influence on the maintenance to be carried out, the engine taking into account the wear of its components and the effects of these gases emanating from the same to the atmosphere, besides the effect produced by humans.

- As older engines are important phenomena occur causing the emission of polluting gases are:

The type of maintenance performed by the owner to their engines

The use of outboard motors operating parameters accepted.

The work is framed within the linear contamination, caused by the form of maintenance and wear of the engines of the vehicles, which increased in number by going units in our city circulation results in increased environmental pollution.

The test site is in the city of La Paz, with an engine in perfect working and mechanical conditions that will be given a forced degradation and determine how the maintenance is a vital and fundamental importance in the engine and affects the production of greenhouse gases.

The tests are performed in the Race Automotive Mechanics Industrial School "Pedro Domingo Murillo" located Achachicala area at an altitude of 3860 meters, with an average atmospheric pressure of 660 mb., Average temperature in the test measurement

of 17 ° C, the average temperature in the engine exhaust manifold of the engine is 175 ° C. Were measured HC and CO from the engine operating at 660 rpm to 5600 rpm.

The work will contribute to society and country, for better preservation of our habitat, providing deep technical expertise and the type of maintenance performed and engine wear are responsible for the variation of greenhouse gas emissions produced by vehicles to gasoline running at altitude, where the decrease in the amount of oxygen markedly affects the development and operation of the engines.

## **PALABRAS CLAVES**

CO	Monoxido de carbono
HC	Hidrocarburos
I.S.A.	Atmosfera estandar internacional
mb	milibares
msnm	nivel medio del mar
NO <sub>2</sub>	dioxido de nitrogeno
O <sub>3</sub>	ozono
OMS	Organización Mundial de la Salud
PM	partículas en suspensión
Ppm	partes por millon
Psi	libras sobre pulgada cuadrada
Rpm	revoluciones por minuto
SO <sub>2</sub>	Dioxido de azufre

## 1. INTRODUCCION

Se realizará un estudio científico – práctico de cómo el mantenimiento efectuado y desgaste de los motores a gasolina produce una variación en la cantidad de emisión de gases contaminantes expulsados por los gases de escape a la atmosfera, dentro de los cuales se tiene a los hidrocarburos no quemados (HC) y los monóxidos de carbono (CO), se debe tener una especial consideración a estos gases producidos por los motores a gasolina cuando funciona en la ciudad de La Paz con una altura promedio de 3600 metros sobre el nivel del mar, altura que tiene una influencia directa en el mantenimiento que se debe realizar, el desgaste de sus componentes y cuales son los efectos de estos gases emanados a la atmosfera y el efecto que producen a los seres humanos.

El uso, el tipo de mantenimiento efectuado y el desgaste normal de funcionamiento de los motores son la causa de la producción de gases que contaminan el aire, estos gases afectan considerablemente a la salud en las personas donde existe mayor circulación vehicular.

Dentro de la forma de generación de gases contaminantes se pueden citar:

- Motores nuevos son aquellos que por su condición tienen un bajo nivel de contaminación
- A medida que los motores van envejeciendo ocurren dos fenómenos importantes que son la causa de la emisión de gases contaminantes que son:
  - .1. El tipo de mantenimiento efectuado por el propietario a sus motores, es importantísimo existiendo usuarios y propietarios que cumplen específicamente los parámetros de mantenimiento indicados en los

manuales elaborados y recomendados por los fabricantes, estos motores tienen una menor emisión de gases contaminantes.

- .2. Otro segmento de usuarios son los que no realizan un mantenimiento adecuado o simplemente no los realizan y esperan que estos motores tengan algún desperfecto para recién preocuparse por el estado de los mismos, estos motores ocasionan una gran contaminación del medio ambiente.
  - .3. El uso de motores fuera de los parámetros aceptados de funcionamiento, cuando los usuarios siguen utilizando el motor cuando este motor ya necesita un mantenimiento mayor.
- La contaminación del aire esta dado por contaminantes químicos (orgánicos e inorgánicos); físicos (contaminación acústica, radiación y campos electromagnéticos); así como por agentes biológicos.
  - La contaminación por contaminantes químicos ocurre tanto en ambientes cerrados como abiertos, con una predominancia a la exposición en ambientes cerrados, como es el caso en los talleres de mantenimiento automotriz, donde el personal técnico pasa la mayor parte del día, reparando y probando motores que es altamente nociva para su salud por la respiración de gases nocivos.

En el trabajo se realizará un análisis de cómo el tipo y forma de mantenimiento realizado al motor y la degradación por su funcionamiento afectan de forma directa en la calidad del aire en nuestra ciudad, siendo una necesidad y obligación como técnicos de mantenimiento proteger la salud pública y el medioambiente de los efectos dañinos de la



contaminación del aire atmosférico el cual recibe las emisiones de gases nocivos producidos por los vehículos.

En países desarrollados el manejo de calidad del aire utiliza sofisticados instrumentos para determinar las medidas necesarias para controlar las fuentes de contaminación, determinándose que una de las fuentes principales son los motores de los vehículos. Esto ha tomado forma en la implementación de planes de aire limpio, basados en la evaluación de los métodos cada vez más eficientes para reducir la contaminación del aire.

- En la actualidad uno de los grandes esfuerzos que se realiza es reducir la producción de agentes contaminantes producidos por los motores de los vehículos que circulan por nuestras ciudades.
- En nuestro país es muy poca la atención por parte de las autoridades por las muertes causadas por enfermedades originadas por el aire contaminado, las que ocasionan enfermedades cardíacas y respiratorias, de las cuales no se tiene datos estadísticos por ser enfermedades de larga data.

### **1.1. Datos y cifras de la OMS**

- La contaminación atmosférica constituye un riesgo medioambiental para la salud y se estima que causa alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo.
- Cuanto menor sea la contaminación atmosférica de una ciudad, mejor será la salud respiratoria (a corto y largo plazo) y cardiovascular de su población.
- Se calcula que la contaminación del aire de interiores causa aproximadamente 2 millones de muertes prematuras, la mayoría

en los países en desarrollo. Casi la mitad de esas muertes se deben a neumonías en menores de 5 años.

- Se calcula que la contaminación atmosférica urbana causa en todo el mundo 1,3 millones de muertes al año, que afectan de forma desproporcionada a quienes viven en países de ingresos medios.
- La exposición a los contaminantes atmosféricos está en gran medida fuera del control personal y requiere medidas de las autoridades públicas a nivel nacional, regional e internacional.
- Las Guías de calidad del aire de la OMS constituyen el análisis más consensuado y actualizado sobre los efectos de la contaminación en la salud, y recogen los parámetros de calidad del aire que se recomiendan para reducir de modo significativo los riesgos sanitarios. Dichas Guías señalan que una reducción de la contaminación por partículas (PM10) de 70 a 20 microgramos por metro cúbico permite reducir en aproximadamente un 15% las muertes relacionadas con la calidad del aire.

#### Antecedentes

La contaminación, tanto en espacios interiores como al aire libre, constituye un grave problema de salud medioambiental que afecta a los países desarrollados y en desarrollo por igual. Las Directrices sobre Calidad del Aire elaboradas por la OMS en 2005 están concebidas para ofrecer una orientación mundial a la hora de reducir las repercusiones sanitarias de la contaminación del aire. Las primeras directrices, publicadas en 1987 y actualizadas en 1997, se circunscribían al ámbito europeo. Las nuevas (2005), sin embargo, son aplicables a todo el mundo y se basan en una evaluación de pruebas científicas actuales llevada a cabo por

expertos. En ellas se recomiendan nuevos límites de concentración de algunos contaminantes en el aire —partículas en suspensión (PM), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)— de aplicación en todas las regiones de la OMS.

Hallazgos fundamentales de las Directrices sobre Calidad del Aire de 2005:

- Existen graves riesgos para la salud derivados de la exposición a las PM y al O<sub>3</sub> en numerosas ciudades de los países desarrollados y en desarrollo. Es posible establecer una relación cuantitativa entre los niveles de contaminación y resultados concretos relativos a la salud como el aumento de la mortalidad o la morbilidad. Este dato resulta útil para comprender las mejoras que cabría esperar en materia de salud si se reduce la contaminación del aire.
- Los contaminantes atmosféricos, incluso en concentraciones relativamente bajas, se han relacionado con una serie de efectos adversos para la salud.
- La mala calidad del aire en espacios interiores puede suponer un riesgo para la salud de más de la mitad de la población mundial. En los hogares donde se emplea la combustión de biomasa y carbón para cocinar y calentarse, los niveles de PM pueden ser entre 10 y 50 veces superiores a los recomendados en las directrices.

- Puede lograrse una considerable reducción de la exposición a la contaminación atmosférica si se reducen las concentraciones de varios de los contaminantes atmosféricos más comunes que se emiten durante la combustión de fósiles. Tales medidas reducirán también los gases de efecto invernadero y contribuirán a mitigar el calentamiento global.

Además de los valores recomendados, las Directrices proponen, en cuanto a la contaminación atmosférica al aire libre, unas metas provisionales para cada contaminante con el fin de fomentar la reducción gradual de las concentraciones. Si se alcanzaran estas metas, cabría esperar una considerable reducción del riesgo de efectos agudos y crónicos sobre la salud. En todo caso, el objetivo último debe consistir en avanzar hacia los valores fijados en las Directrices.

El Banco Mundial menciona una cifra de 500.000 muertes prematuras anuales en áreas urbanas debido a la contaminación del aire, siendo una porcentaje muy elevado a causa del mal mantenimiento y envejecimiento de los motores de los vehículos en circulación.

Ref. Bibliográfica: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/index.html>

Organización Mundial de la Salud

## 2. INVENTARIOS DE EMISIONES

Un componente crucial para efectuar un plan para el manejo de calidad del aire es tener un conocimiento cuantitativo y cualitativo de las fuentes de emisiones y los tipos que existen, en algunos casos, las emisiones a ser estudiadas están descritas en grupos de fuentes.

Estas son:

### 2.1. Fuentes móviles

Son producidas por vehículos motorizados que circulan por calles, avenidas o carreteras.

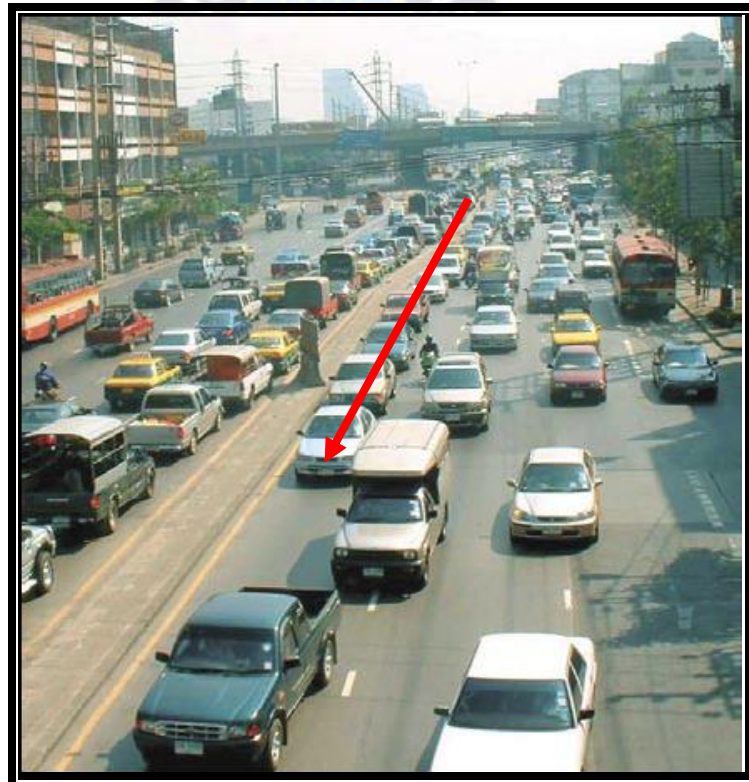
Cuando los motores están en mal estado de funcionamiento, han tenido mal mantenimiento y con un elevado índice de desgaste estando fuera de los parámetros permitidos para su circulación, se convierten en grandes productores de gases contaminantes.

Las fuentes móviles son muchas veces consideradas como fuentes en línea y no es factible considerar las emisiones de cada vehículo por separado, pero se consideran las emisiones totales a lo largo de la carretera considerando una línea, en este sentido la emisión de gases contaminantes producidos por el funcionamiento de los motores de vehículos es acumulativa.

Los usuarios de vehículos deben considerar la importancia fundamental de efectuar el mantenimiento de sus vehículos en especial los motores,

estos deben ser realizados con los requisitos elaborados por los fabricantes, lo que ocasionaría una reducción en el índice de producción de gases contaminantes.

La mayor cantidad de emisiones nocivas en los vehículos se debe al desgaste propio del motor y el mantenimiento que se le efectúa al motor durante su vida útil.



Ilust. 1.- Emisión de contaminantes en línea

**2.2. Fuentes puntuales** se consideran dentro de este grupo a las chimeneas de las grandes fábricas e industrias, que efectúan procesos de transformación de las materias primas ejemplo en La Paz: cemento SOBOCE – Viacha y otros.



Ilust.2.            Fabricas contaminantes

**2.3. Fuentes aereales** incluyen quemazón al aire libre de basura agrícola, forestal y limpieza de terrenos. Otras fuentes son los incendios forestales, minería de superficie y sobre raspado de la tierra en áreas semiáridas que pueden también ser una fuente de partículas. (Chaquesos indiscriminados).

En nuestro medio es muy difundida el chaqueo, quema de llantas viejas y otras costumbres las cuales son muy difundidas en nuestra cultura y afectan directamente en nuestra calidad de aire.



Ilust. 3.            Quema de bosques

El trabajo está enmarcado dentro de las contaminaciones lineales, que son ocasionados por la forma de mantenimiento y desgaste de los motores de los vehículos, los cuales al ir incrementando en número de unidades de circulación por nuestra ciudad da como resultado el incremento de contaminación ambiental.





### 3. CONSIDERACIONES INICIALES

El lugar de pruebas de los motores será en la ciudad de La Paz, se tendrá un motor en perfecto estado de funcionamiento y condición mecánica al que se le dará una degradación forzosa que nos servirá para determinar como el mantenimiento tiene una vital y fundamental importancia en el motor y como el desgaste propio del motor afecta en la producción de gases contaminantes.

Las pruebas de medición de gases contaminantes se realiza en los predios de la Carrera de Mecánica Automotriz en la Escuela Industrial Superior “Pedro Domingo Murillo”, ubicada en la zona de Achachicala, a una altura de 3860 m.s.n.m., con una presión atmosférica promedio de 660 mB., temperatura ambiente promedio en las pruebas de mediciones de 17 °C, la temperatura promedio del motor en los múltiples de escape del motores de 175 °C.

La forma de trabajo es efectuando mediciones de HC y CO desde el funcionamiento del motor en ralentí (600 r.p.m.), incrementando el régimen de funcionamiento de 500 r.p.m. por cada incremento hasta llegar al máximo de revoluciones que tiene este motor (5600 r.p.m.), utilizando para este objetivo instrumental de medición específico.

Este análisis y medición de emisión de gases contaminantes se efectúa desde que el motor se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento (motor nuevo) hasta que el motor ha llegado a su límite de envejecimiento (motor desgastado – fuera de limite permitido); en todo el ciclo de vida útil del motor se analizan cuales son las variaciones de emisiones contaminantes de los gases de escape, haciendo análisis respectivos en los distintos regímenes de funcionamiento a los cuales se realizan las mediciones con las que se construirán tablas de emisión de gases.

Al efectuar cada una de las pruebas veremos como el mantenimiento que se realiza en los motores tiene una influencia directa en la producción de gases contaminantes, es de suma importancia el conocer el tipo, la forma de mantenimiento y el tiempo que se debe realizar cada uno de los mantenimientos, en la actualidad para poder mejorar la calidad de mantenimiento de los motores los fabricantes nos proporcionan manuales en los cuales se especifica el mantenimiento con la finalidad de optimizar su rendimiento, su duración y fiabilidad.

El trabajo contribuirá a la sociedad y el país, para una mejor conservación de nuestro hábitat, dando conocimientos técnicos profundos de cómo el tipo de mantenimiento efectuado y desgaste de los motores son los causantes de la variación de emisiones de gases contaminantes como los hidrocarburos no quemados y el monóxido de carbono (HC y CO) producidos por los automotores a gasolina funcionando en altura, dado que nuestra ciudad de La Paz se encuentra a un promedio de 3600 m.s.n.m., donde la disminución de la cantidad de oxígeno afecta notablemente el desenvolvimiento y funcionamiento de los motores.

“De acuerdo a estudios realizados, en condiciones I.S.A. a nivel del mar; la atmosfera tiene una presión de 1013.25 Hpa., conteniendo un 21 % de Oxígeno y un 79 % de los demás gases que componen nuestra atmosfera, en nuestra ciudad se tiene un promedio de 3600 m.s.n.m., la presión barométrica promedio es de 860 Hpa., la disminución proporcional de los gases componentes de la atmosfera es de 35 % menos que en el nivel del mar.”

Estos valores indican claramente que a la altura que ese encuentra nuestra ciudad, la reducción de oxígeno es considerable, convirtiéndose en un factor preponderante en el funcionamiento de los motores, su rendimiento y operación lo cual nos permitirá elaborar límites permisibles reales de emisión de gases de escape de vehículos en

nuestro medio, este estudio permitirá mejorar el reglamento de contaminación atmosférica de nuestro país según la (RCMA) de la Ley 1333.

En consecuencia, el logro de los objetivos deseados esté dirigido a los siguientes resultados:

### **3.1. Recopilación de datos.**

La recopilación de datos permitirá construir un inventario de emisiones de gases contaminantes de un motor Toyota 5<sup>a</sup>, siendo uno de los motores mas utilizados en los vehículos de transporte público especialmente en taxis.

En la recopilación de datos se reconocen etapas en el cálculo de inventario de emisiones.

Estos incluyen:

- Obtención de los manuales de mantenimiento del vehiculo donde se tiene los parámetros de funcionamiento permisibles para este motor y las especificaciones de mantenimiento.
- De acuerdo a la actividad vehiculó y específicamente del motor como kilómetros recorridos, forma de mantenimiento, tipo de carretera, se efectuara una revisión de datos obtenidos con respecto a su validez e idoneidad comparados con los limites establecidos en la producción de gases contaminantes

- Se realizará el inventario de emisiones nocivas como CO y HC de vehículos motorizados permitiendo verificar y cuantificar estas emisiones de acuerdo a un plan regulatorio establecido, como es la Ley 1333.

Los factores más importantes en un inventario de emisiones son:

- Mantenimiento del vehículo
- Inspecciones y controles periódicos
- Carretera más utilizada (asfalto, tierra)
- Aumento de las emisiones nocivas del motor por edad y kilometraje del vehículo
- Factores de emisiones previstos para vehículos nuevos
- Efectos por distintas formas manipulación y mantenimiento
- Kilometraje del vehículo por recorrido y edad
- Pérdida de combustible, volatilidad del combustible y otras características del combustible, como contenido de azufre, características de destilación y contenido de oxígeno temperatura ambiental.

Una vez considerando estos aspectos fundamentales, se pretende:

- Determinar las variaciones de los niveles de contaminación por mal mantenimiento del motor a medida que va sufriendo desgaste.
- Analizar en qué grado el desgaste del motor influye en el nivel de la emisión de gases contaminantes de nuestros motores de altura.
- Ver los parámetros de emisión de gases nocivos producidos por el motor nuevo en altura, comparando con los porcentajes de desgaste de un motor usado, para determinar los parámetros de desgaste máximo

del motor, comparándolos con los parámetros establecidos por la norma

- Efectuar el desgaste del motor y verificar la emisión de gases contaminantes que produce este a medida que sufre desgaste el motor
- Elaborar curvas de emisión de gases de escape contaminantes HC y CO, en regímenes de funcionamiento desde ralentí a máximas revoluciones

Ref.: Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares de la Navegación Aérea  
AASANA



#### 4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los estudios efectuados por las grandes empresas automotrices indican que los automóviles constituyen la principal fuente de contaminación atmosférica, nuestra ciudad ya no está fuera de ese concepto por la cantidad excesiva de motorizados que circulan por nuestras calles, obligando a tener una restricción vehicular que reduce la cantidad de motorizados que circulan por el centro paceño.

En la ciudad de La Paz últimamente se ha incrementado excesivamente el número de vehículos en circulación con las nuevas medidas dictadas por el gobierno como es la nacionalización de los autos indocumentados, en especial los llamados transformers que son autos con vida útil muy avanzada, provienen de países donde sus Leyes ambientales ya no les permiten circular, a lo cual se aumenta el mal mantenimiento que se les brinda en nuestra ciudad, como la altura y su configuración topográfica, que son causas para produzcan mayor contaminación ambiental.

Los motores de combustión interna de los automóviles que funcionan en nuestro medio, el oxígeno disponible para la oxidación del combustible está limitado la disminución del volumen y densidad de aire atmosférico, tiene un efecto directo dentro de la cámara de combustión en el momento de la ignición, dándonos una relación aire/combustible inadecuada, a parte la característica de los autos en su generalidad son mal mantenidos por parte de los usuarios, existiendo una mala afinación – calibración de los motores por parte de los talleres de mantenimiento por la carencia de equipos adecuados y la elevada altura a la cual se encuentra situada nuestra ciudad, el poco o ningún control efectivo de los organismos adecuados para verificar el estado de mantenimiento, da como resultado una combustión incompleta y por tanto mayores emisiones de hidrocarburos y monóxidos de carbono expulsados al medio ambiente, contaminando nuestra atmosfera.

