

**DETERMINACION DE FACTORES DE EMISION PARA FUENTES MOVILES A
GASOLINA EN ESTADO DE RALENTÍ GENERADAS EN LA CIUDAD DE
BOGOTA DC.**

ING. RICHARD DIAZ GUERRERO

**Monografía para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental**

Director

ING. PhD EDGAR FERNANDO CASTILLO MONROY

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL

BOGOTA, D.C.

2.005

**DETERMINACION DE FACTORES DE EMISION PARA FUENTES MOVILES A
GASOLINA EN ESTADO DE RALENTÍ GENERADAS EN LA CIUDAD DE
BOGOTA DC.**

ING. RICHARD DIAZ GUERRERO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA QUIMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTA, D.C.**

2.005

Ni la Universidad Industrial de Santander, ni los jurados se hacen responsables de los conceptos expuestos en el presente documento.

Doy gracias a Dios por haber hecho posible el alcanzar una meta más en mi vida. A mis padres por su apoyo incondicional, A Marcela por rescatarme de mi mismo y hacer que viva cada día de mi vida como si fuera el último.

Richard

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Al CEIAM y al DAMA, por su apoyo en la ejecución de este proyecto en cuanto a información y recursos.

Ing. PhD Edgar Fernando Castillo, Director de este proyecto por su colaboración y guía para la elaboración de este trabajo.

Ing. Jesús Miguel Sepúlveda Profesional especialista del DAMA, por su asesoría, contribución y cooperación.

Al diagnosticentro CAR 19 de la ciudad de Bogotá DC, por su colaboración y préstamo de sus instalaciones para el desarrollo de la investigación.

Al tecnólogo ambiental Fernando Vega, quien colaboró en la toma de los datos de campo.

A todos mis compañeros de trabajo que hicieron posible esta odisea.

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	
1. GENERALIDADES.....	1
2. DETERMINACION DE FACTORES DE EMISION PARA FUENTES MOVILES A GASOLINA EN ESTADO DE RALENTÍ GENERADAS EN LA CIUDAD DE BOGOTA DC.....	7
2.1 Procedimientos de recolección y análisis de la información obtenida en campo.....	8
2.1.1 Determinación de tiempos reales en estado ralentí de los automotores que circulan en la ciudad de Bogotá.....	8
2.1.2 Programa de monitoreo para determinar los flujos de salida de los gases emitidos por los vehículos en estado ralentí.....	16
2.1.3 Determinación de las cargas contaminantes para los vehículos en estado ralentí.....	21
2.1.4 Obtención de los índices de emisión para HC, CO y CO ₂ en estado ralentí.....	28
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
BIBLIOGRAFIA	37

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla N. 1 Valores máximos permitidos por la Resolución 160 de 1996 del DAMA.....	6
Tabla N. 2. Control de tiempos en ralentí para vehiculos públicos en hora “pico”..	10
Tabla N. 3. Control de tiempos en ralentí para vehiculos públicos en hora “normal” .	11
Tabla N. 4. Control de tiempos en ralentí para vehiculos particulares en hora “pico” .	12
Tabla N. 5. Control de tiempos en ralentí para vehiculos particulares en hora “normal” .	13
Tabla N. 6. Total de tiempos en velocidad ralentí, para vehiculos públicos en hora normal y hora pico.....	14
Tabla N. 7. Total de tiempos en velocidad ralentí, para vehiculos particulares en hora normal y hora pico.....	15
Tabla N. 8. Datos obtenidos en campo.....	17
Tabla N. 9. Promedios de medidas de campo.....	19
Tabla N. 10. Carga de emisiones contaminantes por año modelo vehicular.....	22
Tabla N. 11. Cargas de HC, CO y CO ₂ por rango de periodos según la resolución 160 de 1996	26
Tabla N. 12. Emisiones finales promediales para los periodos del modelo vehicular	27
Tabla N. 13. Índices de Emisión para HC, CO y CO ₂ en Estado Ralenti dado en Kg / h.....	28
Tabla N. 14. Tasas de emisión calculadas por periodo de tiempo según la Resolución 160 de 1996 del DAMA.	32

LISTA DE GRÁFICAS

	pág
Gráfica N. 1 Carga De HC En Estado Ralenti En mg / m3 Por Año Modelo Vehicular.....	24
Gráfica N. 2 Carga De CO En Estado Ralenti En mg / m3 Por Año Modelo Vehicular.....	24
Gráfica N. 3 Carga De CO ₂ En Estado Ralenti En mg / m3 Por Año Modelo Vehicular.....	25
Gráfica N. 4 Índices De Emisión De HC En Estado Ralenti Según Año Modelo De Los Vehículos.....	30
Gráfica N. 5. Índices De Emisión De CO En Estado Ralenti Según Año Modelo De Los Vehículos.....	31
Gráfica N. 6. Índices De Emisión De CO ₂ En Estado Ralenti Según Año Modelo De Los Vehículos	31

GLOSARIO

AÑO MODELO: año que identifica la producción del tipo de vehículo automotor.

CONTAMINANTES PRIMARIOS: Son aquellos que se producen en la fuente misma de contaminación.

CONTAMINANTES SECUNDARIOS: Son aquellos que se forman en la atmósfera por reacciones químicas entre los contaminantes primarios y los elementos que se encuentran en la atmósfera.

CENTRO DE DIAGNOSTICO: la instalación o local donde se lleva a cabo la medición de las emisiones contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación, de acuerdo con las exigencias legales.

EMISIONES DE GASES DE ESCAPE: son las cantidades de Hidrocarburos (HC), Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂) y Óxidos de nitrógeno (NO_x) emitidas a la atmósfera a través del tubo de escape de un vehículo como resultado de su funcionamiento.

FUENTE MÓVIL: es la fuente de emisión que, por razón de uso o propósito, es susceptible de desplazarse. Para efectos del presente informe son fuentes móviles los vehículos automotores.

HIDROCARBUROS (HC): familia de compuestos químicos cuyas moléculas están formadas de carbono e hidrogeno. Entre los miembros de esta familia se encuentran el petróleo y el gas natural.

MARCHA MÍNIMA O RALENTÍ: son las especificaciones de velocidad del motor establecidas por el fabricante o ensamblador del vehículo, requeridas para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas).

MONÓXIDO DE CARBONO (CO): es un gas incoloro, inodoro y toxico. Es más ligero que el aire y tiene alta difusividad. Se forma durante combustiones deficientes por lo que existe en concentraciones muy altas en los gases producto de la combustión. Ocasiona asfixia y envenenamiento por la desoxigenación de la sangre (Carboxihemoglobina).

MOTOR DE EXPLOSIÓN ó COMBUSTIÓN INTERNA: conjunto mecánico que transforma la energí química de un combustible, en calor y en energí cinética o movimiento.

ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x): los óxidos de nitrógeno NO_x son compuestos que se forman con altas temperaturas de funcionamiento en el motor de combustión interna ya que el Oxígeno a altas temperaturas presenta mayor afinidad por el nitrógeno N_2 presente en la atmósfera, estos óxidos son directos responsables del efecto invernadero que consiste en la retención de los rayos ultravioleta en la atmósfera terrestre.

SEGUIMIENTO: labor que incorpora la investigación sobre un tema o problemática en especial, detallando sus orígenes, contenidos y alcances.

SISTEMA DE VENTILACIÓN POSITIVA DEL CARTÉR: este sistema recoge la liberación de gases del depósito de aceite del motor (cárter) a la atmósfera conduciéndolos a la cámara de combustión, donde se queman junto con la mezcla aire/combustible. Este sistema utiliza como elemento principal una válvula de ventilación positiva (P.C.V).

SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES EVAPORATIVAS: este sistema recoge los vapores de gasolina provenientes del tanque de combustible o del carburador y los conduce hacia el depósito que contiene carbón activado (cánister), para después drenarlos y llevarlos a la cámara de combustión donde se queman al tiempo con la mezcla aire/combustible.

SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE: tiene la función de recircular pequeñas cantidades de gases de escape hacia el múltiple de admisión, con lo cual se reduce la emisión de Óxidos de nitrógeno.

TEMPERATURA NORMAL DE OPERACIÓN: es la temperatura alcanzada por el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima o ralentí, o cuando en estas mismas condiciones la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75°C o más. En las fuentes móviles equipadas con electro ventilador esta operación es confirmada después de operar un ciclo.

TIEMPO DE CALENTAMIENTO: es el lapso entre el momento en el que el equipo es energizado o encendido y el momento cuando cumple con los requerimientos de estabilidad en la lectura.

VERIFICACIÓN: es el reporte que entrega el Centro de Diagnostico al propietario de un vehículo y a la autoridad de transito, con los resultados de la medición de las emisiones del motor, operando en las condiciones de prueba normal para análisis de gases.

TITULO: DETERMINACION DE FACTORES DE EMISION PARA FUENTES MOVILES A GASOLINA EN ESTADO DE RALENTÍ GENERADAS EN LA CIUDAD DE BOGOTA DC.*

Autor: DIAZ GUERRERO, Richard**

Palabras Claves: Emisiones vehiculares, estado ralentí, parque automotor, tasa de emisión, factor de emisión

La legislación ambiental colombiana que hace referencia a las emisiones de las fuentes móviles accionadas por gasolina, se determinan como partes por millón (ppm) en el caso de los hidrocarburos (HC) no quemados y como porcentaje para el monóxido de carbono (CO) sin tener en cuenta las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que en la medida del proyecto se hacen importantes por su efecto invernadero.

En este proyecto se obtuvo información de las emisiones del parque automotor accionado por gasolina de la ciudad de Bogotá DC, gracias a la necesidad de obtener un certificado de gases que es de carácter obligatorio su obtención en un centro de diagnóstico reconocido (CDR) por parte de la autoridad ambiental distrital denominada Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA). En ese sentido, se desarrolló una investigación con la que se obtuvo la carga contaminante en Kilogramos – hora (Kg/h), para los vehículos que circulan por la ciudad según el año modelo de los mismos, referenciado al periodo que establece la resolución 160 de 1996 del DAMA, la cual establece los valores máximos de emisiones permitidas para HC y CO.

Finalmente, se determina los valores de contaminación en Toneladas – año (Ton/año), para los compuestos HC, CO y CO₂, y se logra obtener unos valores de cumplimiento de la resolución 160 de 1996 del DAMA, donde se muestra que se puede disminuir los valores máximos permitidos de emisiones de HC y CO.

* Trabajo de grado

** Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director Ph D.Edgar Castillo

TITLE: DETERMINATION OF FACTORS OF EMISSION FOR SOURCES MOVILES TO GASOLINEIN IN STATE OF RALENTÍ GENERATED IN THE CITY OF BOGOTA DC.*

Author: DIAZ GUERRERO, Richard **

Key words: Emissions vehiculars, state ralenti, vehicle park, rate of emission, emission factor

the Colombian environmental legislation that makes reference to the emissions of the movable sources driven by gasoline, determine as parts by million (ppm) in the case of hydrocarbons (HC) not burned and as percentage for the carbon monoxide (CO) without considering the carbon dioxide emissions (CO₂) that in the measurement of the project become important by their greenhouse effect.

In this project was obtained data of the characteristics of the emissions of the vehicle park driven by gasoline of the city of Bogotá DC, thanks to the necessity to obtain a gas certificate that is of obligatory character its obtaining in a center of diagnosis recognized (CDR) on the part of the distrital environmental authority denominated Administrative Technical Department of the Environmental (DAMA). In that sense, an investigation was developed with which was obtained the polluting load in Kilograms – hours (Kg/h), for the vehicles that circulate around the city according to the year model of such, referenced to the period which it establishes resolution 160 of 1996 of the DAMA, which establishes the maximum values of emissions allowed for HC and CO.

Finally, is determined the values of contamination in Tons – Year (Ton/Year), for the compound HC, CO and CO₂, and it is managed to obtain values of fulfillment of resolution 160 of 1996 of the DAMA, where sample that can be diminished the allowed maximum values of emissions of HC and CO.

* Thesis

** Chemical Enginner School. Enviromental Enginner Especialist. Director: Ph D.Edgar Castillo

INTRODUCCIÓN

Actualmente en Colombia la normatividad ambiental de índole de contaminación atmosférica por el parque automotor, se orienta hacia las concentraciones de los gases emitidos a la atmósfera por las fuentes móviles sin tener en cuenta la carga másica de las mismas. Por esta razón se plantea el presente estudio, el cual se orienta hacia la determinación de dichas cargas con el objetivo de definir un indicador ambiental (a título de factor de emisión) que logre cuantificar el aporte másico de la combustión en fuentes móviles movidas por gasolina, teniendo en cuenta en primer lugar solo la contribución del CO y HC's, parámetros exigidos por la norma ambiental colombiana. Dada la dificultad experimental y económica para desarrollar este tipo de estudios en estado dinámico, en esta fase se plantea únicamente lo correspondiente al estado ralentí.

Es por ello que la presente investigación busca identificar un modelo de factores de carácter real para el estado más documentado y evaluado en el país; no obstante, no se busca validar el modelo de determinación de los factores de emisión, si no por el contrario desarrollar una conciencia clave del entendimiento del daño que se ocasiona a nuestro medio ambiente.

1. GENERALIDADES

La contaminación del aire tiene su causa en la concentración de sustancias nocivas en la atmósfera, que ocasionan daños a la salud humana, animal y vegetal. Una de tantas sustancias emitidas a la atmósfera, son los gases y partículas emitidas por los vehículos, que presentan diferentes colores a saber:

¿A qué se deben los humos negros, azules o blancos?