La ausencia, anulación o mal funcionamiento de dispositivos especiales de control de emisiones contaminantes en los motores, los cuales son anulados o no son remplazados por la poca disponibilidad en las tiendas de repuestos, dan como resultado altas emisiones contaminantes producidas por los motores.

Los motores de los automóviles son máquinas que están sometidas a desgaste y en muchas ocasiones a condiciones de operación forzada. Una mala afinación o la inoperancia de algunos de los dispositivos de control que poseen producto de un mal mantenimiento, producen emisiones contaminantes en exceso, fuera de límites aceptados y diseñados por el fabricante y las tablas aprobados por las autoridades ambientales, errores que ocurren con demasiada frecuencia en nuestra ciudad,

Los usuarios de los vehículos para compensar el efecto de altura cometen errores de mantenimiento eliminando controles del sistema de alimentación de combustible y escape a los motores, pues se tiene la creencia que al eliminar estos componentes del vehículo mejorara la capacidad operativa de estos.

El mantenimiento periódico con personal técnico adecuado y cumpliendo las normas y reglamentos dadas por los fabricantes y las autoridades pertinentes, deben ser norma y obligatoriedad de los usuarios de automóviles, siendo esencial para su buen funcionamiento, seguridad y conservar la emisión de contaminantes en un límite normado y técnicamente aceptable.

Un buen mantenimiento en un automóvil con carburador de calibración mecánica los manuales indican que debe afinarse cada 6 meses o 6 mil kilómetros, lo que ocurra primero, esto permite un funcionamiento óptimo del carburador proporcionando una mezcla estequiométrica que produce una perfecta combustión. En la actualidad, hay vehículos cuya tecnología permite una operación continua durante 50 mil kilómetros sin necesidad de una afinación, mientras que tecnologías intermedias, de motores de

inyección y sistemas electrónicos que regulan la combustión, permiten una operación continua cada 15 mil kilómetros sin afinar el motor, siendo necesario efectuar los mantenimientos adecuados después de haber cumplido estos periodos.

El objetivo del trabajo es verificar como el mantenimiento realizado en los motores afecta en las emisiones contaminantes de los vehículos automotores en circulación. Un automóvil con carburador en mal estado mecánico emite mayores niveles de gases de contaminación y cuando el mantenimiento no es el adecuado o el desgaste del motor ha sobrepasado los límites permisibles dados por el fabricante, sus emisiones pueden llegar a ser visibles, produciendo humos a través de los tubos de escape con una coloración azul.

El mal mantenimiento y las fallas mecánicas son señales por las cuales necesariamente se debe realizar la verificación de la emisión de gases contaminantes en los vehículos, esto contribuye a detectar fallas mecánicas de un motor e induce su reparación, con lo que se logra un control efectivo de emisiones.

El procedimiento de verificación consiste en tres etapas:

- Inspección visual a los dispositivos y sistemas para el control de la contaminación instalados en los vehículos automotores: sistema de escape, tapón del tanque de combustible, tapón del depósito de aceite, varilla del nivel de lubricante, ventilación del carter, filtro de carbón activado, filtro de aire, tensión de correas o bandas.
- Prueba visual del motor la cual consiste en la verificación de gases de escape en distintos regimenes de funcionamiento del motor: teniendo humo azul y, humo negro.



- La presencia de humo azul nos indica la presencia de aceite quemado en interior del cilindro de combustión, indicación de falta de mantenimiento del motor.
- La emisión de humo negro es indicativa de un exceso de combustible no quemado, indicación de mal reglaje en el combustible admitido al interior del motor.

Cualquiera de las dos coloraciones de gases indica altos niveles de emisión de hidrocarburos y monóxidos de carbonos además de otros contaminantes; cuando no existe coloración visual de humos por el escape es necesario instrumentos de medición como analizadores de gases de escape para efectuar el análisis.

- Medición de las emisiones contaminantes. La medición de las emisiones contaminantes de hidrocarburos y monóxido de carbono se realiza mediante una prueba estática, que consiste en medir las emisiones del motor, en marcha crucero y una prueba en marcha lenta en vacío.

En nuestra ciudad y debido al escaso mantenimiento realizado en los automotores se tiene que un reducido porcentaje del parque vehicular privado asiste a la verificación vehicular de gases contaminantes, siendo más dramática la situación del parque vehicular del servicio público los cuales se niegan a cumplir con la verificación de la emisión de gases emanados por sus motores. Debido principalmente a que no se tiene implementada una norma de obligatoriedad para cumplir con este requisito de inspección por parte de las autoridades encargadas, teniendo en la actualidad programas especiales propiciados por entidades de colaboración, donde los usuarios de vehículos acuden voluntariamente a las mediciones que se realizan excepcionalmente.

Cuando los organismos internacionales dan lugar a las revisiones vehiculares de gases contaminantes de forma voluntaria, el resultado de los mismos es que un bajo porcentaje de los vehículos inspeccionados aprueban dicha prueba

Para solucionar este grave problema, se debe motivar a la ciudadanía a verificar periódicamente las emisiones de gases de sus vehículos comenzando con una campaña de concientización en la que se destaquen:

- i) Mejora en el mantenimiento de sus vehículos
- ii) Utilización obligatoria en los talleres de mantenimiento de manuales propios de cada vehículo
- iii) Control del desgaste de los motores
- iv) Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud.
- v) La contribución del programa de verificación vehicular en la resolución del problema.
- vi) La corresponsabilidad de los usuarios para mantener una atmósfera limpia.

Es absolutamente necesaria la coordinación entre el Gobierno del estado y los Gobiernos municipales para la vigilancia efectiva y la aplicación de sanciones para garantizar su buen funcionamiento.

## 5. MARCO TEORICO

La energía mecánica dispensable para poner en acción diferentes máquinas se puede obtener utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica. La más utilizada es la energía térmica obtenida de los combustibles de naturaleza orgánica.

Los equipos energéticos que más aceptación han tenido son los motores de combustión interna, a ellos corresponde más de un 80 % de la totalidad de la energía producida en el mundo.

Las discusiones internacionales acerca de las causas e implicaciones para la humanidad del llamado efecto invernadero, provocado por las crecientes emisiones contaminantes de los motorizados a la atmósfera como:

- CO, HC y otros como el CO<sub>2</sub>, metano, óxido nitroso y los cloro – fluro - carbonatos, reflejan la necesidad de un enfoque integral en el tratamiento de los problemas y del desarrollo, así como la necesidad de una acción concertada de la comunidad internacional para mitigar los efectos del calentamiento global.

Las formas de acción del motor a gasolina más importantes sobre el medio ambiente son:

1. Agotamiento de materias primas no renovables consumidas durante el funcionamiento de los motores de combustión interna.
2. Alto consumo de oxígeno de la atmósfera.
3. Emisión y contaminación de la atmósfera con la producción de gases tóxicos que perjudican a todos los seres vivos

4. Emisión de sustancias que provocan en nuestro planeta el denominado efecto invernadero contribuyendo a la elevación de la temperatura de nuestro planeta.
5. Emisión de altos niveles de ruido a la atmósfera que disminuye el rendimiento de los trabajadores y ocasiona molestias en general.

El mantenimiento que se realiza durante su vida útil de los motores tiene una influencia directa en la toxicidad producida por los gases de escape de los motores de combustión interna, estos gases ejercen una influencia nociva sobre el organismo humano y el medio ambiente.

Durante el funcionamiento de los motores automotrices se desprenden las siguientes sustancias tóxicas:

- monóxidos de carbono,
- hidrocarburos,
- óxidos de nitrógeno,
- hollín,
- aldehídos,
- sustancias cancerígenas (bencipireno),
- compuestos de azufre, plomo y otros.

Además de los gases de escape, otras fuentes de toxicidad son los gases emitidos por el carter, la evaporación del combustible a la atmósfera, incluso cuando se tiene un motor bien regulado la cantidad de componentes tóxicos que se expulsan durante su funcionamiento está permitida por regulaciones de nuestro país pudiendo alcanzar los siguientes valores:

Tabla 1. Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión  
Motor regulado

Componentes tóxicos	Motores Diesel	Motores de carburador
Monóxido de carbono, %	0.2	6
Óxidos de nitrógeno. %	0.35	0.45
Hidrocarburos, %	0.04	0.4
Dióxido de azufre, %	0.04	0.007
Hollín/ mg/l	0.3	0.05

Ref. Ley de medio ambiente N° 1333

Debido al escaso o ningún mantenimiento realizado en nuestro país sobre los motores automotores, es común ver en nuestras ciudades y carreteras vehículos diesel arrojando una gran cantidad de humo negro – azul; motores a gasolina dejando un fuerte olor a gasolina que incluso es irritante para nuestros ojos, estas emisiones nos indican la presencia de una elevada cantidad de gases tóxicos, indicándonos una mala regulación del sistema de alimentación o un excesivo desgaste de los motores sin mantenimiento adecuado.

Las regulaciones y normas nacionales deben estar presentes para mejorar las condiciones de funcionamiento de los motores de automotores que funcionan a gasolina y tendrían

que ser de cumplimiento obligatorio por los organismos de control pertinentes, los usuarios y los propietarios de los vehículos, dentro de las cuales podemos mencionar:

- i. Talleres de inspección de los motorizados reales y efectivos
- ii. Mejora de los mantenimientos efectuados a los automóviles, mejorando los controles y regulaciones de los talleres destinados a este efecto
- iii. Personal técnico – operador responsable y profesionales
- iv. técnicos altamente capacitados, para lograr mejor y calidad en la realización de los mantenimientos técnicos y reparaciones, convirtiéndose en fuente de disminución de las emisiones de sustancias tóxicas y de ruido a la atmósfera.
- v. Toma de conciencia de los problemas que se esta causando a nuestro planeta por la emisión indiscriminada de sustancias tóxicas por los gases de escape de los motores
- vi. Aplicar con rigor las disposiciones sobre el cuidado y conservación del medio ambiente en nuestro país.

### **5.1. Tubos de escape, control y mantenimiento**

El mal mantenimiento de un tubo de escape dañado o demasiado viejo puede dar lugar a una emisión excesiva de emisión de gases contaminantes y ruido, los cuales pueden entrar en el habitáculo del vehiculo como son los gases tóxicos o a que se contamine de forma sensible el ambiente, todo ello sin menospreciar un posible aumento del consumo de combustible, una menor capacidad de aceleración y una reducción de prestaciones del motor del vehículo.

Otro problema común de mal mantenimiento es que muchos automovilistas sustituyen el silenciador por otro que no contiene los elementos absorbentes de los gases contaminantes o no se los reemplaza adecuadamente. El catalizador puede literalmente derretirse si entra en contacto con combustible no quemado, algo que

ocasionalmente puede ocurrir cuando el vehículo rueda en punto muerto sin el motor en marcha, o se arranca un vehículo a empujones o remolcándolo. Además, el sensor lambda, el dispositivo que controla la mezcla de aire y combustible, puede fallar, causando un mal funcionamiento del catalizador y, por consiguiente, del motor.

Los tubos de escape fallan principalmente por efecto de la corrosión o por roturas. La corrosión interna se debe a la condensación de los gases de escape cuando el motor del vehículo se para y se enfría. El problema es característico de los recorridos cortos en que el coche no tiene el tiempo suficiente para calentarse y expulsar los gases ácidos y condensados que se generan en la combustión. La corrosión externa se produce en climas húmedos o en invierno por la sal que se tiene en algunas de nuestras carreteras. En algunos países, en condiciones extremas de humedad o en la época invernal, la corrosión externa es la causa más común de daños en el escape.

Los componentes rotos o desgastados de un escape pueden llegar a constituir un peligro real, pero es fácil evitarlo si los conductores se preocupan por revisar periódicamente el sistema de escape. Si, al mismo tiempo también se reemplazan los elementos de montaje la protección contra daños futuros será mejor. El nuevo sistema de escape debe montarse completo, de arriba abajo, desde el motor al final del tubo, para evitar tensiones y fracturas. Una vez colocado el nuevo sistema, una serie de precauciones elementales como evitar arrancar un coche a empujones o tirando de él, o circular con el motor parado y en punto muerto contribuirán a mantener el escape del automóvil en buenas condiciones, una de las formas de circulación en nuestro medio en especial en los servicios de transporte público en la cual el conductor corta la llave de contacto y mantiene la caja de cambios conectada (motor apagado) y procede a circular aprovechando las pendientes, lo que ocasiona acumulación de lubricante en las cámaras de combustión y en los tubos de escape los cuales al efectuar el reencendido del motor emite concentraciones elevadas de gases contaminantes.

Lo más importante y que afecta en gran manera a la alta emisión de gases contaminantes en los vehículos que circulan por nuestras ciudades (especialmente de altura), es la eliminación de los catalizadores del sistema de escape, lo que ocasiona que todos los esfuerzos realizados por los fabricantes de vehículos se ve anulado de una forma indiscriminada y sin control alguno de nuestras autoridades competentes.

### **5.2. Mecánica de mantenimiento**

Los operadores de vehículos destinados al transporte público de pasajeros, requieren de conocimientos técnicos – científicos en mecánica automotriz, mantenimiento y conservación de los motores. Es necesario que conozcan los fundamentos básicos, para poder prevenir situaciones que afecten la vialidad, el control de emisión de contaminantes y la prevención de accidentes.

En cuanto al mantenimiento, es necesaria la implementación de normas y reglas que obliguen a los técnicos de mantenimiento, realicen su trabajo cumpliendo normas nacionales e internacionales de mantenimiento, realizar el mantenimiento siguiendo métodos y normas recomendadas por los fabricantes y los organismos nacionales encargados de efectuar los controles pertinentes, de esta manera se mejorara el funcionamiento, seguridad y eficiencia de los motores.

### **5.3. Misceláneos del motor**

El tablero es el instrumento en el cual se verifica la velocidad del móvil, velocidad del motor, temperatura, amperímetro, el medidor de combustible. Un dato importante es las r.p.m. (revoluciones por minuto) del motor que indica a qué velocidad gira el eje cigüeñal del motor. Es notorio ver la cantidad de usuarios de moviidades que no mantienen las r.p.m. ideales a las que se deben operar los



motores, pues a velocidades elevadas de funcionamiento del motor se aumenta el desgaste reduce la vida útil del motor y produce mayor cantidad de gases contaminantes.

Es muy importante el mantenimiento del control del sistema eléctrico efectuando comprobaciones periódicas de funcionamiento correcto, debido a que las variaciones de voltaje de alimentación a las bujías dan como resultado una alteración en la chispa de bujías afectando a las combustiones en el interior del cilindro y estas variaciones da una quema de combustible fuera de normal.

La función del tapón el radiador es la de elevar el punto de ebullición, mantener a presión del sistema. Este pequeño elemento, de muy bajo costo, protege el motor, evita el sobrecalentamiento que en un momento dado pueda hacer que el vehículo quede parado, obstruyendo con ello la vialidad. El uso adecuado del anticongelante que se usa en el sistema de enfriamiento, logra que mantenga presurizado el conjunto del sistema, al evitar las temperaturas extremas. Una elevación de temperatura de funcionamiento del motor es otro parámetro para la mayor producción de gases contaminantes.

Dentro del mantenimiento de los vehículos una de las partes mas desatendidas y mal ejecutadas es el aceite (lubricante), utilizando en los vehículos lubricantes no adecuados para ese motor, grado inapropiado, reciclados, como también se tiene el problema con los servicios de transporte público, cuando se agrega lubricante indefinidamente y no se realiza el cambio necesario y obligatorio, resultando un deterioro por sobrecalentamiento del motor; en estos caso el lubricante esta degradándose rápidamente por sobrepasar la temperatura normal de operación, y aun más crítico cuando no se usa el aceite multigrado que resiste las temperaturas extremas. Este fenómeno enunciado por mal mantenimiento en el uso – cambio de lubricante, es una causa más en la mayor emisión de gases contaminantes.

El exceso límite de peso en un vehículo de servicio público, ocurre en horas pico, cuando las personas utilizan sobrepasando los límites de carga incluso se observa usuarios colgados en los estribos, al no haber más lugar en el interior (colectivos); en los minibuses el aumento del número de pasajeros para los cuales ha sido diseñado el vehículo cambiando los asientos dando lugar a una sobrecarga; en ambos casos se debe esforzar los motores, originando solicitaciones mayores, desgaste prematuro y aumentando el riesgo en su circulación, en estos casos los mantenimientos deben realizarse con mayor regularidad, estas condiciones de trabajo – operación – control de nuestros vehículos no ocurren en nuestra ciudad, el 85% de los vehículos que circulan por nuestras calles realiza un mantenimiento correctivo a sus vehículos, siendo por este motivo que se debe concientizar – educar a los propietarios y usuarios de los vehículos a efectuar un mantenimiento correctivo.

Para evitar el desgaste prematuro del motor, es necesario cambios periódicos de aceite de acuerdo a los parámetros del fabricante de lubricante.

La operación correcta del cambio de velocidades se convierte en un elemento del automóvil sometido a mayor esfuerzo, el embrague sobre todo si se emplea en tránsito urbano, necesita un mantenimiento preventivo del mismo. Un mal funcionamiento de la caja de velocidades y embrague aumenta el consumo de combustible emitiéndonos hidrocarburos no quemados por el escape.

Todos estos elementos del motor, al tener un mantenimiento inadecuado y mala operación por los usuarios, son los directos causantes de que exista una mayor emanación de gases contaminantes.

## 6. CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES

El control de emisiones contaminantes tiene que tener carácter primordial y fundamental en nuestra comunidad; uno de los puntos que mayor atención que se debe tener es el compromiso de los usuarios de los motorizados, el de no permitir la emisión de gases contaminantes por los tubos de escape de sus motores. Los principales gases contaminantes, provenientes de los motores de combustión interna, son el monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre, los cuales deben ser supervisados periódicamente en forma obligatoria.

Existen tres colores de humo provenientes del tubo de escape de los motores de combustión interna.

- Humo de color azul, indica que ingresa aceite en las cámaras de combustión, una de las principales causas es que muy probablemente los anillos de los pistones del motor se desgastaron, fracturaron o salieron de su posición. Los anillos cumplen con la función de mantener la presión en las cámaras de combustión, al tiempo que impiden el paso del aceite que lubrica el motor hacia éstas, por lo que el humo azul en la salida de los gases del tubo de escape, indica la presencia de aceite en las cámaras de combustión.
- Humo de color blanco. Se da con frecuencia en las mañanas al arrancar el motor, siendo necesario un adecuado precalentamiento para evitar que el tubo de escape emita humo blanco. Antes de ingresar a las avenidas, es necesario tomar la precaución de calentar bien el motor al menos unos minutos, los necesarios según el estado mecánico de cada motor, el objetivo es evitar la visible emisión de humo blanco por estar frío el motor.

- Humo negro, generalmente es porque el filtro de aire, está obstruido de residuos de polvo, que impiden el paso de oxígeno necesario para la combustión de la gasolina dentro del motor, generando con ello una semi-combustión que se nota en la salida de los gases de escape por un denso humo negro



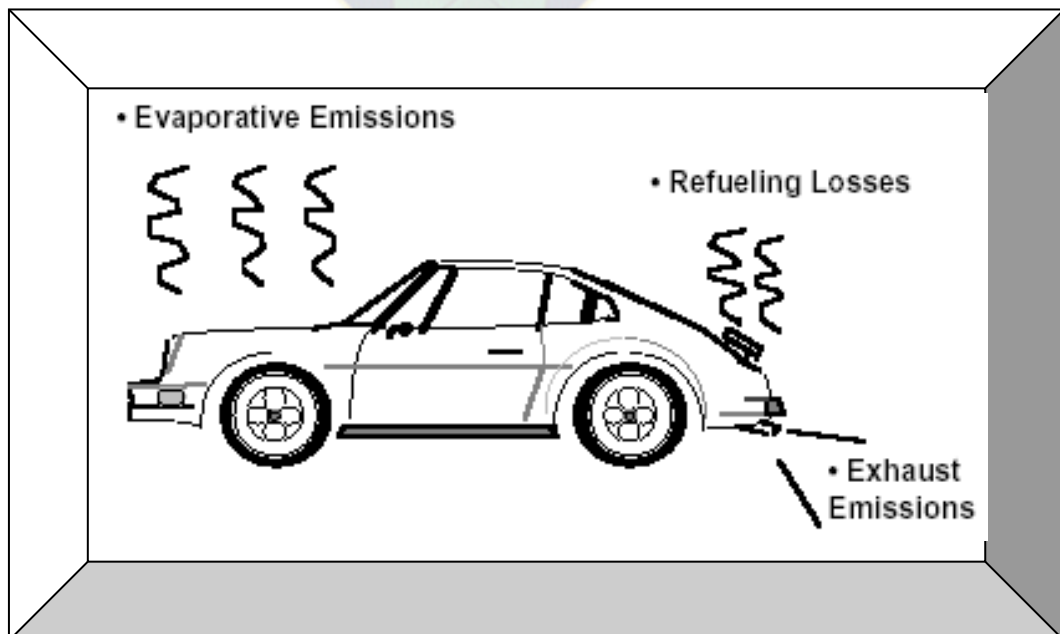
## 7. LOS AUTOMÓVILES Y LA CONTAMINACIÓN

Por lo general, las emisiones de un solo automóvil son bajas comparadas con la imagen de una chimenea emanando humo que muchas personas tienen de la contaminación del aire. Sin embargo, en nuestras ciudades los vehículos son la causa principal de contaminación que resulta de la suma de todas las emisiones de todos los vehículos en circulación.