El hecho de encontrar un determinado color en las emisiones de escape de los vehículos, indica alguna anomalía en su funcionamiento normal, sin embargo hay que tener cuidado en lo referente al humo blanco, porque hay muchas personas que malinterpretan su significado.

Básicamente, se encuentran tres diferentes colores de gases: el negro, el azul y el blanco, que se describen a continuación.

Humos visibles negros: Se producen cuando en la cámara del motor de combustión interna, existe un exceso de combustible que no alcanza a quemarse y es evacuado del vehículo como humo contaminante de color negro.

Humos visibles azules: Se producen al quemarse el exceso de aceite que existe en la cámara de combustión, debido al desgaste del motor, lo que provoca la salida de un humo contaminante de color azul.

Humos visibles blancos: Hacen referencia por lo general a vapor de agua.

En este sentido, los avances en tecnología automotriz han logrado desarrollar sistemas que ayudan al control de estas emisiones, que en su medida han ido llegando al país, como el caso de los convertidores catalíticos, que se consideran llegaron algo tarde (1997).

El Convertidor Catalítico hace su aparición en la industria automotriz hacia el año de 1974 y se tiene conocimiento que desde 1975, todos los automóviles Ford en los Estados Unidos lo usan. A pesar de encontrarlos de muy diversas formas, la mayoría de ellos, tiene la apariencia exterior de un "mofle" o silenciador del tubo de escape, de forma hexagonal pero alargada.

La función de éste es realizar una reacción química sobre los gases que entran en él. Convierte el Monóxido de Carbono y los Hidrocarburos en Dióxido de Carbono y agua. (Tomar muy en cuenta lo del agua, cuando se habla del humo blanco que sale por el tubo de escape). La vida útil del Convertidor es de aproximadamente 80,000 kilómetros (dependiendo de las condiciones de operación y mantenimiento) y al final de este periodo debe ser reemplazado.

Dentro de la gama de equipamientos de control de emisiones se encuentra también el Cánister, el cual es un receptáculo que se encuentra localizado en el compartimiento del motor (en la mayor parte de los coches), su función es la de almacenar temporalmente los vapores provenientes del tanque de gasolina. En muchas ocasiones, este "Cánister" tiene una forma externa cilíndrica, lo que le da la apariencia de un bote o de una lata. Tiene conectadas varias mangueras tanto de entrada de gases como de salida de los mismos hacia el motor.

Así mismo se cuenta con el Sistema E.G.R., ("Exhaust Gas Recirculation" - Recirculación de los Gases de Escape) que corresponde a un sistema que controla la producción de Óxidos de Nitrógeno que se producen debido a la oxidación del Nitrógeno. El E.G.R. utiliza una válvula denominada "Válvula E.G.R.", que permite que parte de los gases que salen por el tubo de escape puedan desviarse por medio de ella y dirigirlos hacia el múltiple de admisión.

Cuando en las cámaras de combustión se producen temperaturas pico, superiores a los 2,500 grados Fahrenheit, la generación de Óxidos de Nitrógeno se vuelve excesiva, por lo que hay que disminuir dicha temperatura. Dependiendo de ciertas condiciones, la Válvula E.G.R. se abrirá, de manera que los pistones aspiren en la carrera de admisión mezcla aire-combustible (o aire solamente en los motores Diesel) y gases de escape, lo que provocará que la temperatura de combustión disminuya y se controle la generación de los Óxidos de Nitrógeno.

El sistema P.C.V., se usa para controlar las emanaciones de vapores del cárter de los motores y significa "Positive Crankcase Ventilation". Traducido literalmente sería "Ventilación Positiva de la Caja del Cigüeñal", pero generalmente se usa la traducción "Ventilación Positiva del Cárter".

Este sistema tiene por objeto dirigir esos gases que se acumulan en el cárter hacia el múltiple de admisión, para que éstos sean aspirados en combinación con la mezcla aire-combustible y pasen a las cámaras de combustión, donde serán quemados.

Una vez determinados los sistemas de control de emisiones de los gases de escape de los automotores, se explica los diferentes estados de los contaminantes como es el caso de:

- Monóxido de carbono (CO) demasiado elevado en ralentí, generalmente, suele ocurrir a un paso excesivo de combustible, teniendo la COMPLETA SEGURIDAD de que todos los componentes eléctricos del Sistema de Encendido están en buen estado.
- Hidrocarburos (HC) demasiado elevados en ralentí, Se debe a Problemas Eléctricos y/o a Ajustes Incorrectos en el Sistema de Encendido, a la Temperatura de Funcionamiento del Motor e inclusive también a la Temperatura-Ambiente cuando ésta es demasiado baja.
- Hidrocarburos (HC) demasiado elevados con monóxido de carbono (CO) demasiado bajo en ralentí. Existe una relación muy estrecha entre los valores del Monóxido de Carbono (CO) y los de los Hidrocarburos (HC). Muchas veces, el hecho de "castigar" (cerrar el paso de combustible excesivamente, bien sea a través de la(s) esprea(s) o de la(s) aguja(s) o tornillo(s) de carburación), ocasiona que los Hidrocarburos (HC) se eleven demasiado. En vehículos con Inyección de Combustible, el problema se debe a la dosificación del combustible que realiza Sistema.

- Oxígeno (O₂) demasiado elevado en ralenti. Ocurre por alguna fuga en el Sistema de Escape.

De esta forma el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente – DAMA, en uso de sus facultades legales, expidió la resolución 160 de 1996 con los siguientes parámetros a cumplir por parte de los automotores que circulasen por Bogotá.

Tabla N. 1 Valores máximos permitidos por la Resolución 160 de 1996 del DAMA.

periodo	PPM HC	% CO
1900-1974	1000	7,0
1975-1980	800	5,5
1981-1990	650	5,0
1991-1995	500	4,0
1996-1997	450	3,5
1998-2000	300	2,5
2001-2004	200	1

2. DETERMINACION DE FACTORES DE EMISION PARA FUENTES MOVILES A GASOLINA EN ESTADO DE RALENTÍ GENERADAS EN LA CIUDAD DE BOGOTA DC.

De acuerdo con los resultados previos encontrados por la UIS y el DAMA en los Centros de Diagnóstico Reconocidos - CDR's – durante los años 2001, 2002 y 2003, se planteó realizar un monitoreo selectivo adicional con el objeto de determinar el flujo volumétrico de los gases emitidos por los automotores accionados a gasolina. La frecuencia y reproducibilidad de este monitoreo dependió de la composición del parque automotor auditado, la cual se conoce de manera suficiente mediante las herramientas informáticas desarrolladas por la UIS.

Una vez obtenidas las mediciones propuestas y teniendo en cuenta que el estudio solo se refiere al estado ralenti, se determinaron las cargas máxicas de contaminantes generados por los vehículos según los rangos dados por la resolución del Ministerio del Medio Ambiente, 005 de 1996.

Si bien lo expuesto anteriormente presenta las fases que se siguieron y los resultados que se esperan obtener, a continuación se describe los procedimientos de recolección y análisis de la información obtenida en campo.

2.1 Procedimientos de recolección y análisis de la información obtenida en campo.

Sabiendo que la normatividad Colombiana y Distrital, hacen alusión a las pruebas en estado ralentí, estado dado por las especificaciones de velocidad del motor establecidas por el fabricante o ensamblador del vehículo, requeridas para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas); se realizaron dos investigaciones conjuntas, una para determinar el tiempo real del estado ralentí en la ciudad de Bogotá tanto para vehículos públicos como particulares y la segunda, para la determinación de los índices de emisión del parque automotor para determinar las cargas finales de emisiones y los indicadores de contaminación.

2.1.1 Determinación de tiempos reales en estado ralentí de los automotores que circulan en la ciudad de Bogotá.

Para el desarrollo de las variables analíticas de los índices de contaminación atmosférica, se pensó en la necesidad de conocer el tiempo durante el cual estas fuentes móviles emitían sus descargas a la atmósfera. Por tal razón se realizaron medidas de tiempo en velocidad de marcha mínima o ralentí¹ en vehículos públicos y particulares que transitan por la ciudad.

¹ **Velocidad de Marcha Mínima o Ralentí:** Son las especificaciones de velocidad del motor establecidas por el fabricante o ensamblador del vehículo, requeridas para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralentí se establecerá a un máximo de 900 r.p.m. del motor.

Las mediciones se efectuaron a dos horas distintas del día; una en hora normal de tráfico vehicular (horas comprendidas entre las 8:00 AM a 5:00 PM y 7:00 PM a 6:00 AM), ya que en estas horas se presentan los menores tiempos en velocidad ralentí, debido a que el tráfico disminuye notablemente porque no muchas personas se movilizan.

La segunda medición se realizó en hora de alto tráfico vehicular “hora pico”. En esta hora se presentan mayores embotellamientos de vehículos, en donde los motores a gasolina en marcha mínima o ralentí, generan la mayor cantidad de contaminantes HC, CO, entre otros.

Se realizarón 28 medidas en reposo, tiempos por detención en semáforos para vehículos de servicio particular y de servicio público y además recogida de pasajeros para servicio público.

Para dichas mediciones se tomaron las principales vías de la ciudad, vías arterias que presentan un alto flujo vehicular durante las 24 horas del día, que se listan a continuación. (Obsérvese las tablas 2,3, 4,5).

📍 Carrera 7, Carrera 10, Carrera 30, Av.Carrera 68, Av.Boyacá, Autopista Sur, Av. 1° de Mayo, Av. Americas, Calle 13, Calle 26, Calle 68, Calle 80, Calle 127, Calle 170.

Tabla N. 2. Control de tiempos en ralentí para vehículos públicos en hora “pico”.

RUTA	Tiempo Total (Min)	Tiempo Ralenti (Min)	Pasajeros	Semaforos
Cr. 7° (Cil. 11 - Cil. 170)	43,31	7,46	65	17
Av-Cr. 68° (Dg. 44s - Cil. 100)	51,02	15,4	13	12
Autosur (Cra. 30 - Apogeo)	17	2,04	8	4
Cr. 30° (Cil. 30s - Cil. 88)	39,02	11,43	19	7
Calle 68 (Cra. 17 - Cra. 110)	27,17	5,27	11	7
Calle 26 (Cra. 3 - Puente Aereo)	31	5,19	21	1
Cr. 10° (Cil. 27s - Cil. 31)	17	3,35	6	8
Av-Boyacá (Dg. 79s - Cil. 80)	48	8,12	43	6
Av.1°mayo (Cra. 3 - Cra.86)	26	4,56	14	7
Calle 13 (Cra. 13 - Cra. 115)	23,5	3,4	12	5
Av.Americas (Cra. 28 - Cra. 86)	19	1,45	7	4
Calle 127 (Cra. 7 - Cra. 59)	20	3,3	5	4
Calle 170 (Cra. 7 - Trv. 72)	15	2,27	7	3
Total de tiempo en velocidad ralenti	377,02	73,24	231	85

Se sabe que los vehículos públicos son grandes aportantes de contaminantes a la atmósfera Bogotana, pues transitan durante buena parte del día y por su tipo de actividad suelen permanecer buena parte del tiempo en estado de marcha mínima o ralentí, en semáforos o en recogida de pasajeros. En la tabla 2 se observa que los vehículos monitoreados permanecen entre el 17% al 30% del tiempo total de sus recorridos en marcha mínima para hora pico.

Tabla N. 3. Control de tiempos en ralentí para vehículos públicos en hora “normal”.

RUTA	Tiempo Total (min)	Tiempo Ralentí (min)	Pasajeros	Semaforos
Cr. 7° (Cil. 11 - Cil. 170)	34,5	6,05	25	8
Av-Cr. 68° (Dg. 44s - Cil. 100)	44,02	10,4	13	12
Autosur (Cra. 30 - Apogeo)	17	2,04	8	4
Cr. 30° (Cil. 30s - Cil. 88)	30,5	11,43	19	7
Calle 68 (Cra. 17 - Cra. 110)	25,17	5,0	11	7
Calle 26 (Cra. 3 - Puente Aereo)	25	4,0	21	1
Cr. 10° (Cil. 27s - Cil. 31)	17	3,5	6	8
Av-Boyacá (Dg. 79s - Cil. 80)	40	6,32	43	6
Av.1°mayo (Cra. 3 - Cra.86)	22,04	4,56	14	7
Calle 13 (Cra. 13 - Cra. 115)	18,5	3,4	12	5
Av.Americas (Cra. 28 - Cra. 86)	15	2,0	7	4
Calle 127 (Cra. 7 - Cra. 59)	12	2,5	5	6
Calle 170 (Cra. 7 - Trv. 72)	11	2,0	7	5
Total de tiempo en velocidad ralentí	311,73	63,2	191	80

Los vehículos públicos en el monitoreo realizado arrojó resultados como 63,2 minutos en periodo ralentí, lo cual significa un 20,3% del total del tiempo de sus recorridos habituales, quedando representado en un total de 191 paradas para recoger y dejar pasajeros, y 80 por concepto de semáforos.

Tabla N. 4. Control de tiempos en ralentí para vehículos particulares en hora “pico”.