## 8. FUENTES DE EMISIONES DE LOS AUTOMÓVILES

La energía para mover un automóvil se obtiene de la quema de combustible (gasolina) en el motor. La contaminación que proviene de los automóviles se debe a los productos secundarios del proceso de combustión que son emitidos por el tubo de escape y de la evaporación del combustible.

Ilust. 4 Emisión de gases contaminantes vehículos



## 9. EL PROCESO DE COMBUSTIÓN

Cuando nos referimos a un proceso vital en el funcionamiento de un motor tenemos que referirnos al proceso de la combustión al interior de los cilindros, este proceso tendrá una mejor calidad, cuando el motor este perfectamente calibrado y chequeado en todos y cada uno de sus componentes.

Las gasolinas son mezclas de hidrocarburos, compuestos que contienen átomos de hidrógeno y carbono. En un motor “perfecto”, el oxígeno en el aire convertiría todo el hidrógeno de la gasolina en agua y todo el carbono del combustible en dióxido de carbono. El nitrógeno del aire quedaría inalterado. En realidad, el proceso de combustión no puede ser perfecto, y los motores de los automóviles emiten varios tipos de contaminantes.

### 9.1. La Combustión “Perfecta”

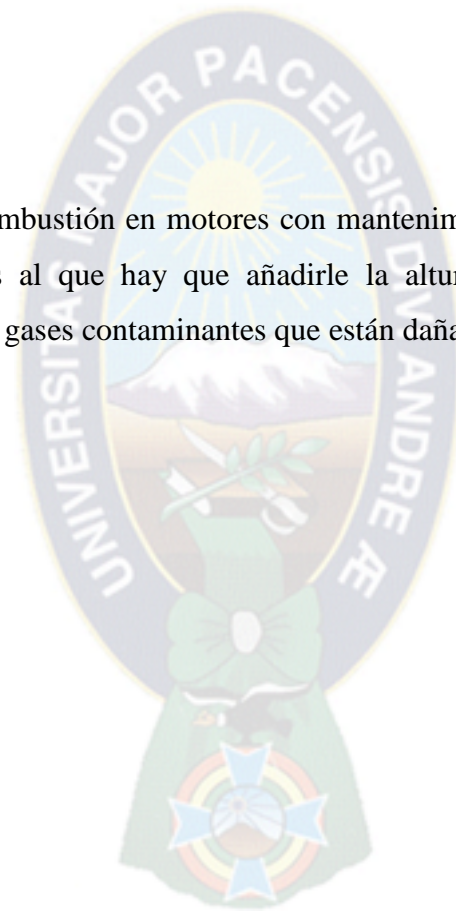


Cuando un motor cumple con unos mantenimientos rigurosos y con todo lo exigido por el fabricante, podemos indicar que la combustión en esos motores estará muy cerca de alcanzar la combustión perfecta

## 9.2. Combustión del Motor Típica



En un proceso de combustión en motores con mantenimiento inadecuado característico de nuestros usuarios al que hay que añadirle la altura de nuestra ciudad, nuestros vehículos nos emiten gases contaminantes que están dañando nuestra calidad de aire.



## **10. CONTAMINANTES EMITIDOS POR EL TUBO DE ESCAPE**

Los gases contaminantes que emiten los vehículos por los tubos de escape son varios, en este estudio nos concretaremos a efectuar un estudio de la variación de la emisión de hidrocarburos no quemados (HC) y la emisión de monóxidos de carbono (CO); pudiendo indicar que:

### **10.1. Hidrocarburos**

Las emisiones de hidrocarburos en los motores de combustión interna, resultan cuando no se queman completamente las moléculas del combustible en el interior del motor o sólo queman parcialmente.

Los hidrocarburos que salen por los tubos de escape a la atmósfera reaccionan en presencia de los óxidos de nitrógeno y la luz solar para formar ozono a nivel del suelo, que es uno de los componentes principales del smog.

El ozono irrita los ojos, perjudica los pulmones y agrava los problemas respiratorios. Éste representa uno de nuestros problemas urbano más extendido e intratable del aire que afecta a la población de forma diaria.

También existen ciertos hidrocarburos que salen por el tubo de escape los cuales son tóxicos y tienen el potencial de causar cáncer.

### **10.2. Monóxido de carbono**

El monóxido de carbono (CO) es un producto de las combustiones incompletas en el interior de los motores de combustión interna y ocurre cuando el carbono del combustible se oxida parcialmente en lugar de oxidarse por completo y



formar dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), lo cual es muy frecuente en nuestra ciudad debido a la altura a la cual nos encontramos donde las cantidades de oxígeno que se tiene en la atmósfera esta muy debajo de los índices requeridos para un optimo funcionamiento de los motores.

El monóxido de carbono en los seres vivos reduce el flujo de oxígeno en el torrente sanguíneo y es particularmente peligroso para las personas con padecimientos cardíacos, siendo en nuestro medio aun más crítico por la altura de nuestra ciudad.

Una ingestión de gases de monóxido de carbono no sólo impide que el cuerpo utilice correctamente el oxígeno, sino también, causa daño en el sistema nervioso central. Las personas que tienen problemas de salud tales como enfermedades cardiacas o pulmonares son especialmente vulnerables, al igual que los bebés, los niños, las mujeres embarazadas y las personas de edad avanzada.

La intoxicación por monóxido de carbono se parece a muchas enfermedades comunes tales como la gripe y la intoxicación por alimentos. Aunque cada persona puede experimentar los síntomas de una forma diferente, algunos de los síntomas más comunes incluyen los siguientes:

- Dolor de cabeza.
- Mareos.
- Debilidad.
- Náuseas y vómitos.
- Pulso acelerado del corazón.
- Convulsiones.
- Paro cardiaco.
- Pérdida de audición.

- Visión borrosa.
- Desorientación.
- Pérdida del conocimiento o coma.
- Fallo respiratorio.

Se considera peligroso para la salud emisiones >1500 ppm de monóxido de carbono

Se presentan secuelas en el 1,9 % del total de intoxicados por CO.

Las alteraciones sobre la esfera psiquiátrica caracterizan dichas secuelas y pueden desarrollarse tras exposiciones severas al CO de forma insidiosa a partir de fuentes no reconocidas tanto en el medio domestico como laboral.

### **10.3. Dióxido de carbono**

En años recientes, la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA) ha comenzando a ver el dióxido de carbono, un producto de la combustión "perfecta", como parte preocupante de la contaminación.

El dióxido de carbono no atenta directamente contra la salud del ser humano, pero es un gas de efecto de invernadero que atrapa el calor de la tierra y contribuye potencialmente al calentamiento global.

Debido a que el ozono presenta un problema grave y persistente de contaminación del aire urbano, debemos poner en ejecución programas de control de emisiones de vehículos realizando un control efectivo, periódico y obligatorio de todos los vehículos en circulación por nuestra ciudad de La Paz y ver las formas de efectuar en estos análisis de emisión la reducción de emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono, lo cual es y seguirá siendo esencial para preservar nuestro medio ambiente.

## 11. LEGISLACIÓN BOLIVIANA

Los cambios que se debería implementar en nuestra Legislación Nacional actual, son los siguientes:

- Aplicación efectiva y real de las normas y procedimientos de pruebas de emisión de gases contaminantes, las cuales se encuentran normadas en Bolivia de acuerdo a:
  - La Ley 1333 “Ley de Medio Ambiente”,
  - El Decreto Supremo N° 28139 del gobierno del Sr. Presidente Carlos de Mesa Gisbert,
  - El Anexo al D.S. N°. 28127 de la Norma Boliviana NB 62002: límites permisibles de emisiones para fuentes móviles, de donde se extractó las siguientes partes:

### 11.1. Normas en Bolivia:

NB 62001	Calidad del aire - Vocabulario
NB 62003	Calidad del aire - Emisiones de fuentes móviles - Método de medición de emisiones de gases contaminantes de vehículos motorizados
NB 62004	Calidad del aire - Emisiones de fuentes móviles - Método de medición de opacidad

### 11.2. Definiciones y abreviaturas

## Abreviaturas

CO	Monóxido de Carbono
HC	Hidrocarburos
p.p.m.	Partes por Millón = mg/kg

### 11.3. Análisis por año de fabricación

Para los vehículos a gasolina y GNV se establece una clasificación por modelo y año, de la siguiente manera:

- Hasta el año 1997
- Desde el año 1998 a 2004
- De el año 2005 en adelante

Límites permisibles para vehículos usados sujetos a importación y vehículos en circulación

Ref: Ley de Medio Ambiente 1333,  
Decreto Supremo N° 28139  
Anexo al D.S. N° 28127  
Norma Boliviana NB 62002

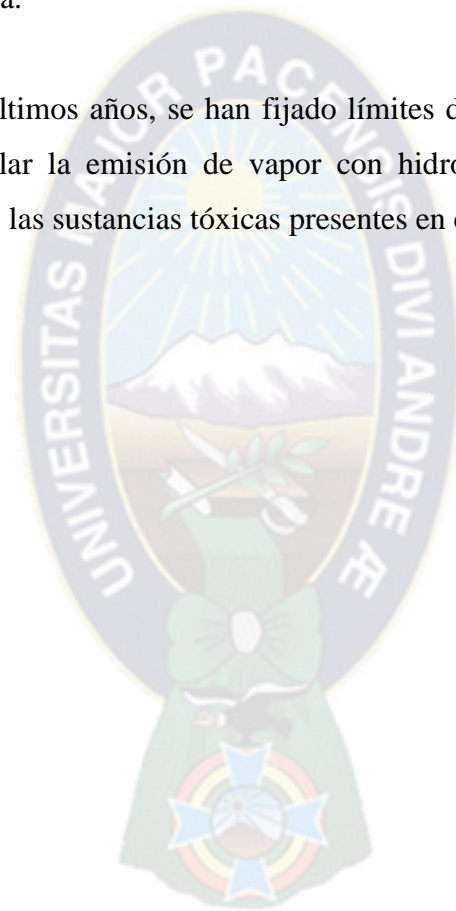
**Tabla 2 –  
Límites máximos permisibles para vehículos a gasolina  
(Motor de 4 tiempos)**

<b>Vehículos a gasolina</b>			
Años de fabricación	CO % de Volumen	HC (ppm)	
		Altura sobre el nivel del mar	
		(hasta 1800 msnm)	(desde 1800 msnm)
Hasta 1997	6	600	650
1998 a 2004	2,5	400	450
2005 en adelante (1)	0,5	125	125
<b>(1) Después de 3 años de uso, para la categoría de 2005 en adelante, los límites permisibles aplicables estarán de acuerdo a los valores especificados para los años de fabricación de 1998 a 2004.</b>			

#### **11.4. Límites en la volatilidad de la gasolina**

La volatilidad señala cuán fácilmente se evapora un líquido, algunas sustancias tóxicas como el benceno se encuentra en la gasolina y se emiten al aire cuando esta se evapora.

Durante los últimos años, se han fijado límites de volatilidad para la gasolina a fin de controlar la emisión de vapor con hidrocarburos y sustancias tóxicas, generalmente, las sustancias tóxicas presentes en el aire son hidrocarburos.



## 12. CONTROL DE EMISIONES VEHÍCULOS EN CIRCULACIÓN

Desde la perspectiva del control de la contaminación, lo más importante no son las normas de emisión para vehículos nuevos; sino las emisiones reales de aquellos vehículos que están en circulación.

La Ley del Aire Limpio establece varios programas para asegurar que el control de esas emisiones funcione adecuadamente. Ello implica la realización de inspecciones periódicas de emisiones y sistemas de diagnóstico computarizado para advertir a los conductores y mecánicos que el vehículo analizado tiene emisiones fuera de la norma.

Los cambios producidos en los combustibles y los vehículos durante los últimos 25 años han reducido enormemente las emisiones de sustancias tóxicas provenientes de los vehículos que circulan en las carreteras.

Hoy en día, los vehículos nuevos pueden emitir 90% menos sustancias tóxicas por kilómetro que los modelos no reglamentados de 1970, mientras que los nuevos camiones y autobuses están diseñados para emitir menos de la mitad de sustancias tóxicas en el aire que los de 1970.

La reducción de emisiones totales de sustancias tóxicas continuará a medida que los vehículos más viejos salgan de circulación y que los nuevos programas reglamentarios entren en vigor.

Sin embargo, el número de vehículos en circulación se ha incrementado de forma muy exagerada por la amnistías y permisos especiales de importación dadas por los gobiernos

de nuestro país, lo que ocasiona un aumento sustancial en el total de kilómetros que recorren los automotores.

### **12.1. Alternativas de conducción vehicular**

La alternativa de usar combustibles más limpios, en vez de los derivados del petróleo, representa otra estrategia que puede reducir los compuestos tóxicos en el aire.

Entre las opciones están en nuestro país con el gas natural, el cual es más limpio que la gasolina, por que están constituidos por compuestos químicos más simples, que producen niveles más bajos de subproductos de la combustión compleja.

La forma de conducción de los usuarios tiene una gran influencia en los niveles de producción de gases contaminantes, para mejorar esta forma que debemos adoptar los siguientes usos y costumbres:

**12.2. Cargas altas del motor:** su automóvil quema más gasolina y emite más contaminación cuando el motor funciona con cargas altas; es decir, cuando está trabajando mucho.

- La carga adicional se crea al encender el aire acondicionado, acelerar repentinamente, conducir a gran velocidad, subir pendientes, reencender el motor y transportar demasiado peso.

**12.3. Temperaturas frías:** en climas fríos, los sistemas de control de emisiones toman más tiempo para calentar y estar en plena operación. Sin embargo, mantener encendido el motor por largo rato no será de gran ayuda. Los vehículos modernos requieren poco calentamiento y éste es más eficaz cuando el motor está en marcha. En realidad, en



climas fríos, mantener el motor encendido innecesariamente puede causar un desgaste excesivo del motor.



### **13. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

El trabajo efectuará una investigación práctica –científica del área de mantenimiento y medio ambiente.

Analizaremos como las formas de mantenimiento y el desgaste de los motores en los vehículos, tiene una influencia directa en los niveles de emisión de gases contaminantes expulsados a la atmosfera produciendo la contaminación ambiental.

#### **13.1. Objetivo general:**

- Determinar como el tipo y forma de mantenimiento que se realiza en los vehículos influye directamente en la producción de gases contaminantes
- Determinar la variación de emisión de gases contaminantes en el motor Toyota 5A, por desgaste del motor y funcionamiento desde el ralentí hasta las máximas r.p.m. del motor

#### **13.2. Objetivos específicos**

- Identificar como la forma y tipo de mantenimiento utilizado afecta a los motores en la emisión de gases contaminantes
- Identificar y cuantificar las relaciones entre mantenimiento y desgaste de los motores y las emisiones de HC y CO, que estos producen
- Medir y cuantificar la emisión de gases de escape tales como HC y CO en un motor a gasolina, desde el ralentí hasta máximas r.p.m.

- Analizar las relaciones de contaminación debidas al desgaste del motor a través de curvas de emisión de gases de escape relacionando las revoluciones del motor con los gases contaminantes HC y CO



## 14. INGENIERIA DE PROYECTO – PARTE PRACTICA

### 14.1. Metodología de trabajo

El trabajo es científico - práctico de desarrollo tecnológico, utilizando para las pruebas de campo un motor marca Toyota 5A, en el cual se efectúan las mediciones pertinentes y necesarias contando con los equipos e instrumentos necesarios entre los cuales podemos citar:

- Motor a gasolina. Marca Toyota 5A, se efectúan todas las pruebas y mediciones que se requieran, en todas las pruebas no cuenta con catalizador
- Compresímetro. Para medir la relación de compresión de los cilindros. Esta información nos sirve para determinar la condición en la cual se encuentra el motor, verificando el desgaste con el manual de mantenimiento del motor.
- Analizador de gases de escape de dos vías, sirve para medir la cantidad de gases de escape de HC y CO, siendo del tipo digital y de auto-calibración
- Tacómetro para calibrar y comprobar los regímenes de funcionamiento y verificar las r.p.m., del motor
- Un barómetro. Con el cual mediremos presión atmosférica en el momento de efectuar la medición
- Un termómetro ambiental. Con el cual tenemos la temperatura al momento de la medición
- Un indicador de temperatura de aceite. Nos da la indicación de la temperatura de aceite del motor

## 14.2. Datos característicos del motor por fabricante

Datos suministrados por el fabricante del motor; nuevo y controlado en condiciones I.S.A.

Nº de cilindros	4
Cilindrada fiscal	1587 cc.
Sistema de encendido	Trans-i
Sistema de combustible	Aisan Carburador – 2V
Bobina de encendido	Nippon Denso
Tensión de alimentación de encendido	12,0 v.
Resistencia primaria	1.3 ~ 1.5 $\Omega$
Resistencia secundaria	10200 ~ 13800 $\Omega$
Orden de encendido	1 – 3 – 4 – 2
Distribuidor	Denso
Régimen de ralentí	600 r.p.m.
Temperatura del aceite para prueba de monóxido de carbono (CO)	60 °C
Nivel de CO en ralentí – con catalizador	0,5 % Máx.
Nivel de HC en ralentí – con catalizador	100 p.p.m.
Presión suministro bomba de comb.	2,9 ~ 4.35 p.s.i.
Presión de compresión	181 p.s.i
Presión de aceite	36,26 ~72,52 p.s.i.
Grado del aceite motor (clima moderado)	10W / 30 S.A.E.
Batería	12 v./ 90 A
Motor de arranque	Denso - 0,8 kW.
Amperaje máximo de arranque	162 ~ 198 A

### 14.3. Método general del desarrollo del trabajo

El método de desarrollo del trabajo empleado es el siguiente:

- Tener en condiciones óptimas de funcionamiento el motor, en el cual se efectuará las pruebas necesarias para nuestro objetivo, siendo necesario realizar los ajustes necesarios para contar con un motor reparado y acondicionado de acuerdo al manual del fabricante.
- Instalar los medidores al motor, nos sirven para poder tener las lecturas de los instrumentos de motor y verificar las condiciones de cada uno de ellos en todos los momentos que se efectúan las mediciones
- Medidor de gases residuales, de la marca Rikken (japones), de dos vías, nos mide las emisiones de gases de escape de monóxidos de carbono y de hidrocarburos no quemados. Este medidor del tipo digital cuenta con una sonda de medición y la impresora de resultados, es de auto calibración se calibra automáticamente después de cada medición, teniendo un tiempo de respuesta a cada medición de 15 seg y una auto calibración para la siguiente medición de aproximadamente 60 seg.
- Medición del motor en un estado de funcionamiento, comenzando desde el ralentí (600 r.p.m.), aumentar las r.p.m. del motor con incrementos de 500 r.p.m. llegando hasta el máximo de r.p.m. (5600 r.p.m.), a cada variación de velocidad de funcionamiento del motor se le efectúa la medición correspondiente manteniendo constantes factores, como:
  - Temperatura del motor
  - Temperatura del medio ambiente

- Presión atmosférica similar (en este punto muchas de las pruebas son diferidas hasta que esta condición sea la adecuada)
  - Utilización del mismo combustible, para lo cual almacenamos combustible del mismo tipo para todas las pruebas.
- 
- Degradación del motor. Una vez efectuada las mediciones correspondientes, procedemos a desarmar el motor para efectuar en el motor una degradación forzosa, de acuerdo a instrucciones de los fabricantes pudimos efectuar en base a variación de la relación de compresión que tiene el interior de los cilindros, esta operación de armado y desarmado del motor para lograr este objetivo, se efectuó diez (10) veces, con lo que se consigue contar con el motor en las distintas fases de su vida útil, las mediciones se realizaron con un compresímetro el cual nos dio las informaciones respectivas de la condición de motor
  - Elaboración de las tablas de mediciones. Con la información obtenida en cada una de las series de mediciones obtenemos las curvas de emisión de gases para los dos gases en estudio.
  - Estas tablas de emisión de gases nos da la información que requerimos y con ellas podemos hacer las comparaciones de cómo varia la emisión de gases contaminantes, cuando el motor va sufriendo desgaste en su interior.

#### **14.4. Método de trabajo para la primera serie**

Con todos los medios e instrumentos preparados e instalados correctamente se procede a la ejecución de las pruebas para la primera serie que son realizadas de la siguiente forma:

- El motor es acondicionado, asentado y verificado en todos sus reglajes y ajustes especificados por el fabricante
- Se enciende el motor y se calienta hasta que la temperatura del líquido refrigerante toma los 89 °C.
- La temperatura del lubricante está a 60 °C
- Cuando el motor se estabiliza en la mencionada temperatura del líquido refrigerante y el lubricante se procede a apagar el motor y a medir la presión de compresión de cada uno de los cilindros, utilizando el método de medición de compresión directa por medio del instrumento denominado compresímetro, obteniendo las siguientes mediciones:

• Cilindro N° 1:	158	p.s.i.
• Cilindro N° 2:	160	p.s.i.
• Cilindro N° 3:	157	p.s.i.
• Cilindro N° 4:	161	p.s.i.
<hr/>		
P R O M E D I O:	159	p.s.i.

Estas mediciones efectuadas indican que el motor se encuentra en optimas condiciones de funcionamiento en la zona de estudio, sin embargo, debe notarse que existe una diferencia de 12,16 %, en relación a un motor nuevo que funcione a nivel del mar; se trata de la diferencia que se tiene en relación a las indicaciones proporcionadas por el manual del fabricante que indica que la medición del promedio de la compresión es de 181 p.s.i. a nivel del mar, la diferencia de esta presión en el motor se debe a la



altitud m.s.n.m que se encuentra la ciudad de La Paz donde la presión atmosférica promedio es de 660 mb., teniendo en cuenta que el fabricante nos proporciona toda la información pertinente del motor cuando este se encuentra a nivel del mar 1013 mb. y en condiciones I.S.A., esta diferencia de la presión atmosférica nos da una diferencia de relación de compresión de 22 p.s.i. teniendo una reducción en la presión de compresión del 12,16 %.

- Una vez realizada la comprobación de la compresión de los cilindros del motor se inició la prueba de la medición de emisión de gases contaminantes, de la siguiente manera:
  - Se enciende el motor y se hace trabajar hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento del refrigerante y lubricante.
  - Se regula el motor para que funcione en ralentí (600 r.p.m.), a esta velocidad de giro del motor se conecta la sonda del medidor de gases residuales en el tubo de escape del motor y se activa el instrumento analizador de gases residuales, obteniendo los siguientes resultados:

Temperatura ambiental:	14,5 °C
Temperatura colector de gases de escape:	170 °C
Presión atmosférica:	663 mb.
Gasolina:	corriente
Hora de medición:	10:00 a.m.

La primera medición dio los siguientes resultados:

- HC 292 p.p.m.
- CO 0,64 %

- Posteriormente se procedió a elevar las r.p.m. del motor en 500 r.p.m., el motor ahora funciona a 1100 r.p.m. en este punto se toma nuevamente datos, comprobando que conserven los mismos valores; la presión ambiental, la temperatura ambiental y temperatura de gases de escape, procediéndose a la segunda medición de gases residuales obteniendo lo siguiente:

- HC 186 p.p.m.
- CO 0.54 %

- De la misma forma se procede en las siguientes mediciones desde el ralentí (600 r.p.m.) hasta las máximas r.p.m. del motor (5600 r.p.m.) incrementándose para cada medición 500 r.p.m., dándonos los valores para elaborar una tabla de datos

**14.5. Primera serie:** En esta primera medición el motor se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento, al cien por ciento de sus características, en nuestra ciudad, debiendo tomar en cuenta que el sistema catalizador no está presente en el sistema de escape.

• Cilindro N° 1:	158	p.s.i
• Cilindro N° 2:	160	p.s.i.
• Cilindro N° 3:	157	p.s.i.
• Cilindro N° 4:	161	p.s.i.
<hr/>		
P R O M E D I O:	159	p.s.i.

r.p.m.	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4100	4600	5100	5600
HC (p.p.m.)	292	186	138	125	123	123	123	129	135	267	428
CO ( % )	0,64	0,54	0,49	0,38	0,32	0,48	0,56	0,63	0,67	0,86	0,94

Con estos datos obtenidos se realizaron las graficas correspondientes para hidrocarburos no quemados y para el monóxido de carbono expulsados por los conductos de escape del motor, luego se procedió a realizar la corrección de la curva característica y se determinó la ecuación correspondiente. Ver Anexos 18.1.1. y 18.2.1.

ANALISIS. Cuando el motor está en perfectas condiciones de funcionamiento (100 %), realizando las pruebas de los gases de escape libres, (sin silenciadores ni catalizadores) se comprobó que durante todo el régimen de funcionamiento el motor está al 100 % dentro de los parámetros establecidos por la Ley 1333, en lo concerniente a los hidrocarburos no quemados como a las emisiones de monóxido de carbono.

El análisis de las medidas de los monóxidos de carbono indican que el motor esta con valores sumamente inferiores a los establecidos.

#### **14.6. Método de trabajo para las siguientes series**

Una vez realizada la primera serie de mediciones, el motor entra en una fase de desgaste forzado, este proceso es realizado efectuando el desarmado del motor y nuevamente el armado, asentado de motor y calibrado, proceso con el cual conseguimos disminuciones en la presión de compresión del motor, realizando este proceso por doce

veces consecutivas de manera que el desgaste del motor llegue al límite de su funcionamiento.

Una vez efectuado el desgaste del motor y contando con todos los medios e instrumentos se procede a la ejecución de las pruebas para las diez series de mediciones de manera similar a la prueba de series N° 1.

- Acondicionado (desgaste forzado), asentado y verificado del motor en todos sus reglajes y ajustes especificados por el fabricante
- Asentado de motor y calibrado para su perfecto funcionamiento
- Encendido y calentamiento del motor hasta que la temperatura del líquido refrigerante toma los 89 °C.
- La temperatura del lubricante se pone en temperatura optima de funcionamiento
- Medición de presión de compresión de cada uno de los cilindros
- Control de los parámetros tales como:

Temperatura ambiental:	14,5 °C
Temperatura colector de gases de escape:	170 °C
Presión atmosférica:	663 mb.
Gasolina:	corriente
Hora de medición:	10:00 a.m.

**14.7. Segunda Serie:** En esta serie el motor ha sufrido un desgaste, el cual nos da la siguiente relación:

• Cilindro N° 1:	152	p.s.i
• Cilindro N° 2:	156	p.s.i.
• Cilindro N° 3:	151	p.s.i.
• Cilindro N° 4:	154	p.s.i.
<hr/>		
P R O M E D I O:	153.25	p.s.i.

Lo cual indica que el motor esta al 96.38 % de su nivel óptimo, con lo cual se procede a la segunda serie de mediciones que proporciona la siguiente tabla de datos.

TABLA SEGUNDA SERIE MEDICIONES ( CONDICION AL 96,38 % MOTOR)

r.p.m.	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4100	4600	5100	5600
HC (p.p.m.)	<b>416</b>	<b>237</b>	<b>150</b>	<b>142</b>	<b>138</b>	<b>131</b>	<b>135</b>	<b>146</b>	<b>148</b>	<b>289</b>	<b>433</b>
CO ( % )	<b>0,62</b>	<b>0,63</b>	<b>0,47</b>	<b>0,39</b>	<b>0,45</b>	<b>0,53</b>	<b>0,66</b>	<b>0,75</b>	<b>0,84</b>	<b>1,11</b>	<b>1,18</b>

ANALISIS. Cuando el motor se ha desgastado el 3.62 % de sus condiciones iniciales, es evidente que se encuentra dentro de los parámetros exigidos por la Ley en sus emisiones de gases de escape, pero al no contar el motor con los silenciadores y con los catalizadores sus niveles de hidrocarburos están muy altos en mínimas r.p.m. como en plena carga, mientras que las emisiones de monóxidos de carbono están en límites inferiores respecto a la norma. Ver Anexos 18.1.2. y 18.2.2.

**14.8. Tercera serie:** En esta serie el motor ha sufrido un desgaste desde 159 p.s.i. hasta 145,75 p.s.i., dándonos la siguiente relación:

• Cilindro N° 1:	145	p.s.i
• Cilindro N° 2:	147	p.s.i.
• Cilindro N° 3:	142	p.s.i.
• Cilindro N° 4:	149	p.s.i.
P R O M E D I O:	145,75	p.s.i.

Lo cual indica que el motor esta al 91.6 % de su nivel óptimo, efectuadas las pruebas se tiene la siguiente tabla y graficas:

TABLA TERCERA SERIE MEDICIONES ( CONDICION AL % MOTOR)

r.p.m.	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4100	4600	5100	5600
HC (p.p.m.)	<b>580</b>	<b>376</b>	<b>197</b>	<b>162</b>	<b>149</b>	<b>142</b>	<b>146</b>	<b>153</b>	<b>161</b>	<b>304</b>	<b>447</b>
CO ( % )	<b>0,87</b>	<b>0,69</b>	<b>0,52</b>	<b>0,43</b>	<b>0,52</b>	<b>0,61</b>	<b>0,74</b>	<b>0,96</b>	<b>1,12</b>	<b>1,35</b>	<b>1,53</b>

ANALISIS. Cuando el motor esta al 91,6 % de sus condiciones iniciales, las mediciones de los gases de escape indican que el motor en las 600 r.p.m. esta encima de la norma la cual indica que la emisión máxima permitida es de 450 p.p.m , teniendo 130 p.p.m. encima de lo permitido lo que da un 28,8 % por encima del límite permitido, mientras que en máximas r.p.m. esta todavía debajo de los máximos permitidos por la Ley, esta elevación de emisiones se debe al no contar el motor con los silenciadores y con los catalizadores respectivos de fabrica. Ver Anexos 18.1.3. y 18.2.3.

Las emisiones de monóxidos de carbono están todavía debajo de los máximos permitidos.

**14.9. Cuarta serie:** En esta serie el motor ha sufrido un desgaste, el cual nos da la siguiente relación:

• Cilindro N° 1:	130	p.s.i
• Cilindro N° 2:	131	p.s.i.
• Cilindro N° 3:	129	p.s.i.
• Cilindro N° 4:	132	p.s.i.
<hr/>		
P R O M E D I O:	130,5	p.s.i.

Lo cual indica que, cuando el motor está al 82,07 % de su nivel óptimo, se tiene:

TABLA CUARTA SERIE MEDICIONES ( CONDICION AL 82,07 % MOTOR)

r.p.m.	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4100	4600	5100	5600
HC (p.p.m.)	<b>740</b>	<b>428</b>	<b>265</b>	<b>179</b>	<b>165</b>	<b>163</b>	<b>168</b>	<b>173</b>	<b>179</b>	<b>308</b>	<b>459</b>
CO ( % )	<b>1,12</b>	<b>0,74</b>	<b>0,61</b>	<b>0,48</b>	<b>0,61</b>	<b>0,72</b>	<b>0,98</b>	<b>1,16</b>	<b>1,26</b>	<b>1,69</b>	<b>1,72</b>

ANALISIS. En esta cuarta serie el motor se encuentra a 91,6 % de sus condiciones iniciales. Las emisiones de monóxidos de carbono están todavía debajo de los máximos permitidos. Ver 18.1.4. y 18.2.4.

Las emisiones de los gases de escape en hidrocarburos no quemados que están por encima de los parámetros permitidos son los siguientes:

Hidrocarburos no quemados	r.p.m.	p.p.m.	% exceso de la norma
HC	600	740	64.42
HC	5600	459	2.00

**14.10. Quinta serie:** En esta serie el motor ha sufrido un desgaste de 23% de las condiciones iniciales, dando la siguiente presión de compresión:

• Cilindro N° 1:	126	p.s.i
• Cilindro N° 2:	124	p.s.i.
• Cilindro N° 3:	122	p.s.i.
• Cilindro N° 4:	119	p.s.i.
<hr/>		
P R O M E D I O:	122,75	p.s.i.

Lo cual indica que el motor esta al 77 % de su nivel optimo

TABLA QUINTA SERIE MEDICIONES ( CONDICION AL 77 % MOTOR)

r.p.m.	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4100	4600	5100	5600
HC (p.p.m.)	<b>918</b>	<b>612</b>	<b>397</b>	<b>237</b>	<b>186</b>	<b>187</b>	<b>182</b>	<b>184</b>	<b>185</b>	<b>321</b>	<b>495</b>
CO ( % )	<b>1,18</b>	<b>0,82</b>	<b>0,68</b>	<b>0,59</b>	<b>0,76</b>	<b>0,94</b>	<b>1,13</b>	<b>1,34</b>	<b>1,49</b>	<b>1,86</b>	<b>2,05</b>

Análisis:

Hidrocarburos no quemados	r.p.m.	p.p.m.	% exceso de la norma
HC	600	918	104
HC	1100	612	36
HC	5600	495	10

Se observa que el motor cuando ha sufrido un desgaste considerable como es un 23 % de las condiciones iniciales, por efecto de la altura de nuestra ciudad y al no contar con los sistemas apropiados para reducir la emisión de gases contaminantes, los niveles de emisión de los mismos se ven



claramente incrementados, teniendo niveles muy por encima de los parámetros indicados por la Ley. Ver Anexos 18.1.5. y 18.2.5.

**14.11. Sexta serie:** En esta serie el motor ha sufrido un desgaste, el cual nos da la siguiente relación:

• Cilindro N° 1:	118	p.s.i.
• Cilindro N° 2:	107	p.s.i.
• Cilindro N° 3:	110	p.s.i.
• Cilindro N° 4:	110	p.s.i.
<hr/>		
P R O M E D I O:	111.25	p.s.i.

Lo cual nos indica que el motor esta al 69.97 % de su nivel optimo

TABLETA SEXTA SERIE MEDICIONES (CONDICION AL 69,97 % MOTOR)

r.p.m.	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4100	4600	5100	5600
HC (p.p.m.)	1102	746	524	324	284	264	251	258	260	406	580
CO (%)	1,79	1,19	0,97	0,74	0,92	1,19	1,46	1,62	1,83	2,16	2,28

Análisis: Cuando el motor después de haber trabajado ha sufrido un desgaste del 30,03 % de las condiciones iniciales, se ve que el incremento en la emisión de hidrocarburos no quemados va en aumento en las bajas r.p.m. se tienen índices superiores en dos puntos iniciales de mediciones contando con el último índice también por encima de lo establecido.

En el caso del monóxido de carbono, en esta medición se tiene que todos los valores se encuentran todavía dentro de los límites permitidos. Ver Anexos 18.1.6. y 18.2.6.

Tabla a 30,03 % de condiciones iniciales

HC – no quemados

Hidrocarburos no quemados	r.p.m.	p.p.m.	% exceso de la norma
HC	600	1102	144,89
HC	1100	746	65,78
HC	1600	524	16,44
HC	5600	580	28,89

**14.12. Séptima serie:** En esta serie el motor ha sufrido un desgaste del 36,95 %, la medición de compresión es la siguiente:

• Cilindro N° 1:	102	p.s.i.
• Cilindro N° 2:	96	p.s.i.
• Cilindro N° 3:	103	p.s.i.
• Cilindro N° 4:	100	p.s.i.
<hr/>		
P R O M E D I O:	100,25	p.s.i.

Indicando que el motor esta al 63,05 % de las condiciones iniciales con las cuales se inició el trabajo de la medición de compresión del motor. En esta medición comenzamos a distinguir cuando el motor esta a altas revoluciones (plena carga – 5600 r.p.m.) la aparición de coloración visible celeste tenue, en los conductos de escape del motor.

En plena carga el motor comienza a tener una emisión superior a los límites permitidos en la emisión de monóxido de carbón.

En las mediciones que se realiza se obtiene las siguientes mediciones:

TABLA SEPTIMA SERIE MEDICIONES ( CONDICION AL 63,05 % MOTOR)

r.p.m.	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4100	4600	5100	5600
HC (p.p.m.)	<b>1270</b>	<b>879</b>	<b>584</b>	<b>402</b>	<b>349</b>	<b>327</b>	<b>319</b>	<b>323</b>	<b>321</b>	<b>466</b>	<b>656</b>
CO ( % )	<b>2,12</b>	<b>1,38</b>	<b>1,06</b>	<b>0,87</b>	<b>1,16</b>	<b>1,38</b>	<b>1,72</b>	<b>1,85</b>	<b>2,08</b>	<b>2,39</b>	<b>2,52</b>

Análisis: Cuando el motor después de haber trabajado ha sufrido un desgaste del 36,95 % de las condiciones iniciales, se ve que el incremento en la emisión de hidrocarburos no quemados va en aumento en las bajas r.p.m. tenemos índices superiores en tres puntos iniciales de mediciones contando con los dos últimos índices también por encima de lo establecido.

En el caso del monóxido de carbono, cuando el motor trabaja en carga plena el valor hallado se encuentra fuera de los límites permitidos. Ver Anexos 18.1.7. y 18.2.7.

Tabla a 36,95 % de condiciones iniciales

HC – no quemados

Hidrocarburos no quemados	r.p.m.	p.p.m.	% exceso de la norma
HC	600	1270	182,22
HC	1100	879	95,33
HC	1600	584	29,78
HC	5100	456	3,56
HC	5600	656	45,78

Tabla a 36,95 % de condiciones iniciales

Emisiones de CO

Emisión de Monóxidos de carbono - CO	r.p.m. Motor	% De CO	% exceso de la norma
HC	5600	2,52	0,8

**14.13. Octava serie:** En esta serie el motor ha sufrido un desgaste del 42.14 %, el cual nos da la siguiente relación:

• Cilindro N° 1:	92	p.s.i.
• Cilindro N° 2:	87	p.s.i.
• Cilindro N° 3:	96	p.s.i.
• Cilindro N° 4:	93	p.s.i.
<hr/>		
P R O M E D I O:	92	p.s.i.

Lo cual indica que el motor esta al 57,87 % de su nivel optimo

TABLA OCTAVA SERIE MEDICIONES ( CONDICION AL 57,87 % MOTOR)

r.p.m.	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4100	4600	5100	5600
HC (p.p.m.)	1443	963	695	476	382	375	368	372	378	528	737
CO (%)	2,45	1,76	1,39	1,1	1,29	1,63	1,92	2,09	2,31	2,67	2,76

Análisis: El motor se encuentra al 57,87 % de sus condiciones iniciales, ha sufrido un desgaste del 42,13 %, nos aproximamos a la mitad de las condiciones iniciales, teniendo el motor un funcionamiento con una emisión de humos más visibles a través de los conductos de escape el 50 % de las mediciones efectuadas para verificar los hidrocarburos no quemados se encuentran fuera de los parámetros permitidos y se va incrementando la emisiones de hidrocarburos de manera muy elevada llegando a el primer

índice con un excedente de 220,67% encima de los límites permitidos, estos datos los analizaremos en las conclusiones y podemos indicar claramente que se ve que cuando el motor no cuenta con los elementos necesarios para controlar la emisión de gases de escape estos son muy elevados.

El monóxido de carbono que produce el motor comienza a tener su producción especialmente cuando el motor está funcionando a elevadas r.p.m., teniendo dos valores que exceden de los máximos permitidos. Ver Anexos 18.1.8. y 18.2.8.

Tabla a 42,14 % de condiciones iniciales

HC – no quemados

Hidrocarburos no quemados	r.p.m.	p.p.m.	% exceso de la norma
HC	600	1443	220,67
HC	1100	963	114,00
HC	1600	695	54,44
HC	2100	476	5,78
HC	5100	528	17,33
HC	5600	737	63,78

Tabla a 42,13 % de condiciones iniciales

Emisiones de CO

Emisión de Monóxidos de carbono - CO	r.p.m. Motor	% De CO	% exceso de la norma
HC	5100	2,67	6,8
HC	5600	2,76	10,4

**14.14. Novena serie:** En esta serie el motor ha sufrido un desgaste, el cual da la siguiente relación:

• Cilindro N° 1:	85	p.s.i
• Cilindro N° 2:	87	p.s.i.
• Cilindro N° 3:	91	p.s.i.
• Cilindro N° 4:	86	p.s.i.
<hr/>		
P R O M E D I O:	87,25	p.s.i.

Lo cual indica que el motor esta al 54,87 % de su nivel optimo

TABLA NOVENA SERIE MEDICIONES ( CONDICION AL % MOTOR)

r.p.m.	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4100	4600	5100	5600
HC (p.p.m.)	1593	1123	791	598	434	438	395	412	447	699	932
CO ( % )	2,53	1,91	1,64	1,43	1,54	1,95	2,13	2,27	2,66	2,92	2,97

Análisis:

El motor después de haber sufrido desgaste se encuentra al 54,87 % de sus condiciones iniciales, el motor tiene una emisión de humos visibles a través de los conductos de escape, las emisiones de hidrocarburos esta a niveles excesivamente superiores que la norma exige y se constituye en un factor de alta contaminación atmosférica el cual en condiciones especiales puede causar la enfermedad en las personas que están cercanas a este tipo de motores, las condiciones de funcionamiento tienen sus alteraciones por que ya se tiene problemas en la puesta a punto del motor, sus desenvolvimiento ya nos es el mismo, el consumo de aceite comienza a elevarse considerablemente, la refrigeración del motor es más dificultosa durante el funcionamiento del motor,

luego de haber apagado el motor su enfriamiento del mismo es más lenta, el consumo de combustible es mayor.

El monóxido de carbono que produce el motor se manifiesta en mayores mediciones como son en el 36,37 % de las mediciones el índice supera los máximos establecidos. Ver Anexos 18.1.9 y 18.2.10.

Tabla a 45,12 % de condiciones iniciales

HC – no quemados

Hidrocarburos no quemados	r.p.m.	p.p.m.	% exceso de la norma
HC	600	1593	254,00
HC	1100	1123	149,56
HC	1600	791	75,78
HC	2100	598	32,89
HC	5100	699	55,33
HC	5600	932	107,11

Tabla a 45,12 % de condiciones iniciales

Emisiones de CO

Emisión de Monóxidos de carbono - CO	r.p.m. Motor	% De CO	% exceso de la norma
CO	600	2,53	1,2
CO	4600	2,66	6,4
CO	5100	2,92	16,8
CO	5600	2,97	18,8

**14.15. Décima serie:** En esta serie el motor ha sufrido un desgaste, el cual nos da la siguiente relación:

• Cilindro N° 1:	76	p.s.i
• Cilindro N° 2:	71	p.s.i.
• Cilindro N° 3:	80	p.s.i.
• Cilindro N° 4:	74	p.s.i.
<hr/>		
P R O M E D I O:	75,25	p.s.i.