RUTA	Tiempo Total (min)	Tiempo Ralentí (min)	Semaforos
Av-Boyacá (Dg. 79s - Cll. 80)	38,47	7,40	14
Cr. 10° (Cll. 27s - Cll. 31)	33,2	5,5	14
Cr. 30° (Cll. 30s - Cll. 88)	18	2,1	18
Cr. 7° (Cll. 11 - Cll. 170)	27	4,5	12
Av-Cr. 68° (Dg. 44s - Cll. 100)	20,8	3,0	12
Autosur (Cra. 30 - Apogeo)	26,7	4,5	5
Calle 68 (Cra. 17 - Cra. 110)	15,26	2,2	8
Calle 26 (Cra. 3 - Puente Aereo)	27,2	6,3	3
Av.1°mayo (Cra. 3 - Cra.86)	28	4,59	10
Calle 13 (Cra. 13 - Cra. 115)	22,6	3,19	8
Av.Americas (Cra. 28 - Cra. 86)	19	1,5	6
Calle 127 (Cra. 7 - Cra. 59)	13	1,8	4
Calle 170 (Cra. 7 - Trv. 72)	14,5	2	3
Total de tiempo en velocidad ralentí	303,73	48,58	117

En esta tabla se observa que los vehículos particulares deben sus tiempos en marcha mínima a paradas en semáforos o represamientos que se presentan a estas horas por las principales vías de la capital y se muestra claramente que avenidas principales como la carrera 30 y la avenida Boyacá son de las más congestionadas, lo cual se ve reflejado en puntos densamente congestionados que presentan visiblemente altas cantidades de SMOG entre otros contaminantes. Su tiempo se representa entre un 14% al 20% en estado ralentí.

Tabla N. 5. Control de tiempos en ralentí para vehículos particulares en hora “normal”.

RUTA	Tiempo Total (min)	Tiempo Ralenti (min)	Semaforos
Cr. 7° (Cil. 11 - Cil. 170)	32,47	5,40	11
Av-Cr. 68° (Dg. 44s - Cil. 100)	30,2	4,5	10
Autosur (Cra. 30 - Apogeo)	15	1,08	3
Cr. 30° (Cil. 30s - Cil. 88)	24	3,59	8
Calle 68 (Cra. 17 - Cra. 110)	15,78	2,60	7
Calle 26 (Cra. 3 - Puente Aereo)	20,7	4,0	1
Cr. 10° (Cil. 27s - Cil. 31)	13,26	2,0	8
Av-Boyacá (Dg. 79s - Cil. 80)	36,2	5,63	6
Av.1°mayo (Cra. 3 - Cra.86)	22	3,47	8
Calle 13 (Cra. 13 - Cra. 115)	17,6	3,12	4
Av.Americas (Cra. 28 - Cra. 86)	15	0,48	4
Calle 127 (Cra. 7 - Cra. 59)	9	0,5	4
Calle 170 (Cra. 7 - Trv. 72)	10,5	1,28	3
Total de tiempo en velocidad ralenti	261,71	37,65	77

En las horas normales del día los vehículos particulares realizan desplazamientos a altas velocidades debido al descongestionamiento que presentan las vías a estas horas del día, por consiguiente los desplazamientos se hacen más rápido, disminuyendo la contaminación, además tratando de evadir la norma restrictiva de pico y placa que opera diariamente. Tiempo ralenti 12% al 20%.

Tabla N. 6. Total de tiempos en velocidad ralenti, para vehiculos públicos en hora normal y hora pico.

RUTA	Tiempo Ralenti Hora normal (min)	Tiempo Ralenti Hora Pico (min)
Cr. 7° (Cil. 11 - Cil. 170)	6,05	7,46
Av-Cr. 68° (Dg. 44s - Cil. 100)	10,4	15,4
Autosur (Cra. 30 - Apogeo)	2,04	2,04
Cr. 30° (Cil. 30s - Cil. 88)	11,43	11,43
Calle 68 (Cra. 17 - Cra. 110)	5,0	5,27
Calle 26 (Cra. 3 - Puente Aereo)	4,0	5,19
Cr. 10° (Cil. 27s - Cil. 31)	3,5	3,35
Av-Boyacá (Dg. 79s - Cil. 80)	6,32	8,12
Av.1°mayo (Cra. 3 - Cra.86)	4,56	4,56
Calle 13 (Cra. 13 - Cra. 115)	3,4	3,4
Av.Americas (Cra. 28 - Cra. 86)	2,0	1,45
Calle 127 (Cra. 7 - Cra. 59)	2,5	3,3
Calle 170 (Cra. 7 - Trv. 72)	2,0	2,27
Total de tiempo en velocidad ralenti	63,2	73,24

Definitivamente se observa que en las horas consideradas normales disminuyen considerablemente las emisiones de gases contaminantes, por el hecho de estar las vías relativamente más despejadas, sumado a la poca afluencia de público que a esas horas requiere transporte lo cual permite que los vehículos transiten con mejores condiciones que las de operación en horas pico.

Tabla N. 7. Total de tiempos en velocidad ralentí, para vehiculos particulares en hora normal y hora pico.

RUTA	Tiempo Ralentí Hora normal (min)	Tiempo Ralenti Hora Pico (min)
Av-Boyacá (Dg. 79s - Cll. 80)	5,63	7,40
Cr. 10° (Cll. 27s - Cll. 31)	2	5,5
Cr. 30° (Cll. 30s - Cll. 88)	3,59	2,1
Cr. 7° (Cll. 11 - Cll. 170)	5,40	4,5
Av-Cr. 68° (Dg. 44s - Cll. 100)	4,5	3,0
Autosur (Cra. 30 - Apogeo)	1,08	4,5
Calle 68 (Cra. 17 - Cra. 110)	2,60	2,2
Calle 26 (Cra. 3 - Puente Aereo)	4	6,3
Av.1°mayo (Cra. 3 - Cra.86)	3,47	4,59
Calle 13 (Cra. 13 - Cra. 115)	3,12	3,19
Av.Americas (Cra. 28 - Cra. 86)	0,48	1,5
Calle 127 (Cra. 7 - Cra. 59)	0,5	1,8
Calle 170 (Cra. 7 - Trv. 72)	1,28	2
Total de tiempo en velocidad ralentí	37,65	48,58

Los vehículos particulares en ambos periodos de tiempo se comportaron significativamente mejor que los de servicio público, pues como lo muestra la tabla 7 en ambos periodos sus desplazamientos son bastante rápidos, reduciendo a su vez el tiempo en marcha mínima o ralentí, lo cual genera la dispersión de contaminantes atmosféricos que se condensan ampliamente con tiempos en marcha mínima superiores.

Para consideración del estudio se determinará que el tiempo en estado ralentí se define en el 20% promedio del tiempo normal de recorrido para vehículos particulares y del 30% para vehículos públicos. (Se considera el rango mayor).

2.1.2 Programa de monitoreo para determinar los flujos de salida de los gases emitidos por los vehículos en estado ralenti.