Lo cual indica que el motor está al 47,33 % del inicio de las mediciones de campo del motor, esta relación muestra que el motor ha sufrido un desgaste de 52,67 %

TABLA DECIMA SERIE MEDICIONES ( CONDICION AL 47,33 % MOTOR)

r.p.m.	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4100	4600	5100	5600
HC (p.p.m.)	<b>1690</b>	<b>1180</b>	<b>917</b>	<b>726</b>	<b>648</b>	<b>623</b>	<b>632</b>	<b>638</b>	<b>652</b>	<b>849</b>	<b>1088</b>
CO ( % )	<b>3,02</b>	<b>2,35</b>	<b>1,9</b>	<b>1,59</b>	<b>1,72</b>	<b>2,27</b>	<b>2,44</b>	<b>2,64</b>	<b>2,96</b>	<b>3,18</b>	<b>3,19</b>

Análisis:

El motor se encuentra en pésimas condiciones, el desgaste en el cual se encuentra muestra que las emisiones de hidrocarburos no quemados se producen en toda las condiciones de funcionamiento del motor con índice elevados, por los conductos de escape, la coloración emitida es visible en toda la gama de funcionamiento del motor, es notorio el mal funcionamiento del motor, se tiene los siguientes problemas siguientes en esta condición del motor:

- Afinación más frecuentes del motor para poder contar con las condiciones impuestas para las mediciones



- Calentamiento del motor en periodos cortos de tiempo lo que hace que las mediciones deban realizarse por pasos, pues se debe enfriar el motor para retomar las condiciones impuestas.
- Excesiva producción de humo azul por los conductos de escape
- La refrigeración comienza a tener problemas para mantener la temperatura del motor
- Funcionamiento del motor más áspero y con menor reacción

El monóxido de carbono que produce el motor en estas condiciones comienza a tener valores ya más considerables excediendo en el 45, 45 % de las mediciones efectuadas. Ver Anexos 18.1.10 y 18.2.10.

**Tabla a 47,33 % de condiciones iniciales**

**HC – no quemados**

<b>Hidrocarburos no quemados</b>	<b>r.p.m.</b>	<b>p.p.m.</b>	<b>% exceso de la norma</b>
HC	600	1690	275,00
HC	1100	1180	162,22
HC	1600	917	103,78
HC	2100	726	61,33
HC	2600	648	44,00
HC	3100	623	38,44
HC	3600	632	40,44
HC	4100	638	41,78
HC	4600	652	44,88
HC	5100	849	88,67
HC	5600	1088	141,78

**Tabla a 47,33 % de condiciones iniciales**

**Emisiones de CO**

<b>Emisión de Monóxidos de carbono - CO</b>	<b>r.p.m. Motor</b>	<b>% De CO</b>	<b>% exceso de la norma</b>
CO	600	3,02	20,8
CO	4100	2,64	5,6
CO	4600	2,96	18,4
CO	5100	3,18	27,2
CO	5600	3,19	27,6

## **15. RESULTADOS:**

El presente trabajo nos da la información completa de cómo el motor Toyota 5A tiene la emisión de gases desde nuevo hasta que el motor ha cumplido con su vida útil de servicio.

Lo primero que encontramos en nuestra ciudad es que la mayor emisión de gases contaminantes que produce el motor son los hidrocarburos no quemados en relación con el monóxido de carbón, efectuando las siguientes relaciones:

### **15.1. Análisis de resultados de la emisión de hidrocarburos**

Podemos realizar este análisis en base a las r.p.m. del motor con relación a las emisiones de gases contaminantes de hidrocarburos no quemados, los que están fuera de los parámetros mínimos exigidos:

#### **15.1.1. A 600 r.p.m.**

Tenemos en este nivel de funcionamiento del motor una alarmante emisión de gases contaminantes, en los cuales en el 80% de las mediciones efectuadas los niveles de emisión está encima de los parámetros permitidos.

Las variaciones que se tienen es desde los 580 p.p.m. hasta llegar a los 1690 p.p.m. encima de los valores requeridos, lo cual nos lleva a deducir que es necesario que los motores deben contar siempre con los sistemas de reducción de gases contaminantes como son los

sistemas de catalizadores, puesto que en las pruebas que realizamos carecen de este sistema.

#### **15.1.2. A 1100 r.p.m.**

A los 1100 r.p.m. del motor nos encontramos que existe una disminución de las emisiones de los gases de escape llegando a un promedio de 60 %, considerando el motor desde óptimas condiciones hasta llegar a el cumplimiento de su vida útil.

#### **15.1.3. A 1600 r.p.m.**

Cuando se realizaron las pruebas de campo y efectuamos las mediciones en las distintas condiciones de estado del motor, los promedios de la emisión de los gases contaminantes nos dio como resultado que a estas r.p.m. el 50 % de estos produce emisiones superiores a la norma establecida, esta información nos indica que también se puede efectuar un análisis de cuáles son las r.p.m. a las cuales los motores nos producen menos niveles de contaminación.

#### **15.1.4. A 2100 r.p.m.**

En este nivel de funcionamiento del motor la emisión de los gases que sobrepasan los límites permitidos es del 30 %, vemos que el nivel de las mediciones de los niveles elevados de emisiones de gases contaminantes disminuye considerablemente.

#### **15.1.5. A 2600 – 3100 – 3600 – 4100 – 4600 r.p.m.**

Estos regímenes de funcionamiento nos indican que son los más óptimos para el funcionamiento de los motores en altura, podemos indicar que desde los 2600 r.p.m. hasta los 4600 r.p.m. solamente el 10 % de las series de mediciones nos da índices mayores que los requeridos. La serie que nos da niveles superiores a la norma es cuando el motor esta en limites finales de su vida útil.

#### **15.1.6. A 5100 r.p.m.**

En esta relación de funcionamiento tenemos que el 40 % de las mediciones de nuestras series dan niveles encima de los exigidos por la norma, estos valores nos indican que los motores en altura no pueden ser exigidos al máximo, lo que implica que se debe controlar más minuciosamente las cargas impuestas a los motorizados, los cuales en nuestro medio se tiene una notable tendencia a utilizar los vehículos con pesos superiores a los recomendados por los fabricantes de los vehículos.

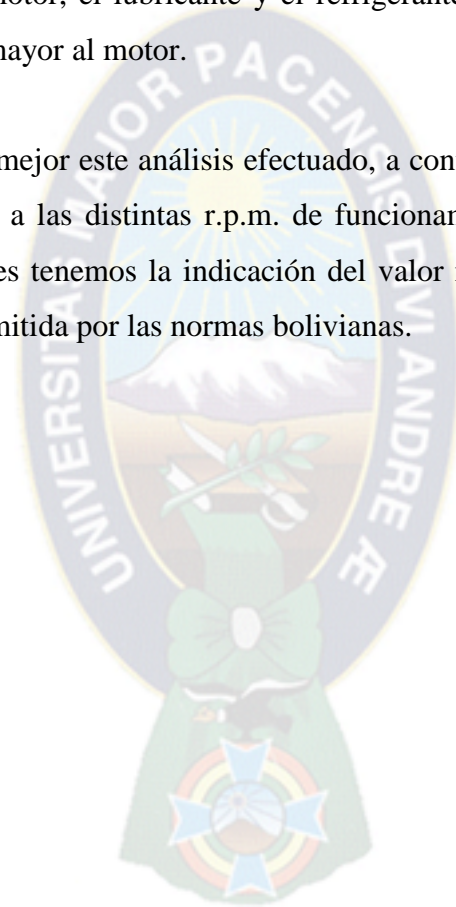
La observación que tenemos en este punto es que los vehículos de servicio público (minibuses, buses, trufis, etc), los cuales exceden en su capacidad de carga, necesitan para su funcionamiento el uso de elevadas r.p.m. de sus motores para poder circular dentro de nuestra ciudad.

#### **15.1.7. A 5600 r.p.m.**

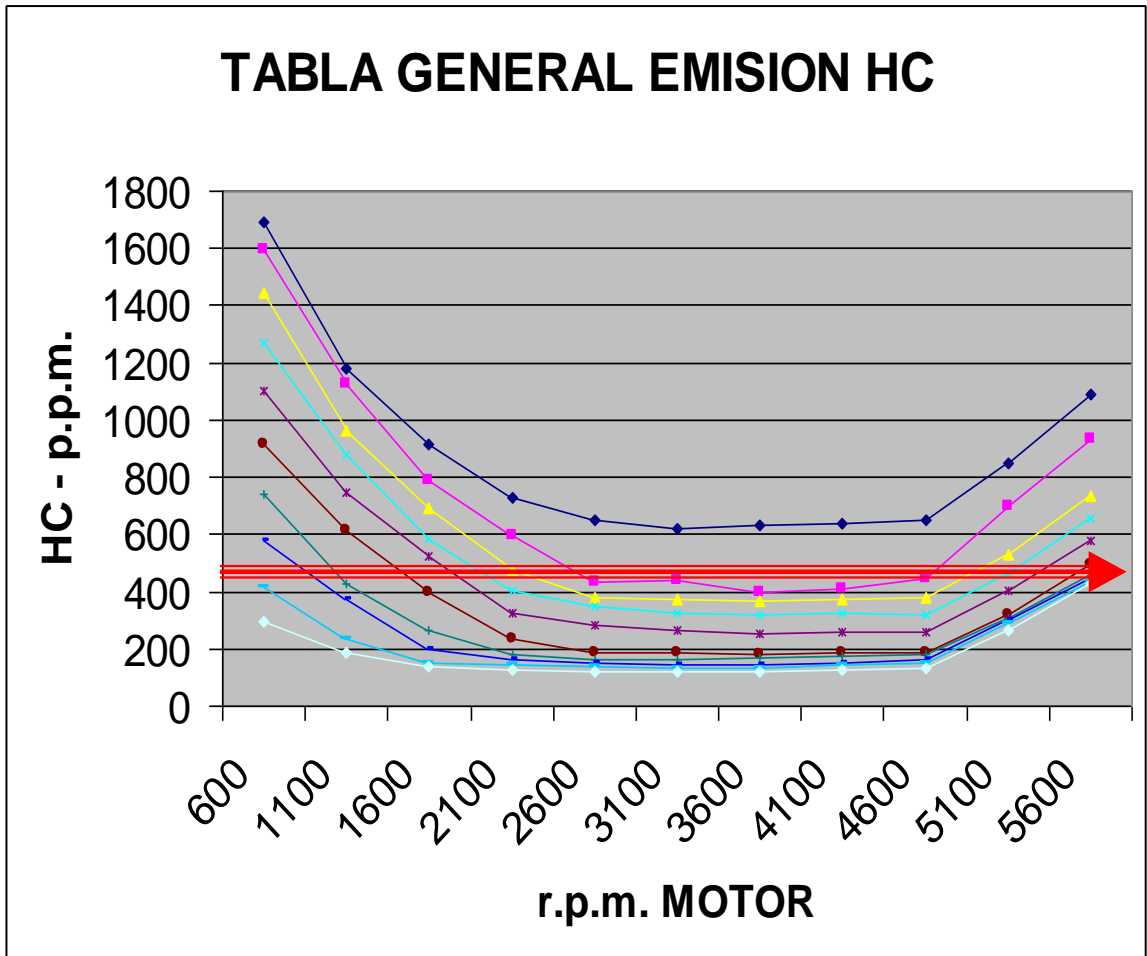
En el máximo de r.p.m. del motor se ve una marcada producción de hidrocarburos no quemados en el motor analizado.

Es en esta relación de funcionamiento del motor en el cual comienza a generar una cantidad excesiva de hidrocarburos no quemados y el motor funciona de manera forzada, dando como resultado elevadas emisiones de gases contaminantes, calentamiento excesivo del motor, el lubricante y el refrigerante, contribuyendo a un deterioro mayor al motor.

Para poder observar mejor este análisis efectuado, a continuación tenemos la tabulación de todas las series y a las distintas r.p.m. de funcionamiento del motor por medio de graficas. En las cuales tenemos la indicación del valor máximo indicado por medio de una flecha (roja) permitida por las normas bolivianas.



<b>MEDICION DE GASES CONTAMINANTES HC</b>											
<b>MOTOR TOYOTA 5A</b>											
<b>TEMPERATURA MOTOR:</b> 170 °C				<b>TEMPERATURA MEDIO AMBIENTE:</b> 14,5 °C				<b>HORA:</b> 10:00 a 13:30			
<b>PRESION ATMOSFERICA:</b> 663 mb				<b>EVALUADOR:</b> Lic. Walter Calvimontes Delgadillo							
<b>tabla de emision de hidrocarburos HC - p.p.m.</b>											
<b>rpm</b>	<b>600</b>	<b>1100</b>	<b>1600</b>	<b>2100</b>	<b>2600</b>	<b>3100</b>	<b>3600</b>	<b>4100</b>	<b>4600</b>	<b>5100</b>	<b>5600</b>
serie 10	1690	1180	917	726	648	623	632	638	652	849	1088
serie 9	1593	1123	791	598	434	438	395	412	447	699	932
serie 8	1443	963	695	476	382	375	368	372	378	528	737
serie 7	1270	879	584	402	349	327	319	323	321	466	656
serie 6	1102	746	524	324	284	264	251	258	260	406	580
serie 5	918	612	397	237	186	187	182	184	185	321	495
serie 4	740	428	265	179	165	163	168	173	179	308	459
serie 3	580	376	197	162	149	142	146	153	161	304	447
serie 2	416	237	150	142	138	131	135	146	148	289	433
serie 1	292	186	138	125	123	123	123	129	135	267	428



## 15.2. Análisis de resultados de la emisión de monóxido de carbono

Realizamos este análisis en base a las r.p.m. del motor con relación a las emisiones de gases contaminantes de monóxidos de carbono emitidos por el motor desde las 600 r.p.m. hasta las 5600 r.p.m.:

### 15.2.1. 600 r.p.m.

Tenemos en este nivel de funcionamiento del motor una emisión de gases contaminantes como son los monóxidos de carbono, en los



cuales en el 20% de las mediciones efectuadas los niveles de emisión esta encima de los máximos aceptables.

#### **15.2.2. A 1100 hasta las 3600 r.p.m.**

Estos regímenes de funcionamiento del motor, nos indica que son los más óptimos para el funcionamiento en altura, podemos indicar que desde los 1100 r.p.m. hasta los 3600 r.p.m. de las series de mediciones, nos da índices menores que los establecidos por la Ley 1333.

Estos regímenes de funcionamiento nos indica que son los mejores para el motor en altura, ya que son allí donde la producción de gases contaminantes como el CO esta dentro de los parámetros exigidos por nuestra norma

#### **15.2.3. A 4100 r.p.m.**

En esta relación de funcionamiento tenemos que el 10 % de las mediciones de nuestras series dan niveles encima de los exigidos por la norma.

#### **15.2.4. A 4600 r.p.m.**

El análisis que realizamos nos indica que cuando el motor funciona a estas revoluciones el 20 % de las series está por encima de los valores permitidos. Los cuales no se encuentra con valores relativamente altos, más bien el nivel de emisiones están muy cercanos a los valores indicados por la norma.

#### **15.2.5. A 5100 r.p.m.**

Los índices en el cual el motor tiene el 30 % de las series con niveles mayores que los establecidos por la norma, por lo cual vemos que las emisiones de monóxidos de carbonos comienzan a incrementarse, debiendo tomar estos datos para el análisis final del presente trabajo.

#### **15.2.6. A 5100 r.p.m.**

En esta relación de giro del motor se tiene un 40 % de las mediciones sobrepasa los niveles permitidos por la norma.

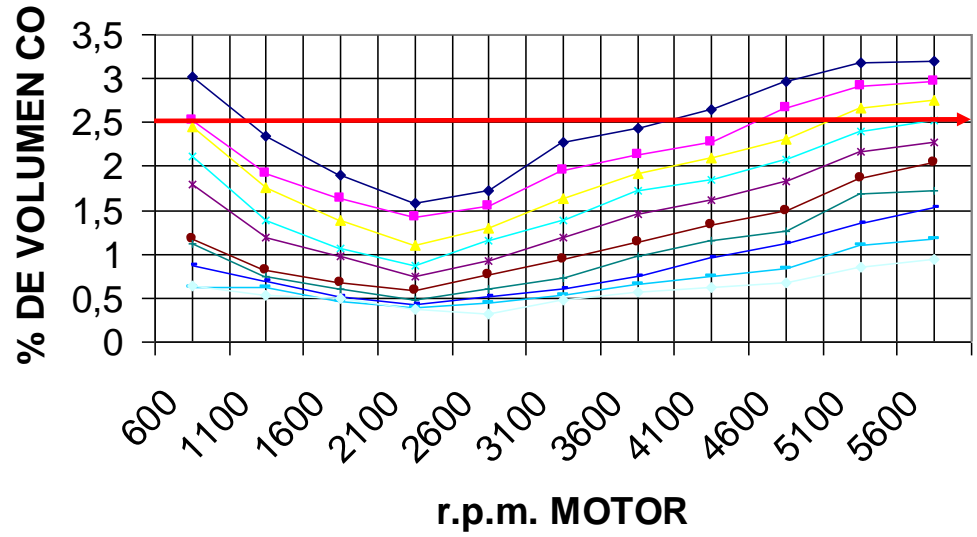
Podemos observar que en las emisiones de monóxido de carbono el motor funcionando en altura tiene un comportamiento mucho más estable en relación a la producción de gases de hidrocarburos no quemados, y el rango donde las emisiones de gases encima de la norma son menores en relación a los hidrocarburos no quemados.

La forma en la cual les presentamos este análisis efectuado, es a través de la tabulación de todas las series y a las distintas r.p.m. de funcionamiento del motor por medio de graficas.

La flecha (roja) indica el límite de emisiones permitidas por las normas bolivianas.

<b>MEDICION DE GASES CONTAMINANTES HC Y CO</b>											
<b>MOTOR TOYOTA 5A</b>											
<b>TEMPERATURA</b> MOTOR: 170 °C			<b>TEMPERATURA MEDIO</b> AMBIENTE: 14,5 °C						<b>HORA:</b> 10:00 a 13:30		
<b>PRESION</b> ATMOSFERICA: 663 mb			<b>EVALUADOR:</b> Lic. Walter Calvimontes Delgadillo								
<b>tabla de emisión de monóxidos de carbón (CO) - % DE VOLUMEN.</b>											
	600	1100	1600	2100	2600	3100	3600	4100	4600	5100	5600
serie 10	3,02	2,35	1,9	1,59	1,72	2,27	2,44	2,64	2,96	3,18	3,19
serie 9	2,53	1,91	1,64	1,43	1,54	1,95	2,13	2,27	2,66	2,92	2,97
serie 8	2,45	1,76	1,39	1,1	1,29	1,63	1,92	2,09	2,31	2,67	2,76
serie 7	2,12	1,38	1,06	0,87	1,16	1,38	1,72	1,85	2,08	2,39	2,52
serie 6	1,79	1,19	0,97	0,74	0,92	1,19	1,46	1,62	1,83	2,16	2,28
serie 5	1,18	0,82	0,68	0,59	0,76	0,94	1,13	1,34	1,49	1,86	2,05
serie 4	1,12	0,74	0,61	0,48	0,61	0,72	0,98	1,16	1,26	1,69	1,72
serie 3	0,87	0,69	0,52	0,43	0,52	0,61	0,74	0,96	1,12	1,35	1,53
serie 2	0,62	0,63	0,47	0,39	0,45	0,53	0,66	0,75	0,84	1,11	1,18
serie 1	0,64	0,54	0,49	0,38	0,32	0,48	0,56	0,63	0,67	0,86	0,94

## TABLA GENERAL DE CO



## 16. CONCLUSIONES

Las conclusiones que podemos obtener del trabajo efectuado son las siguientes:

### 16.1. Rango de funcionamiento del motor

Efectuando un análisis de las emisiones de gases del motor podemos indicar que se ve claramente un segmento dentro del funcionamiento del motor donde las emisiones de gases contaminantes (monóxidos de carbono y de hidrocarburos no quemados), se encuentra en el rango ideal de funcionamiento del motor, siendo estos rangos de:

Minimas r.p.m. de operación	2600 r.p.m..
Máximas r.p.m. de operación	4600 r.p.m..

En este nivel de r.p.m. de funcionamiento del motor las emisiones de gases de escape del motor fueron las mas reducidas encontrandose dentro de los parametros aceptables de emisión de gases en relación a las normas establecidas en nuestro pais.

Se recomienda que en lo posible los motores en altura funcionen dentro de estos parametros de funcionamiento, para de esta manera disminuir la contaminación ambiental en nuestro pais.

### 16.2. Utilización de sistemas de reducción de emisión de gases de escape

El estudio desarrollado es con el sistema de gases escape libre, donde los sistemas de disminución de contaminantes (catalizador) ha sido extraído.

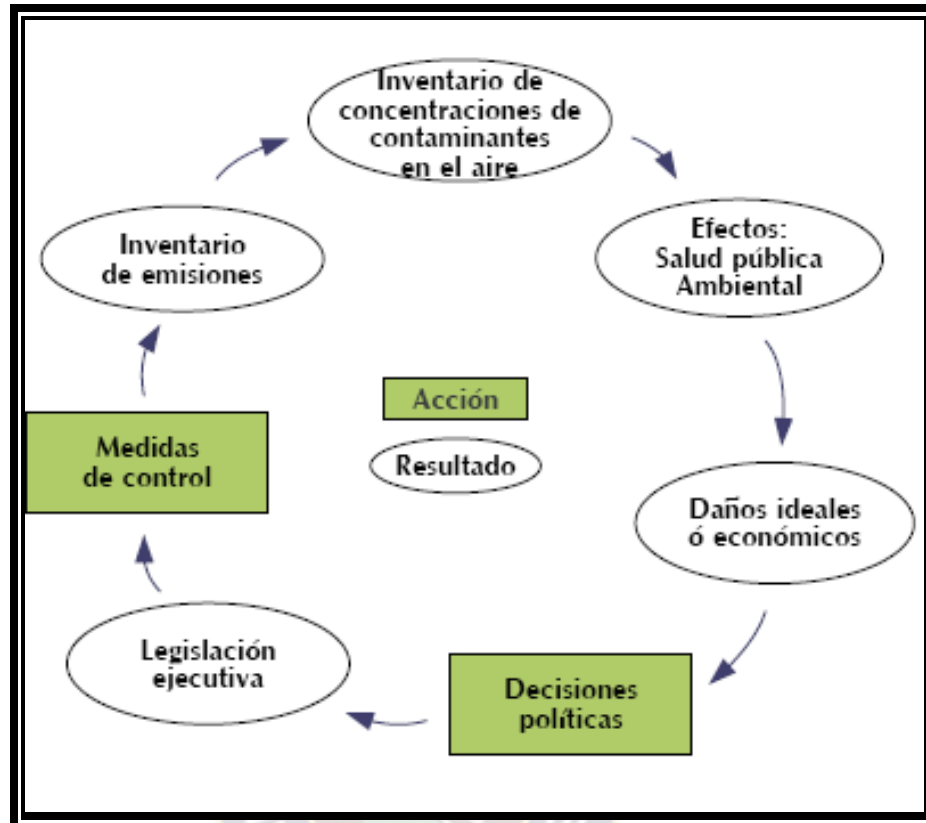
Dentro de las conclusiones podemos indicar que es necesario, que, las autoridades, empresarios y usuarios, tomen conciencia de la necesidad de tener siempre en los vehículos los sistemas de disminución de gases contaminantes (catalizadores) en perfecto estado de funcionamiento.

### **16.3. Control de emisión de gases de escape**

Se debe implementar un sistema de controles de emisiones de gases periódico y de manera obligatoria, para poder verificar el estado de los motores y tener sanciones para aquellos vehículos que no estén dentro de los parámetros establecidos dentro de las normas bolivianas, con la finalidad de tener un aire más limpio en nuestra ciudad.

### **16.4. Calidad del aire**

En el campo del manejo de calidad del aire nuestro país debe comenzar a realizar controles más eficientes, seguros y periódicos para lo cual damos un ciclo simplificado de manejo de calidad del aire.



Ilust. 5 Calidad de Aire

### 16.5. Manejo de calidad del aire

Desarrollar tecnología de control de contaminación apropiada, en base a evaluación de riesgo e investigación epidemiológica para la introducción de procesos de producción ambientalmente sólidos y de un transporte de masas apropiado y seguro.

Desarrollar capacidades de control de contaminación del aire en grandes ciudades, enfatizando la aplicación de programas y usando redes de monitoreo apropiadamente.

Diez años después de Río, la Cumbre Mundial en Desarrollo Sustentable (WSSD) reconoció el problema de la contaminación del aire en la Sección IV 39 de su Plan de Implementación del WSSD, que solicita a los Estados de:

- Promover la cooperación en los planos internacional, regional y nacional para reducir la contaminación atmosférica, incluida la contaminación atmosférica transfronteriza, los depósitos ácidos y el agotamiento del ozono teniendo en cuenta los principios de Río como el de que, en vista de que han contribuido en distinta medida a la degradación del medioambiente mundial, los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas, adoptando medidas en todos los planos encaminadas a:
  - Potenciar la capacidad de los países en desarrollo y los países de economía en transición para medir, reducir y evaluar los efectos de la contaminación atmosférica, incluidos los efectos en la salud, y prestar apoyo financiero y técnico a esas actividades (WSSD 2002)”



## 17. SUGERENCIAS

### Control de las emisiones de los vehículos

Los motores de camiones y automóviles son fuente muy importante de varios contaminantes. Para reducir las emisiones conviene emplear medidas tanto de prevención como de limpieza de los gases emitidos por el motor antes de que salgan a la atmósfera.

Entre las medidas de prevención tenemos:

- Utilizar más los transportes públicos, la bicicleta o ir caminando.
- Usar motores con tecnologías poco contaminantes, por ejemplo, motores que funcionan con hidrógeno, o eléctricos.
- Sustituir los combustibles actuales por combustibles menos contaminantes, por ejemplo, gas natural, alcoholes, hidrógeno, etc.
- Mejorar la eficiencia de los motores para que se puedan hacer más kilómetros con menos litros de combustible. Existen ya prototipos que hacen entre 25 y 50 km (y algunos más) por litro de combustible y que podrían suponer un gran ahorro. Estos automóviles tienen unas prestaciones de velocidad, aceleración, potencia, etc. suficientes para una utilización normal, pero criterios comerciales y falta de decisión por parte de los gobiernos para apoyar este tipo de tecnologías frenan su implantación.
- Modificar el motor para que se reduzcan sus emisiones. En los motores actuales las emisiones de monóxido de nitrógeno e hidrocarburos se reducen a base de usar una mezcla de gasolina con exceso de aire, pero con la contrapartida de que con este tipo de mezcla aumentan las emisiones de óxidos de nitrógeno. Se está trabajando en el desarrollo de un nuevo motor que queme una mezcla pobre (con

exceso de aire en relación a la gasolina) pero que reduzca las emisiones de óxidos de nitrógeno en un 70% u 80%

- Aumentar las tarifas e impuestos que deben pagar los coches más contaminantes o incentivar su cambio por otros nuevos.
- Poner impuestos a los automóviles nuevos proporcionales a los contaminantes que emitan. Esto impulsaría a los utilitarios de automóviles a reducir las emisiones y animaría a los compradores a adquirir vehículos menos contaminantes. También se podría dar incentivos económicos a los dueños de coches que contaminen poco y consuman poca gasolina, mientras se grava más a los muy contaminadores o consumidores de gasolina.
- Crear zonas peatonales en el centro de las ciudades y, en general, restringir la circulación de vehículos particulares en algunas zonas de las ciudades.
- Obligatoriedad del uso de catalizadores, entre las medidas de limpieza de los gases que expulsa el motor la más usual es el filtro catalítico. Es un mecanismo que se coloca en la zona de escape de los gases que emite el motor de un coche. A través de reacciones catalizadas por platino u otras sustancias, disminuye las emisiones de estos gases y las hace menos peligrosas. Para que mantenga su eficacia el motor debe tener una buena puesta a punto y hay que observar una serie de normas que especifican los fabricantes para no envenenar el filtro e inutilizarlo

Esta implantación de medidas tendrá un significativo impacto en la contaminación del aire en nuestras ciudades que repercutirá en la salud humana como está dentro del desarrollo sustentable que tienen los países industrializados que establece:

- Reducir las enfermedades respiratorias y otros efectos en la salud de la contaminación atmosférica, prestando especial atención a las mujeres y los niños, mediante:

- El fortalecimiento de programas regionales y nacionales, incluso mediante asociaciones del sector público y el sector privado, y asistencia técnica y financiera para los países en desarrollo.
  - El apoyo para la eliminación gradual del plomo en la gasolina.
  - El fortalecimiento y el apoyo a los esfuerzos para reducir las emisiones de gas, mediante el uso de combustibles más limpios y técnicas modernas de lucha contra la contaminación.
- Eliminar totalmente el plomo de las gasolinas utilizadas, efectuando controles periódicos a las empresas pertinentes de la aplicación de esta medida, para proteger a los seres humanos que están expuestos a estos gases contaminantes emitidos por los motores, para prevenir, en particular, el contacto de los niños con el plomo y mejorar los esfuerzos de vigilancia y supervisión y el tratamiento del saturnismo
  - Nuestro país en desarrollo como en países desarrollados, están obligados a implementar estrategias de gestión de calidad del aire, para manejar el deterioro en la calidad del aire, asociado con los altos niveles de crecimiento de la población, urbanización, actividad industrial y uso de vehículos motorizados.

## 18. BIBLIOGRAFIA

- a. Davies R, Buss DC, Routledge PA. Monóxido de Carbono. En: Manual de Toxicología Básica. Mencías E, Mayero LM. Madrid: Editorial Díaz de Santos; 2000. pp 593-595.
- b. Organización Panamericana de la Salud [Internet]. Contaminación ambiental. Disponible en: <http://www.paho.org> Consultado Enero 2005.
- c. Córdoba D, Ramos JI. Monóxido de Carbono. En: Toxicología. Córdoba D. 4º edición. Bogotá: Editorial el Manual Moderno; 2001. pp. 313-315.
- d. Gómez J, Valcarce F. Tóxicos detectados en muertes relacionadas con fuegos e intoxicaciones por monóxido de carbono. Rev. Toxicol. 2003; 20:38-42.
- e. U.S Environmental Protection Agency. National air quality 2001 status and trends. Carbon Monoxide; 2001.
- f. Consejo Nacional del Medio Ambiente de Chile [Internet]. Disponible en: <http://www.conama.cl>. Consultado Enero 2005.
- g. Sistema de Información del Medio Ambiente de México [Internet]. Índice metropolitano de calidad del aire. Disponible en: <http://www.sima.com.mx/> Consultado Enero 2005.
- h. Universidade Federal de Santa Catarina [Internet]. Caderno digital de informa?ao sobre energía, ambiente e desenvolvimento. Disponible en: <http://www.guiafloripa.com.br>. Consultado Enero 2005
- i. Chaparro LR, Cuervo MP, Gómez J, Toro MA. Emisiones al ambiente en Colombia. En: El medio ambiente en Colombia. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM;2001. pp. 530-542.
- j. Departamento Administrativo del Medio Ambiente-DAMA [Internet]. Informe del día sin carro en Bogotá. Disponible en: <http://www.dama.gov.co> Consultado Enero de 2005.

- k. Omaye ST Metabolic modulation of carbon monoxide toxicity. *Toxicology* 2002; 180:139-150.
- l. Portoles A, Algarra J, Tarquis P, Vargas E, Jiménez de Diego L. Intoxicación por monóxido de carbono a propósito de 13 casos. *Rev. Clin. Esp.* 1982; 191:317-319.
- m. Dueñas A, Ruiz-Mambrilla M, Gandía F, Cerda R, Escudero JC, Pérez J, Díaz G. Epidemiology of acute carbon monoxide poisoning in a Spanish Region. *Clinical Toxicology* 2001; 39(1):53-57.
- n. Raud JA, Mathieu-Wolf M, Hampson NB, Thom SR. Carbon monoxide poisoning a public health perspective. *Toxicology* 2000; 145(1):1-14.
- o. Ladrón de Guevara J, Moya V. Carbono y sus compuestos inorgánicos. En: *Toxicología Médica y Laboral*. Ed. Panamericana. McGraw-Hill; 1995 pp. 196-204.
- p. Piantadosi CA. Carbon monoxide poisoning. *New England Journal Medicine* 2002; 347(14):1054-1055.
- q. Crespo JM, Sesar A, Misa MJ, Requena I, Arias M. Pseudomigraña como manifestación de intoxicación por monóxido de carbono. *Rev Neurol.* 2001; 32 (11): 1047.
- r. Ares B, Casais JL, Dapena D, Lema M, Prieto JM. Cefalea secundaria a intoxicación por monóxido de carbono. *Rev Neurol.* 2001; 32 (4): 339-341.
- s. Amitai Y, Zlotogorski Z, Golan-Katsav V, Wexler A, Gross D. Neuropsychological impairment from acute low-level exposure to carbon monoxide. *Archives neurol.* 1998; 55(6): 845-848.
- t. Sherral D, Shalene K, Carole P and Roberta W. MRI and neuropsychological correlates of carbon monoxide exposure: a case report. *Environmental Health Perspectives*, 2002, 110(10): 1051-1055
- u. Miro O, Cardellach F, Alonso JR, Casademont J. Physiopathology of acute carbon monoxide poisoning. *Med. Clin.* 2000, 114(17):678

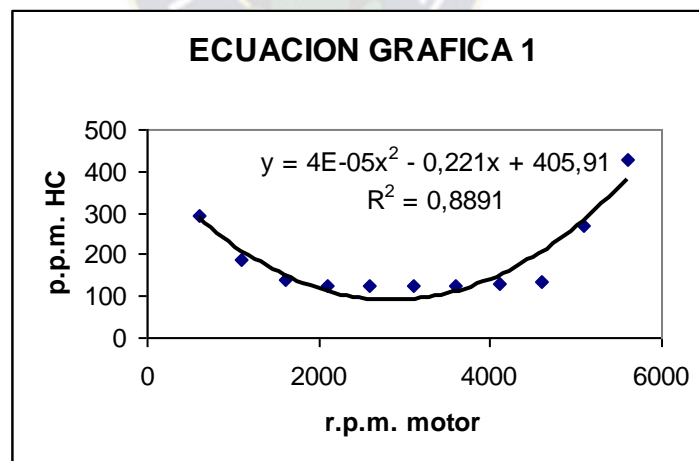
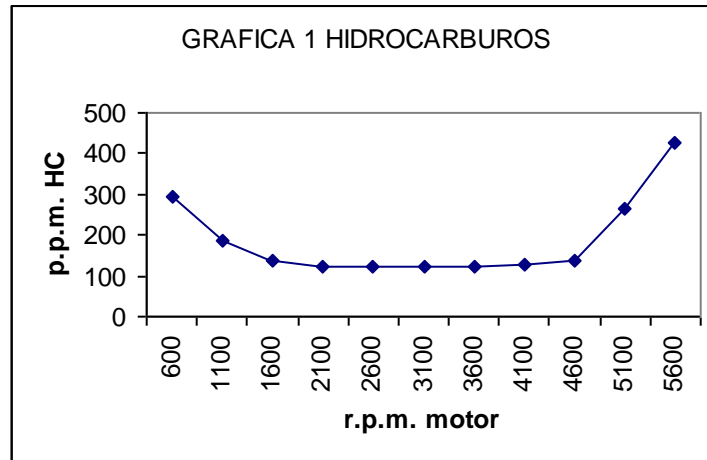
- v. Sohn Y, Jeong Y, Kim H, Kim JS. The brain lesion responsible for parkinsonism after carbon monoxide poisoning. *Arch Neurol.* 2000; 57: 1214-1218.
- w. Venegas-Franeke P, Miranda M, Delgado C. Encefalopatía retardada por monóxido de carbono. *Rev Neurol.* 2001; 33 (10): 996-997.
- x. Barbe C, Rochetaing A, Creer P, Cardiovascular effects subchronically low/high carbon monoxide exposure in rats. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 1999; 8:23-31.
- y. Martín JC, Boubert P, Zerbib D, Conso F. [Internet]. Intoxication par l'oxyde de carbone d'origine professionnelle. Disponible en : <http://www.univ-paris1.fr/> Consultado Abril 2005.
- z. Gandini C, Castoldi A, Candura S, Locatelli C, Butera R, Priori S, Manzo L. Carbon monoxide cardiotoxicity. *Clinical Toxicology* 2001; 39(1): 35-44.
- aa. Gandini C, Castoldi A, Candura S, Priori S, Locatelli C, Butera R, Ballet C, Manzo L. Cardiac damage in pediatric carbon monoxide poisoning. *Clinical Toxicology* 2001; 39(1): 45-51.
- bb. Koskela R-S, Mutanen P, Sorsa J-A, Klockars M. Factor predictive of ischemic heart disease mortality in foundry workers exposed to carbon monoxide. *American Journal of Epidemiology* 2000; 152(7): 628-632.
- cc. Environmental Protection Agency. USA. Carbon monoxide and nervous system; 2004.
- dd. Raud JA, and Benignus VA. Carbon monoxide and the nervous system. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 2002; 26(8):925-940.
- ee. McCunney R. Clinical applications of biomarkers in Occupational Medicine. In: *Biomarkers and Occupational Health: progress and perspectives*; United States: The National Academy of Sciences;1995.
- ff. World Health Organization. Environmental Health Criteria 22. Biomarkers and Risk assessment: concepts and principles. Geneva;1993.

## 19. ANEXOS

### 19.1. **GRAFICAS DE LAS SERIES DE HIDROCARBUROS**

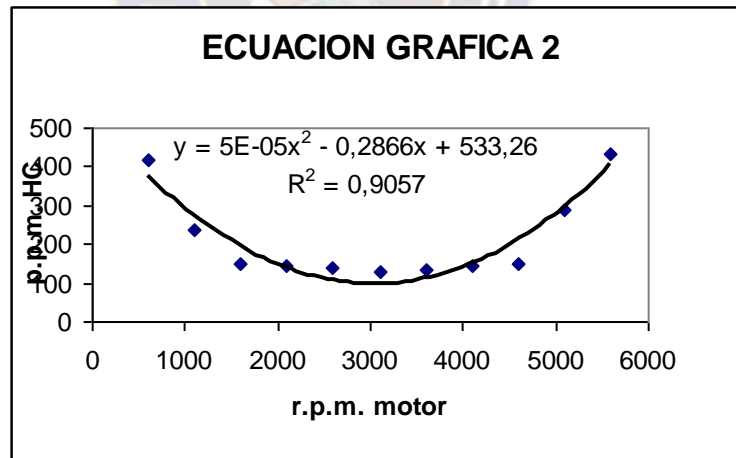
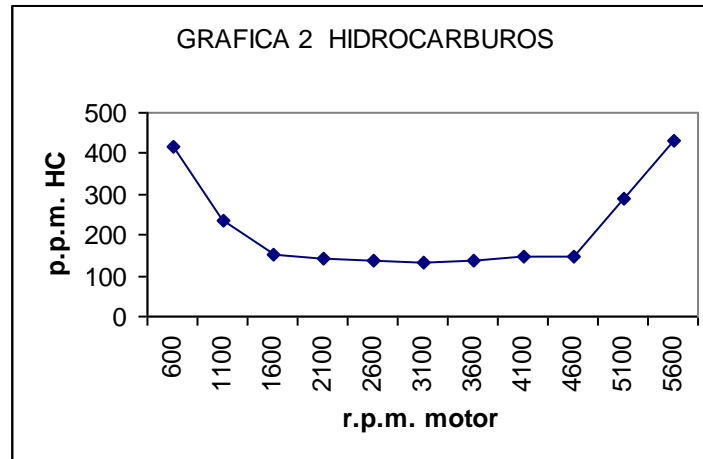


### 19.1.1. Graficas de Hidrocarburos serie 1

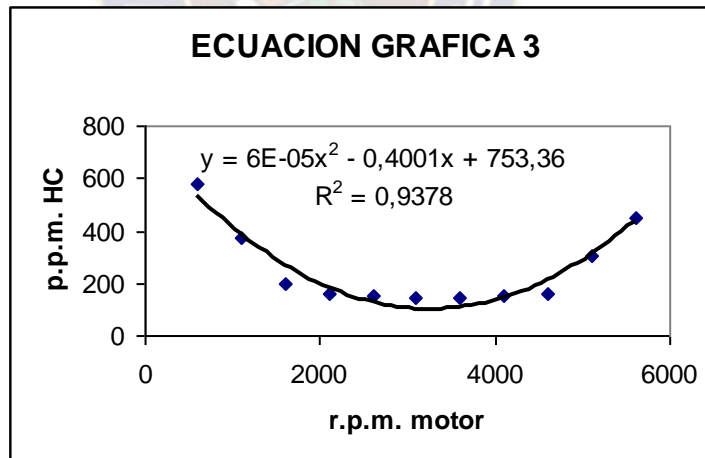
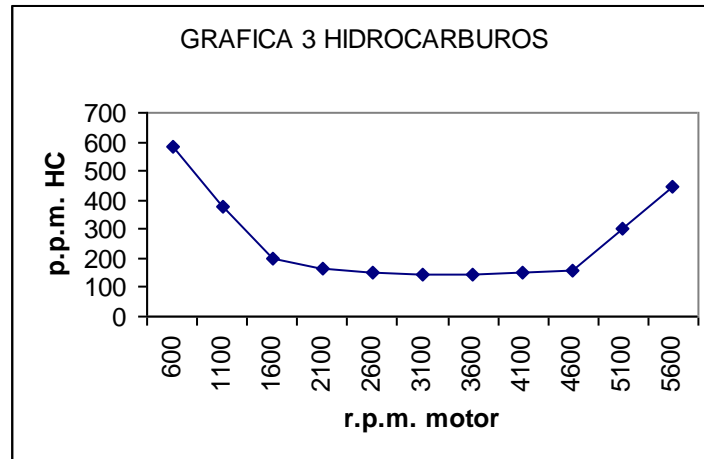