Para determinar los factores de emisión de los automotores que circulan en la ciudad de Bogotá, se diseñó un programa de monitoreo en un centro de diagnóstico de la ciudad (Car 19) en donde se determinaron las velocidades de salida de los gases con un tubo pitot tipo S y un manómetro con escala entre 500 Ft/min ó 0,0 Pulgadas de agua hasta 12600 Ft/min ó 10 pulgadas de agua, marca Dwyer Instruments, INC, modelo 400 patente 1917637, la temperatura de salida de las emisiones con un termómetro de contacto de escala 0 a 250 grados Centígrados, la humedad relativa de los gases con un Humidímetro de carátula marca Lufft, y las emisiones correspondientes de los automotores con un equipo Horiba MEXA 544 JU.

Se tomó una muestra aleatoria de vehículos con el objetivo de cubrir los modelos y marcas de automotores circulantes en la ciudad, se logró monitorear un total de 5000 automóviles y a continuación se muestra parte de la información recolectada.

Tabla N. 8. Datos obtenidos en campo.

MARCA	LINEA	MODELO	CILINDRAJE	NUMERO CILINDROS	DIAMETRO EXHOSTO	TEMPERATURA GAS	HUMEDAD RELATIVA	PRESION VELOCIDAD	PRESION DINAMICA	PRESION ESTATICA	HC	CO	CO2	O2
BUICK	SEDAN	1979	2200	6	1,5	36	68	0,06	0,06	0,06	1083	0,06	9,44	6,71
CHEVROLET	CHEVETTE	1984	1400	4	1,25	31	80	0,16	0,16	0,11	343	2,32	11,52	1,58
CHEVROLET	SAMURAY	1992	1600	4	1,25	34	67	0,095	0,09	0,04	338	0,85	12,93	0,75
CHEVROLET	CHEVETTE	1993	1400	4	1,25	28	81	0,65	0,68	0,28	380	5,6	9,81	0,66
CHEVROLET	SPRINT	1999	1000	3	1	20	78	0,39	0,38	0,1	226	2,46	14,64	1,46
CHEVROLET	SWIFT	1995	1300	4	1,25	34	72	0,18	0,18	0,04	302	1,29	12,26	1,26
CHEVROLET	SWIFT	1994	1600	4	1,25	27	81	0,14	0,14	0,01	264	3,69	11,67	0,68
CHEVROLET	CHEVETTE	1984	1400	4	1,25	28	79	0,18	0,18	0,11	1569	0,18	9,94	5,79
CHEVROLET	MONZA	1985	1400	4	1,25	26	81	0,335	0,33	0,08	281	2,97	12,72	0,56
CHEVROLET	CHEVETTE	1984	1400	4	1,25	24	77	0,16	0,16	0,11	2283	7,62	7,72	3,05
CHEVROLET	LUV	1996	2300	4	1,25	41	66	0,16	0,17	0,16	243	5,63	10,97	0,27
CHEVROLET	SWIFT	1996	1000	3	1	31	70	0,06	0,06	0	112	0,14	12,81	2,08
CHEVROLET	BLAZER	1995	4300	6	2	34	81	0,015	0,02	0	243	5,63	10,97	0,27
CHEVROLET	LUV	1997	2300	4	1,5	33	69	0,14	0,15	0,09	982	3,27	11,27	0,47
CHEVROLET	TROOPER	1988	2800	4	2	31	82	0,04	0,04	0,01	119	0,14	12,69	2,59
CHEVROLET	SPRINT	1993	1000	3	1	32	74	0,09	0,09	0,02	802	3,12	10,15	0,57
CHEVROLET	TROOPER	1988	2800	4	2	34	86	0,02	0,02	0,01	210	3,21	11,32	0,25
CHEVROLET	LUV	1997	2300	4	1,5	36	74	0,06	0,06	0,02	742	2,56	14,17	2,05
CHEVROLET	CHEVETTE	1991	1400	4	1,25	41	68	0,05	0,04	0,02	352	2,36	13,41	0,46
CITROEN	ZX	1995	1800	4	1,25	25	95	0,305	0,31	0,31	74	0,16	15,23	0,82
DACIA	1410	1984	1100	4	1,25	23	84	0,06	0,06	0,05	104	0,46	14,1	3,06
DACIA	1410	1993	1300	4	1,25	26	96	0,39	0,39	0,36	840	2,57	11,02	4,13
DAEWOO	CIELO	1999	1500	4	1,25	25	79	0,02	0,03	0,01	89	0,51	13,46	0,52
DAEWOO	LANOS	2001	1500	4	1,25	28	86	0,03	0,05	0,02	116	1,09	14,26	0,8
DAEWOO	CIELO	2001	1500	4	1,25	32	80	0,04	0,04	0,01	251	1,23	13,41	0,46
DAEWOO	CIELO	1998	1500	4	1,25	27	92	0,05	0,05	0,06	244	4,05	11,42	0,34
DAEWOO	RACER	1993	1500	4	1,25	20	82	0,11	0,11	0,04	169	0,09	11,42	0,5
DAEWOO	MATIZ	2002	1000	3	1	22	80	0,03	0,03	0,01	26	0	13,56	0,79
DODGE	D 100	1977	5200	8	2	38	75	0,06	0,06	0,01	545	1,58	12,17	2,47
DODGE	DART	1974	2200	6	2	37	78	0,06	0,06	0,02	1230	3,68	7,52	3,62
DODGE	CAMIONETA	1947	3200	6	2	32	80	0,09	0,09	0,08	2152	4,09	9,03	3,16
FIAT	SIENA	1998	1600	4	1,25	35	76	0,02	0,02	0	228	0,28	11,32	0,77
FIAT	MIRAFIORI	1983	1300	4	1,25	32	36	0,14	0,13	0,03	1246	3,54	10,02	3,89
FIAT	147	1983	1300	4	1,25	30	90	0,225	0,23	0,16	2937	5,63	7,12	4,85
FIAT	UNO	1996	1500	4	1,25	21	86	0,04	0,04	0,01	226	0,41	15,9	0,93
FORD	EXPLORER	1980	5200	8	2	44	55	0,06	0,06	0	303	2,23	12,13	2,02
FORD	F 350	1972	5800	8	2,25	35	65	0,14	0,14	0,07	243	2,18	12,57	0,88
FORD	F 100	1974	5200	8	2	49	70	0,015	0,01	0,01	542	4,67	11,08	0,74
FORD	EXPLORER	1997	4000	6	2,25	42	90	0,015	0,02	0,02	36	0,18	16,22	0,5
FORD	F 150	1993	5200	8	2,25	42	81	0,06	0,06	0	273	0,47	11,91	3,06
FORD	FIESTA	1994	1500	4	1,5	25	89	0,06	0,06	0,03	246	3,01	14,46	0,15
HONDA	CR 4	1998	2600	4	2	23	76	0,05	0,05	0,015	206	0,44	13,51	0,95
HONDA	ACCORD	1981	1300	4	1,25	29	63	0,16	0,16	0,24	1819	0,09	8,46	7,73
HYUNDAI	ACCENT	1998	1500	4	1,25	40	97	0,02	0,03	0,02	110	0,46	14,26	0,23
HYUNDAI	PONY	1994	1500	4	1,25	31	95	0,09	0,09	0,06	1380	0,13	10,13	5,35
HYUNDAI	ACCENT	2001	1500	4	1,25	25	93	0,11	0,11	0,03	178	0,71	13,06	1,01
HYUNDAI	PONY	1992	1400	4	1,25	25	83	0,075	0,08	0,05	333	1,05	13,19	1,45
HYUNDAI	ACCENT	2000	1500	4	1,25	22	99	0,09	0,09	0,03	87	1,98	14,56	0,23
KIA	SEPHIA II	1999	1500	4	1,25	24	88	0,06	0,06	0,04	192	0,15	12,87	2,8
KIA	KYO	2002	1500	4	1,5	22	77	0,18	0,18	0	26	0	14,47	0,82
LADA	2106	1993	1300	4	1,5	30	90	0,31	0,3	0,06	987	0,81	10,18	2,36
LADA	2106	1993	1600	4	1,25	27	90	0,075	0,07	0,04	1246	4,58	9,86	0,47
MAZDA	3B	1991	1500	4	1,25	28	74	0,16	0,16	0,09	342	3,67	10,04	0,57
MAZDA	NATIVA	2001	3000	6	2	41	78	0,15	0,02	0	110	1,28	12,46	0,8
MAZDA	323	1992	1300	4	1,25	21	83	0,425	0,42	0,28	340	2,14	11,42	0,57
MAZDA	B 2200	1995	2200	4	1	21	79	0,09	0,09	0,05	1083	0,15	11,12	4,86
MAZDA	323	1993	1300	4	1,25	30	72	0,14	0,14	0,14	509	6,86	10,36	0,43
MAZDA	B 2600	1995	2600	4	1,5	35	74	0,06	0,06	0,02	309	4,03	11,4	0,56
MAZDA	323	1993	1300	4	1,25	24	78	0,11	0,11	0,03	430	1,52	13,04	0,47
MAZDA	626	1994	2000	4	2	52	46	0,11	0,11	0,04	856	3,05	12,56	1,28
MAZDA	B 2200	1995	2200	4	1,5	48	57	0,14	0,14	0,03	451	1,47	14,23	4,57
MERCEDEZ BENZ	250	1980	2300	6	2	31	74	0,16	0,16	0,39	688	2,59	12,36	0,64
MERCURY	SEDAN	1975	3200	8	1,75	24	76	0,11	0,09	0	428	1,54	10,41	4,33
MINIBUS	MONTERO	1994	2400	4	1,75	35	73	0,25	0,25	0,13	101	0,55	13,36	0,56
MINIBUS	L 200	1997	2400	4	1,5	39	65	0,125	0,12	0,01	1794	7	7,37	3,43
MINIBUS	LANCER	1998	1500	4	1,5	39	65	0,06	0,06	0,02	322	3,05	13,02	3,26
MINIBUS	MONTERO	1996	2800	4	1,75	23	86	0,53	0,53	0,6	286	2,63	11,42	3,22
NISSAN	PATROL	1995	3600	6	1,75	33	85	0,095	0,08	0,07	1616	2,84	10,16	3,25
NISSAN	SENTRA	1996	1600	4	1,25	36	74	0,06	0,06	0,02	206	0,54	14,07	0,74
NISSAN	PATROL	1976	3200	6	2	39	50	0,11	0,1	0,01	857	2,74	10,26	5,46
NISSAN	SENTRA	1995	1600	4	1,5	33	72	0,11	0,1	0,01	415	0,52	12,02	2,46
NISSAN	SUNNY	1992	1600	4	1,5	28	75	0,2	0,2	0,02	454	0,19	12,4	2,06
NISSAN	DATSUN	1969	1300	4	1,25	32	85	0,03	0,03	0,01	955	6,91	9,73	0,6
NISSAN	SENTRA	1998	1600	4	1,5	32	50	0,25	0,09	0,02	207	0,11	11,18	0,58
NISSAN	PATHFINDER	2002	3500	6	2,25	35	93	0,02	0,02	0,01	80	0,28	14,38	0,11
NISSAN	D 21	1998	2600	4	2	32	92	0,06	0,06	0,01	136	0,93	12,57	1,23
PEUGEOT	405 GRI	1994	1900	4	1,5	33	72	0,01	0,01	0	109	0,2	13,21	1,45

MARCA	LINEA	MODELO	CILINDRAJE	NUMERO_CILINDROS	DIAMETRO_EXHOSTO	TEMPERATURA_GAS	HUMEDAD_RELATIVA	PRESION_VELOCIDAD	PRESION_DINAMICA	PRESION_ESTATICA	HC	CO	CO2	O2
RENAULT	R 9	1997	1300	4	1,5	27	82	0,04	0,04	0,03	325	1,7	12,72	0,38
RENAULT	R 6	1982	1300	4	1,25	36	59	0,14	0,14	0,06	1134	5,42	8,46	3,52
RENAULT	ETOILE	1997	1400	4	1,5	34	75	0,075	0,07	0,01	221	1,54	13,16	0,19
RENAULT	R 9	1990	1300	4	1,25	30	72	0,04	0,04	0,01	154	0,18	10,94	4,57
RENAULT	R 18	1983	1300	4	1,25	32	84	0,03	0,03	0,01	506	3,04	12,17	0,47
RENAULT	R 12	1989	1300	4	1,25	31	73	0,335	0,33	0,09	244	0,19	11,74	4,21
RENAULT	R 12	1992	1300	4	1,25	29	76	0,365	0,32	0,14	340	0,18	11,2	4,04
RENAULT	R 12	1973	1300	4	1,25	31	73	0,14	0,14	0	192	1,03	13,73	0,62
RENAULT	R 9	1995	1300	4	1,5	30	80	0,025	0,02	0,01	313	0,03	8,94	5,02
RENAULT	R 18	1982	1400	4	1,25	33	62	0,31	0,31	0,32	551	4,85	11,69	0,61
RENAULT	R 9	1989	1300	4	1,25	25	68	0,06	0,06	0,03	1125	6,6	9,64	1,38
RENAULT	R 4	1971	1100	4	1,25	36	69	0,07	0,08	0,01	326	2,27	13,46	0,72
RENAULT	R 9	1988	1300	4	1,25	38	83	0,06	0,06	0,01	226	4,06	8,27	5,24
RENAULT	CLIO	1997	1400	4	1,25	28	89	0,02	0,03	0,01	18	0	9,36	1,12
RENAULT	R 18	1985	1300	4	1,25	29	77	0,04	0,04	0,03	271	2,75	12,72	3,19
RENAULT	R 9	1995	1400	4	1,25	20	88	0,16	0,17	0,14	320	0,42	12,15	0,59
RENAULT	SYMBOL	2001	1500	4	1,25	23	83	0,05	0,05	0,05	70	0,2	14,1	0,83
SKODA	FELICIA	1996	1300	4	1,25	27	95	0,16	0,16	0,17	1147	0,11	5,89	11,34
SKODA	FELICIA	1996	1300	4	1,25	26	84	0,09	0,1	0,05	223	1,52	14,26	0,59
TOYOTA	HILUX	2000	2600	4	2	29	84	0,02	0,02	0	120	0,12	10,25	1,25
TOYOTA	LAND CRUISER	1977	3200	6	2	45	46	0,11	0,2	0,14	826	5,42	9,47	3,08
TOYOTA	LEXUS	1992	4000	8	2,25	21	79	0,06	0,04	0,02	8	0	14,21	0,32
TOYOTA	COROLLA	1982	1400	4	1,25	28	100	0,125	0,13	0,04	197	0,28	13,14	1,08
TOYOTA	CRYSLER	1988	1500	4	1,25	26	78	0,125	0,13	0,09	120	0,5	13,59	0,81
TOYOTA	LAND CRUISER	1988	4500	6	2	39	94	0,01	0,01	0,01	86	0,12	15,24	0,81
TOYOTA	LEXUS	1992	4000	8	1,75	34	93	0,03	0,03	0,03	12	0	14,55	0,17
TOYOTA	LAND CRUISER	1997	4500	6	2	50	44	0,06	0,06	0,01	404	8,8	9,18	0,33
VOLKSWAGEN	ESCARABAJO	1966	1300	4	1	85	35	0,725	0,73	0	2076	0,9	8,29	8,18
VOLKSWAGEN	GOL	1994	1400	4	1,25	25	90	0,125	0,13	0,06	1134	5,46	8,46	2,36
VOLKSWAGEN	GOL	2001	1800	4	1,25	32	88	0,11	0,11	0,02	17	0	14,14	0,31