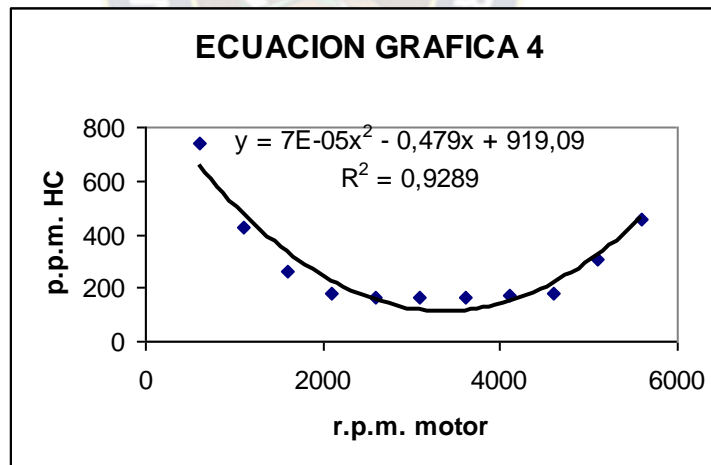
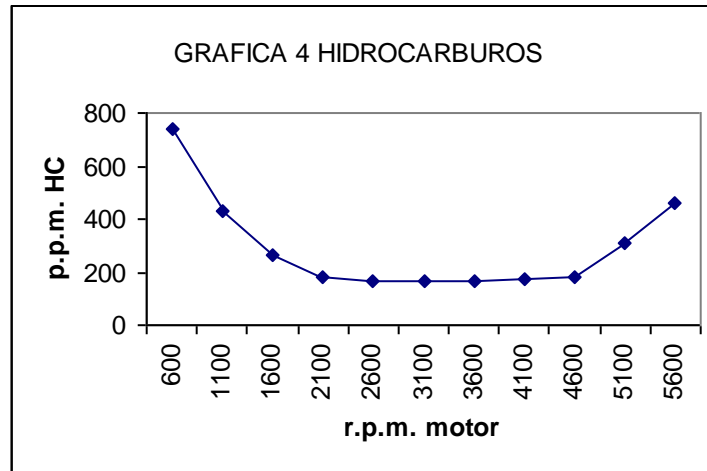
### 19.1.2. Graficas de Hidrocarburos serie 2



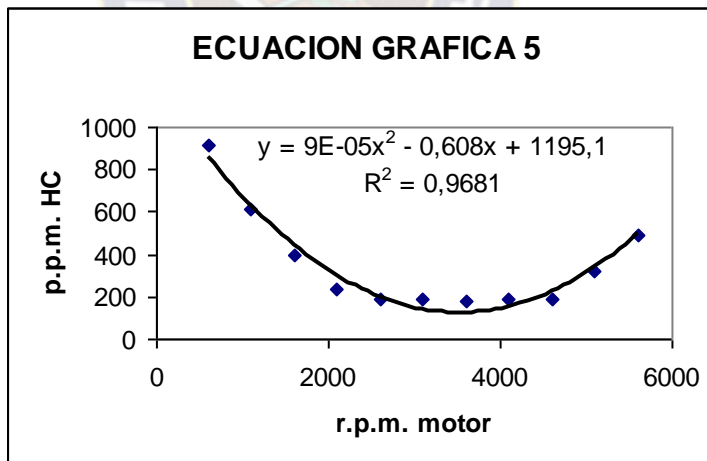
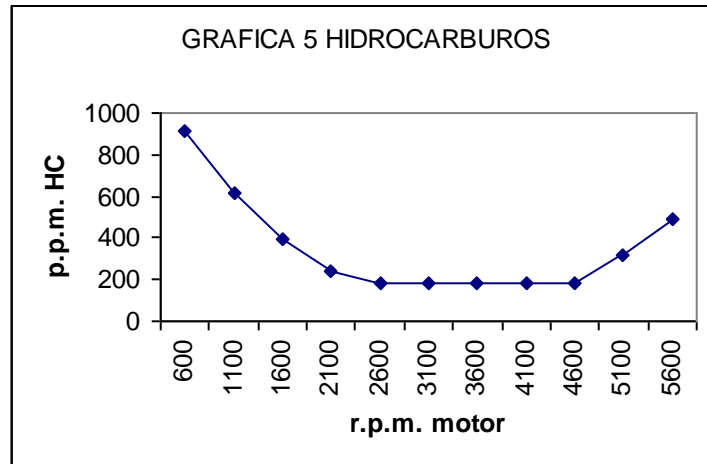
### 19.1.3. Graficas de Hidrocarburos serie 3



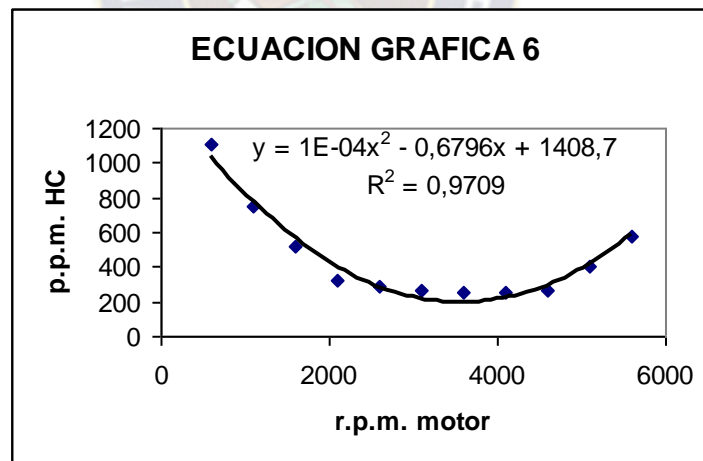
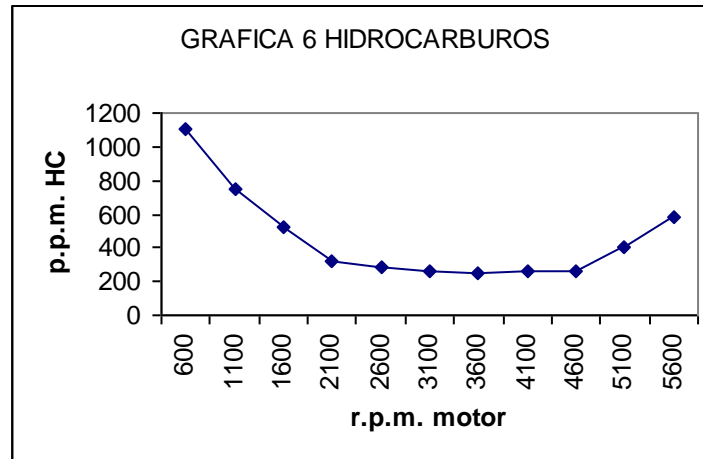
### 19.1.4. Graficas de Hidrocarburos serie 4



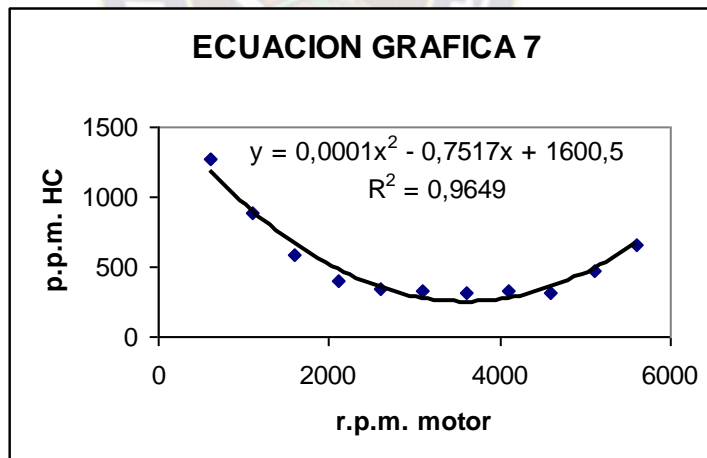
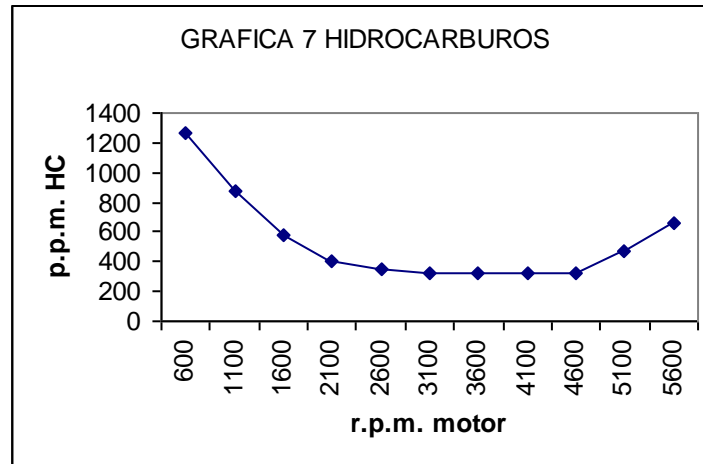
### 19.1.5. Graficas de Hidrocarburos serie 5



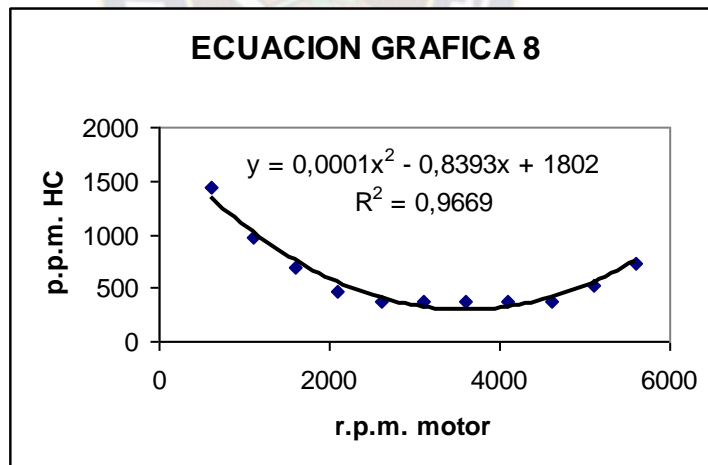
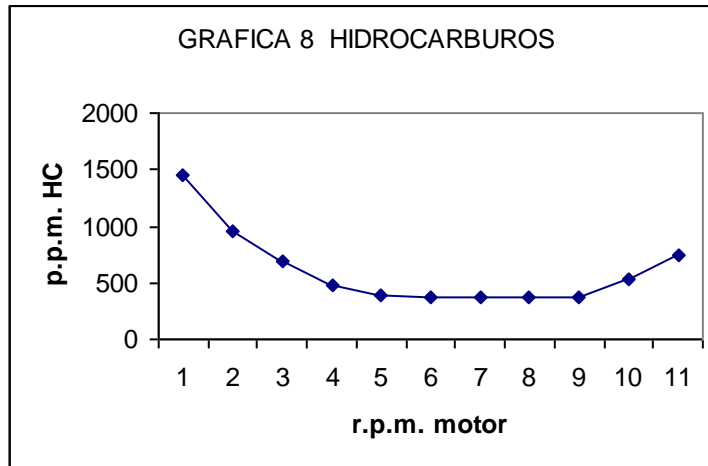
### 19.1.6. Graficas de Hidrocarburos serie 6



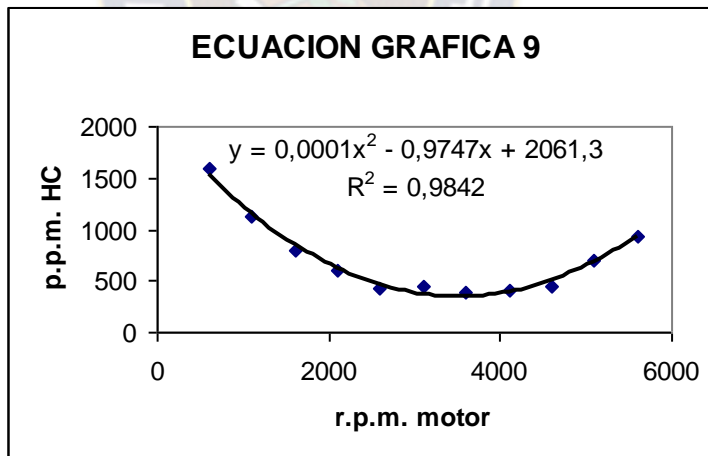
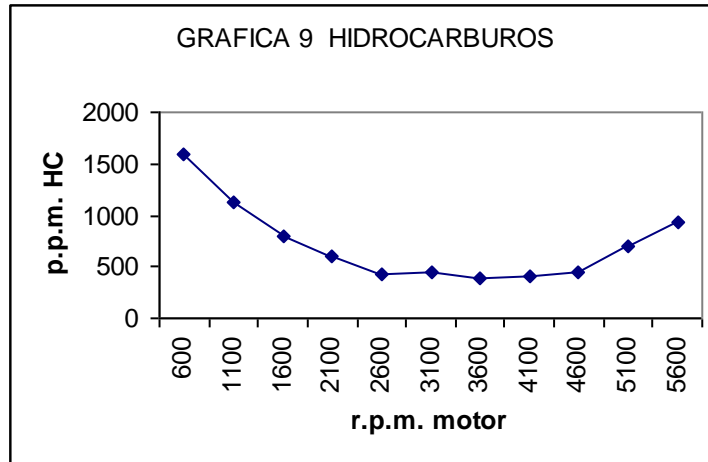
### 19.1.7. Graficas de Hidrocarburos serie 7



### 19.1.8. Graficas de Hidrocarburos serie 8

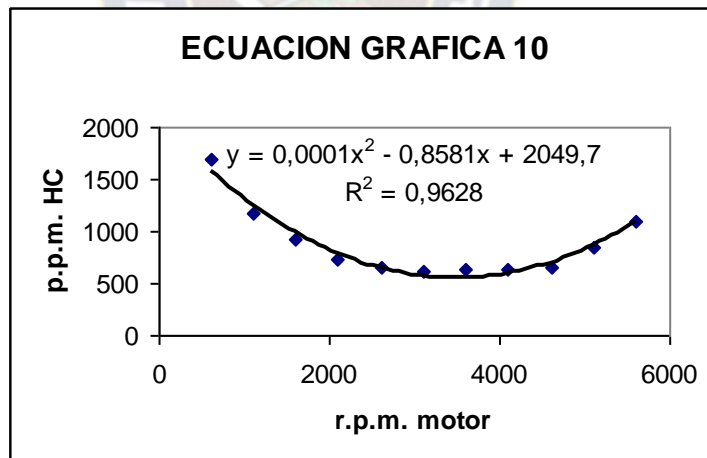
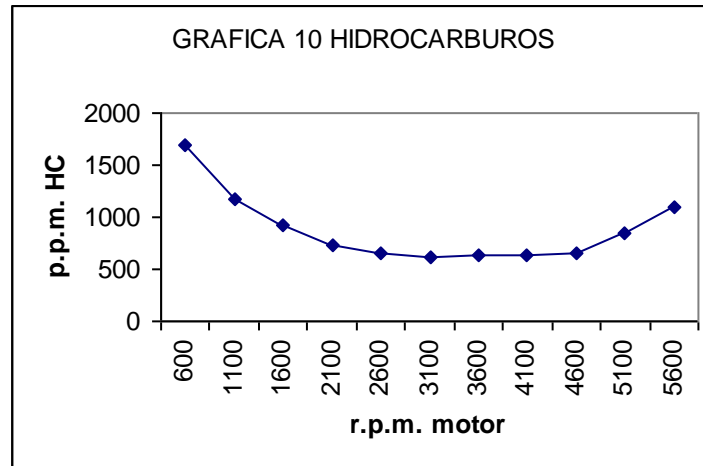


### 19.1.9. Graficas de Hidrocarburos serie 9





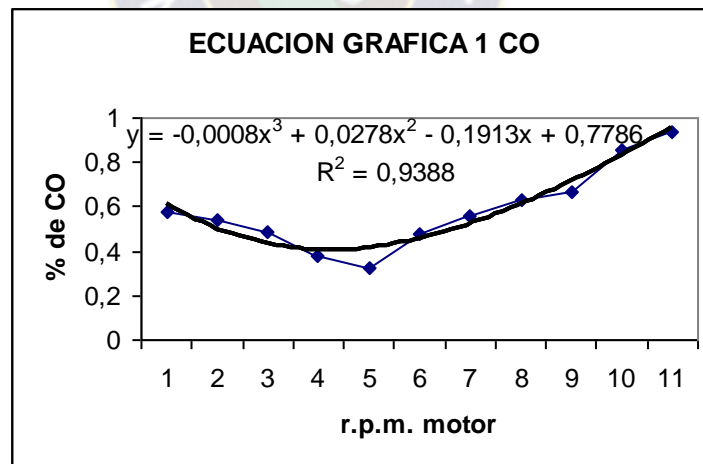
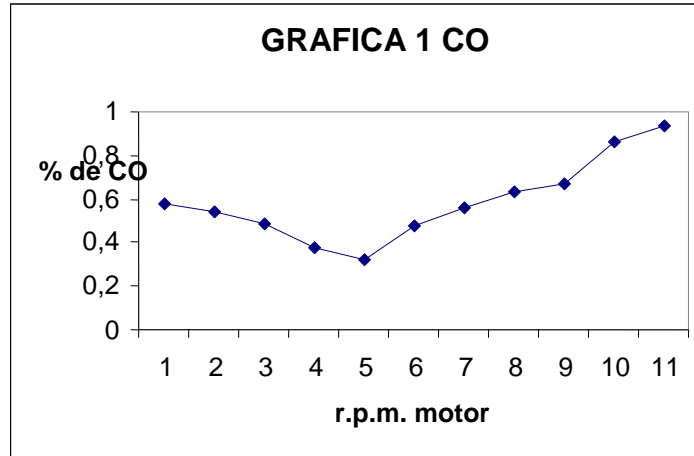
### 19.1.10. Graficas de Hidrocarburos serie 10



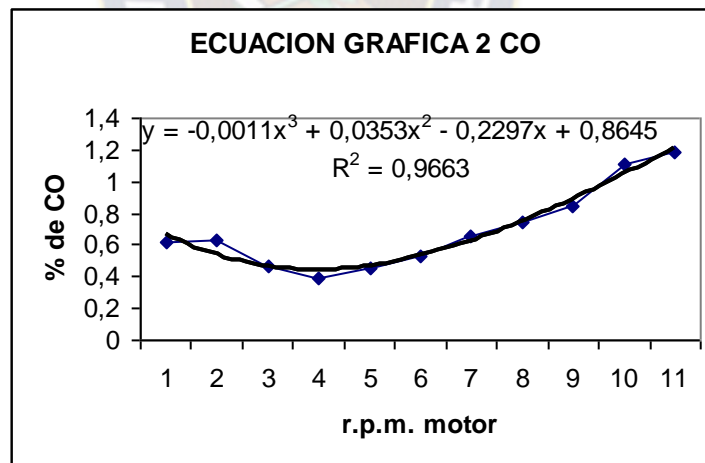
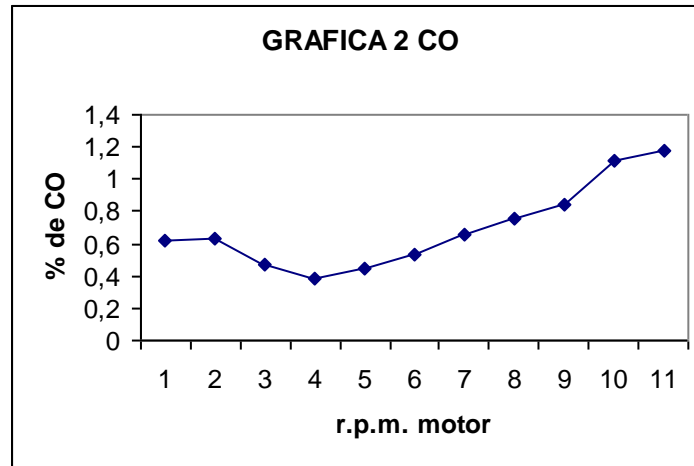
**19.2. Graficas de Monoxido de Carbono**



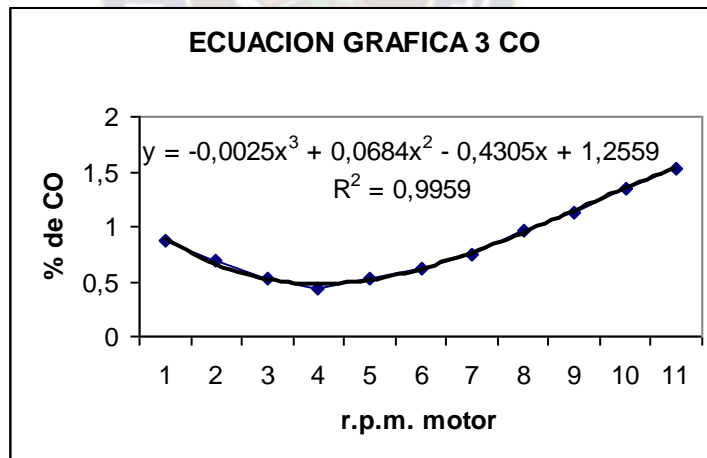
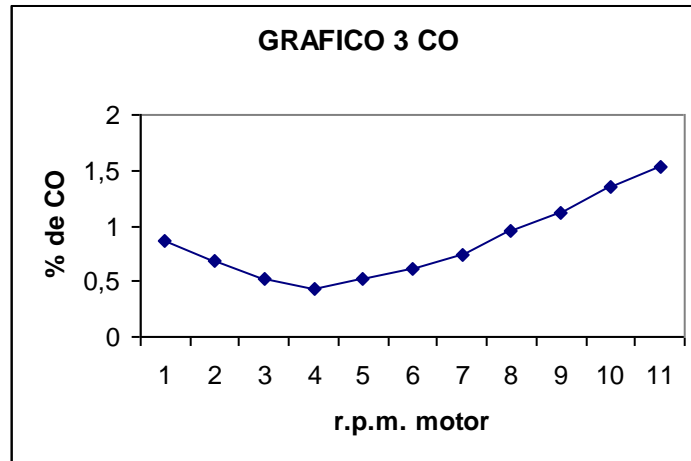
### 19.2.1. Graficas de Monoxido de Carbono serie 1



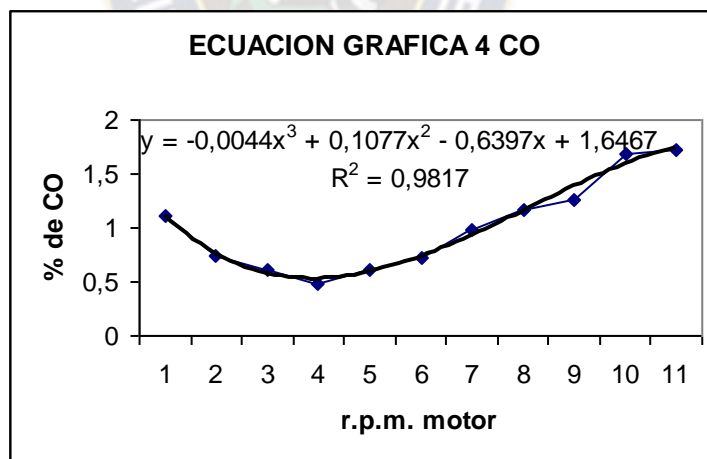
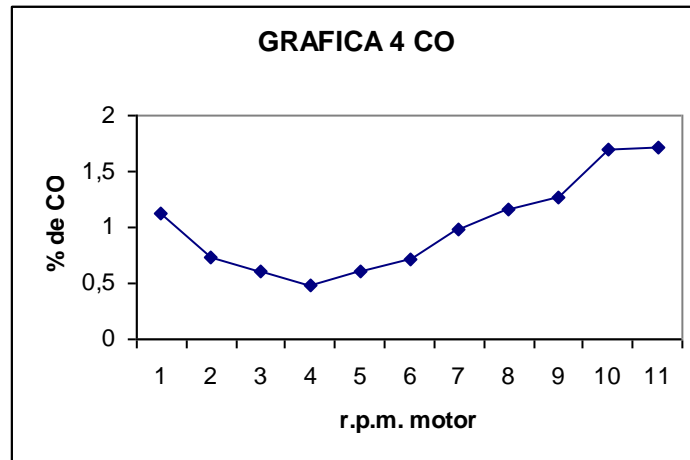
### 19.2.2. Graficas de Monoxido de Carbono serie 2



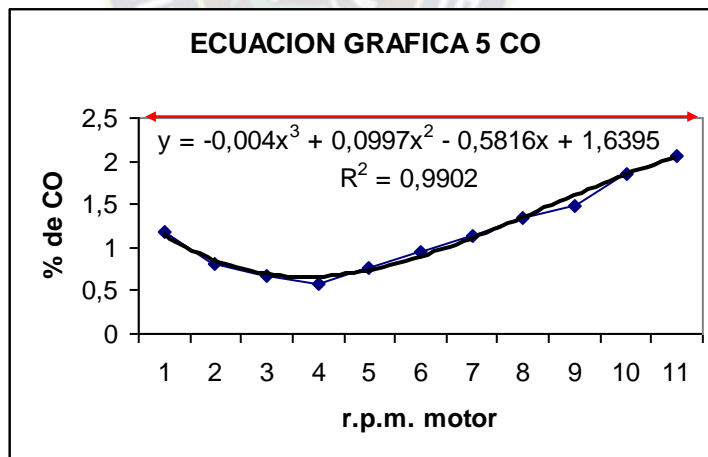
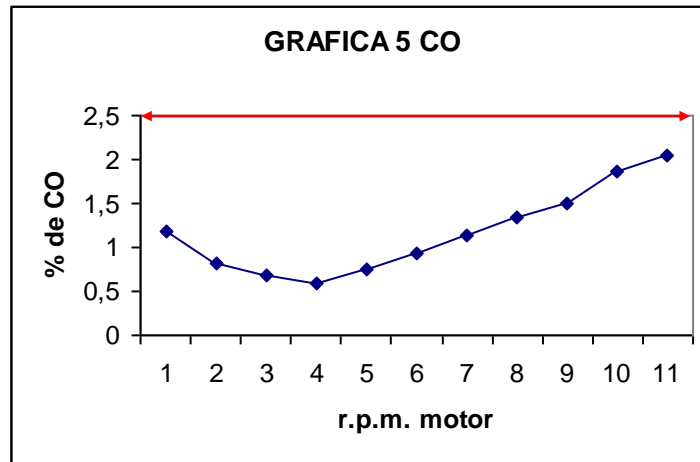
### 19.2.3. Graficas de Monoxido de Carbono serie 3



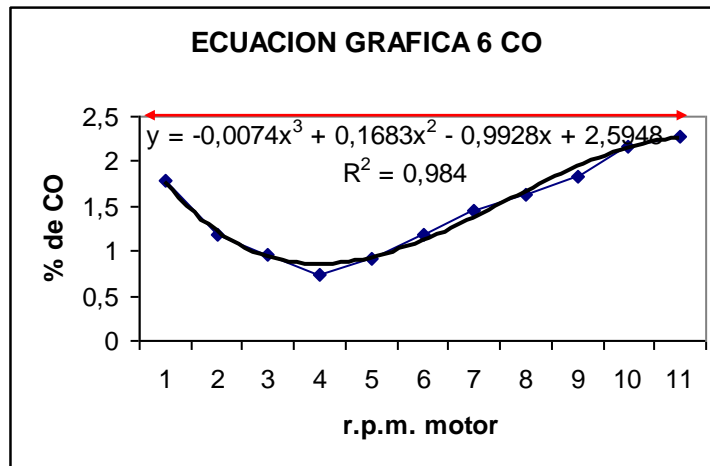
#### 19.2.4. Graficas de Monoxido de Carbono serie 4



### 19.2.5. Graficas de Monoxido de Carbono serie 5

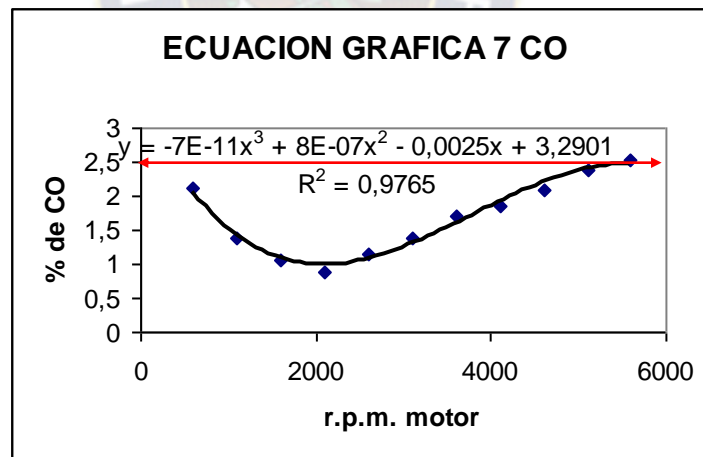
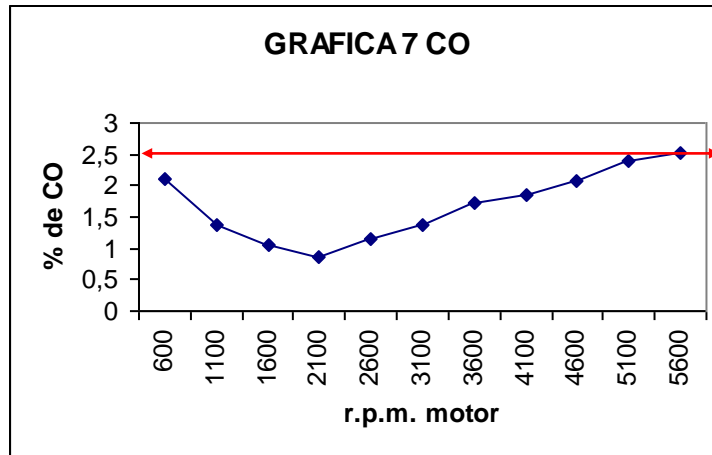


### 19.2.6. Graficas de Monoxido de Carbono serie 6

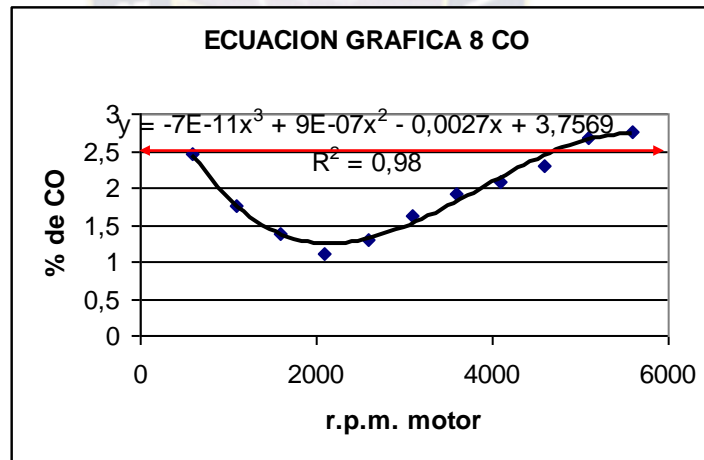
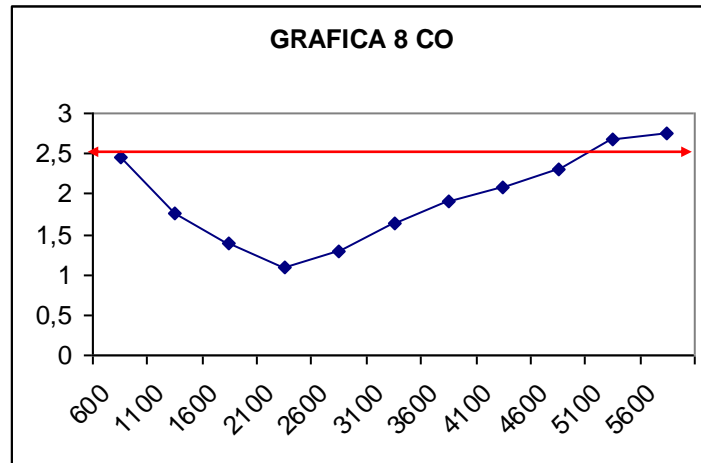




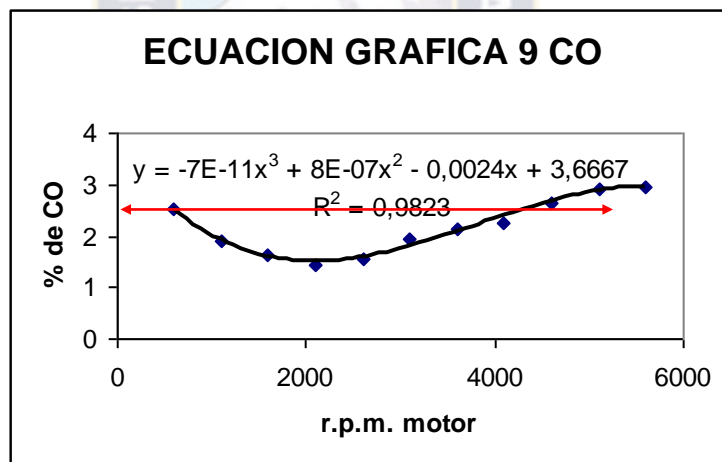
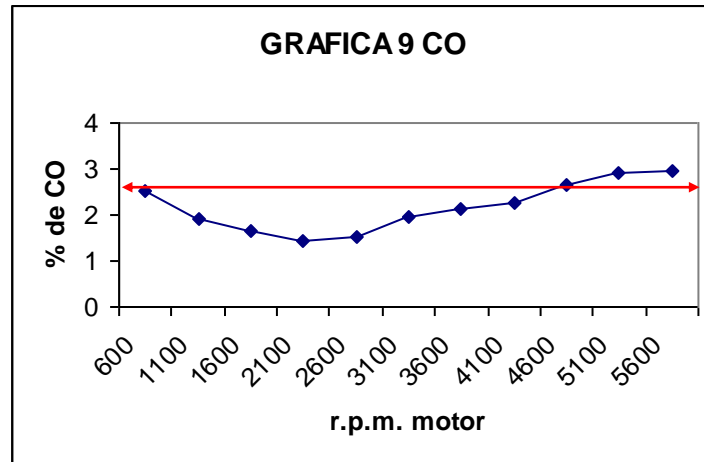
### 19.2.7. Graficas de Monoxido de Carbono serie 7



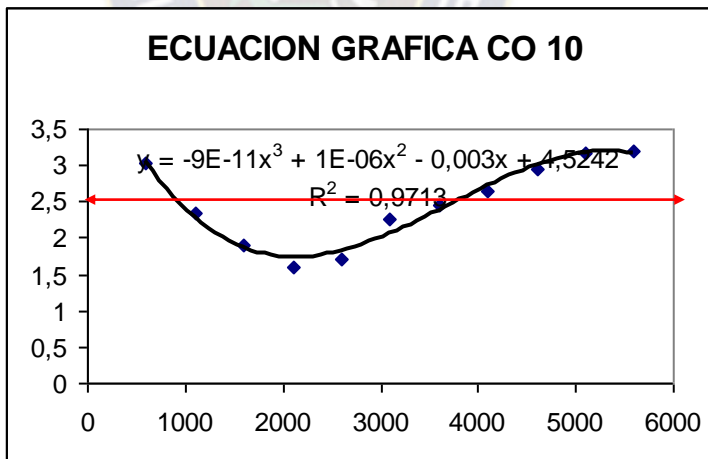
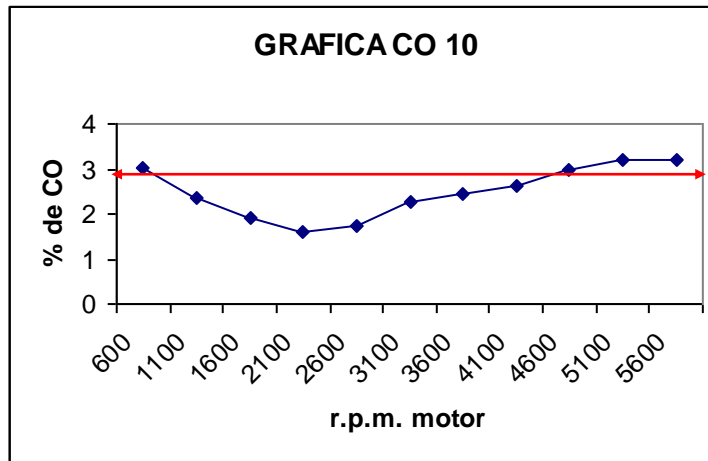
### 19.2.8. Graficas de Monoxido de Carbono serie 8



### 19.2.9. Graficas de Monoxido de Carbono serie 9



### 19.2.10. Graficas de Monoxido de Carbono serie 10



### 19.3. Resumen tipos de contaminantes

Tipo de Motor	Tipo de combustible	Tipo de vehículo	Principales emisiones*
4 tiempos	Gasolina	automóviles (también camiones, aviones, motocicletas)	HC, CO, NO <sub>x</sub>
Diesel	Diesel	Camiones, buses, tractores (también automóviles)	NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , hollín, partículas
2 tiempos	Gasolina/mezcla de aceite	Motocicletas, motores fuera de borda	HC, CO, partículas
Turbina a gas	Jet	Aviones, aplicaciones en la marina	NO <sub>x</sub> , partículas

Transporte sostenible: Texto de Referencia para Formuladores de Políticas Públicas en Ciudades en Desarrollo



## 19.4. Contaminación del aire, efectos y recomendaciones de la OMS

CONTAMINANTE	FUENTES PRINCIPALES	EFFECTOS	DIRECTRICES PARA LA SALUD (OMS 2002a)
Monóxido de Carbono (CO)	Gases de escape de vehículos motorizados; algunos procesos industriales	Venenosos para humanos al ser inhalados. CO reduce la capacidad de la sangre para llevar oxígeno y aumenta la presión del corazón y los pulmones	10 mg/m <sup>3</sup> (10 ppm) sobre 8 hr; 30 mg/m <sup>3</sup> sobre 1 hr (30'000 µg/m <sup>3</sup> )
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Contribución menor de fuentes móviles. Generadoras de calor y de electricidad que usan petróleo o carbón con azufre, plantas de ácido sulfúrico	Irritante para humanos, SO <sub>2</sub> compromete reacciones atmosféricas para contribuir a la lluvia ácida	125 µg/m <sup>3</sup> sobre 24 hr; 500 µg/m <sup>3</sup> sobre 10 min
Material Particulado MP <sub>10</sub>	Suelo, espuma oceánica, quema de matorrales, quemas domésticas, vehículos motorizados, procesos industriales y polvo orgánico de material vegetal	Contribuye a la bruma, aumenta el riesgo de cáncer, efectos en la mortalidad, agrava enfermedades respiratorias	La información disponible no indica en que bajas concentraciones no deben esperarse efectos. Por esta razón no hay valores recomendados a corto plazo para concentraciones promedio
Plomo (Pb)	Adicionado a algunos combustibles, Pb es emitido desde los gases de escape de vehículos motorizados; fundiciones de plomo; plantas de batería	Afecta el desarrollo intelectual en niños; muchos otros efectos adversos	0,5 µg/m <sup>3</sup> en un año
Óxidos de Nitrógeno (NO, NO <sub>2</sub> )	Un efecto secundario en combustión en altas temperaturas provocando cadenas de nitrógeno y oxígeno en los gases de escape de vehículos; generación de electricidad y calor; ácido nítrico; explosivos; plantas de fertilizantes	Irritante, precursor de la formación del smog fotoquímico	200 µg/m <sup>3</sup> sobre 1 hr para NO <sub>2</sub>
Oxidantes fotoquímicos (principalmente ozono [O <sub>3</sub> ]; también nitrato de peróxido acetilo [PAN] y aldehídos)	Formados en la atmósfera por la reacción de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y luz solar	Un irritante, oxidante fotoquímico, contribuye a la bruma, daños materiales, agrava las enfermedades respiratorias	120 µg/m <sup>3</sup> sobre 8 hrs

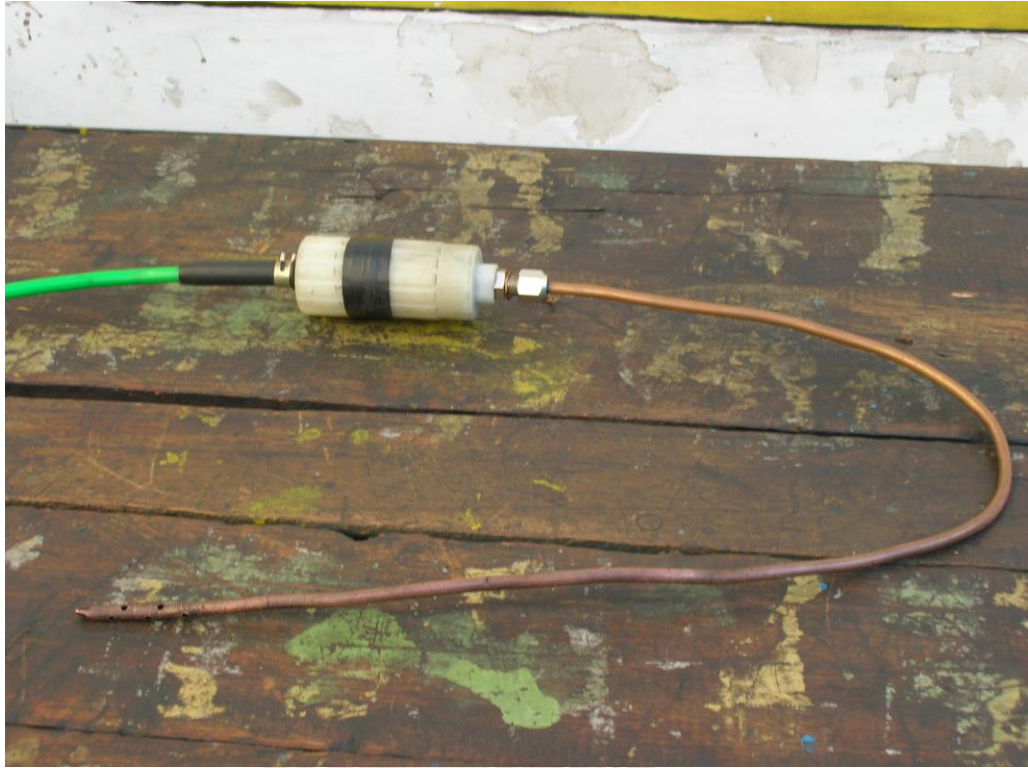


## 19.5. Instrumentos y equipos utilizados

### 19.5.1. Analizador Rikken



**19.5.2. Sonda de medicion**





### 19.5.3. Analizador de motor 1



### 19.5.4. Analizador motor 2



### 19.5.5. Estetoscopio mecánico



### 19.5.6. Pistola de punto



### 19.5.7. Compresímetro



### 19.5.8. Calibrador de interiores



### 19.5.9. Torquimetro



### 19.5.10. Micrómetro