Con la información recolectada durante dos meses de labores, se procedió a observar el comportamiento de los vehículos en cuanto al cilindraje, diámetro de exhosto, velocidad de salida de los gases, su temperatura y como adicionalidad su humedad relativa, variables medibles que no dependen de los análisis de los gases, con ello se observó que en promedio se obtiene:

Tabla N. 9. Promedios de medidas de campo.

CILINDRAJE	Promedio DIAM_EXHOSTO_m	Promedio PRESION_ VELOCIDAD _pulg agua	Promedio PRESION_ DINAMICA_ pulg agua	Promedio PRESION_E STATICA_pu lg agua	Promedio TEMP_GAS_°R	Promedio HUMEDAD_ RELATIVA_GAS
1000	0,025876	0,089125	0,139250	0,063250	546,540000	78,975000
1100	0,028437	0,102391	0,188696	0,062174	552,182609	75,260870
1200	0,029633	0,076667	0,143333	0,036667	553,800000	78,666667
1300	0,036777	0,094768	0,153869	0,070238	548,732143	78,565476
1400	0,032095	0,097519	0,311488	0,074961	548,874419	79,418605
1500	0,032721	0,061442	0,098365	0,042788	546,882692	81,884615
1600	0,034452	0,105426	0,152979	0,067872	551,668085	78,106383
1800	0,037465	0,142500	0,218000	0,108000	549,960000	84,000000
1900	0,038100	0,012500	0,015000	0,005000	554,100000	78,000000
2000	0,038354	0,093400	0,129200	0,052400	556,080000	81,880000
2200	0,037523	0,079636	0,152727	0,055455	554,672727	82,272727
2300	0,036286	0,084762	0,147143	0,084762	557,314286	80,238095
2400	0,040687	0,069074	0,140370	0,064815	564,666667	80,407407
2600	0,043007	0,070227	0,092273	0,072955	552,709091	83,681818
2800	0,050800	0,075000	0,180000	0,150000	564,000000	80,000000
3000	0,050800	0,040833	0,036667	0,021667	558,300000	81,666667
3200	0,048260	0,077667	0,134667	0,062000	565,440000	77,400000
3300	0,044450	0,020000	0,050000	0,050000	555,000000	87,000000
3500	0,053975	0,015000	0,015000	0,005000	560,400000	78,000000
3600	0,047625	0,077500	0,070000	0,060000	554,100000	79,500000
4000	0,052388	0,030000	0,027500	0,022500	549,150000	88,500000
4300	0,047625	0,037500	0,085000	0,045000	563,100000	68,000000
4500	0,052614	0,052143	0,094286	0,051429	598,457143	77,142857
5200	0,053622	0,075000	0,144444	0,082222	583,200000	72,888889
5800	0,055033	0,140000	0,140000	0,080000	577,200000	55,333333

Con estos resultados obtenidos y teniendo en cuenta la base de datos la cual presenta 246.136 vehículos monitoreados (Análisis de gases), para el año 2003 de los cuales el 14,33% incumplen la resolución 160 de 1996 del DAMA, se proyectaron los promedios de las medidas presentadas en la tabla 8, y teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$V_s = K_P * C_P * \text{SQR}(((P_V * T_S) / (P_S * PM_{\text{húmedo}}))) \text{ [Ft / seg]}$$

$$P_S = P_b + P_e / 13,6 \text{ [Pulg Hg]}$$

$$PM_{\text{húmedo}} = PM_{\text{gas}} * (1 - \text{Hum}/100) + 18*\text{Hum}/100$$

$$PM_{\text{gas}} = \%CO_2*0,44 + \%CO*0,28 + \%O_2*0,32 + \%N_2*0,28$$

$$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2)$$

De donde:

$$K_P = 85,49$$

$$C_P = 1$$

P_V = Presión de Velocidad a la que salen los gases (medida).

P_b = Presión Barométrica (22,4 pulg Hg).

P_e = Presión Estática (medida).

T_s = Temperatura de los Gases ($^{\circ}R = 1,8 * ^{\circ}C + 32 + 460$) (medida).

PM_{humedo} = Peso Molecular del Gas Húmedo.

PM_{gas} = Peso Molecular del Gas Seco.

Hum = Humedad relativa de los gases (medida).

%CO₂, %CO, %O₂ = Porcentaje de los gases de salida (medidos).

Se debe tener en cuenta que los gases se están tratando como gases ideales y combustión completa.

Para completar los cálculos se debe conocer que:

$$\text{mg/m}^3 = (\text{ppm} * \text{Peso Molecular del gas emitido}) / 24,5$$

y,

$$1\text{ppm} = 0,0001 \%$$

2.1.3 Determinación de las cargas contaminantes para los vehículos en estado ralenti.

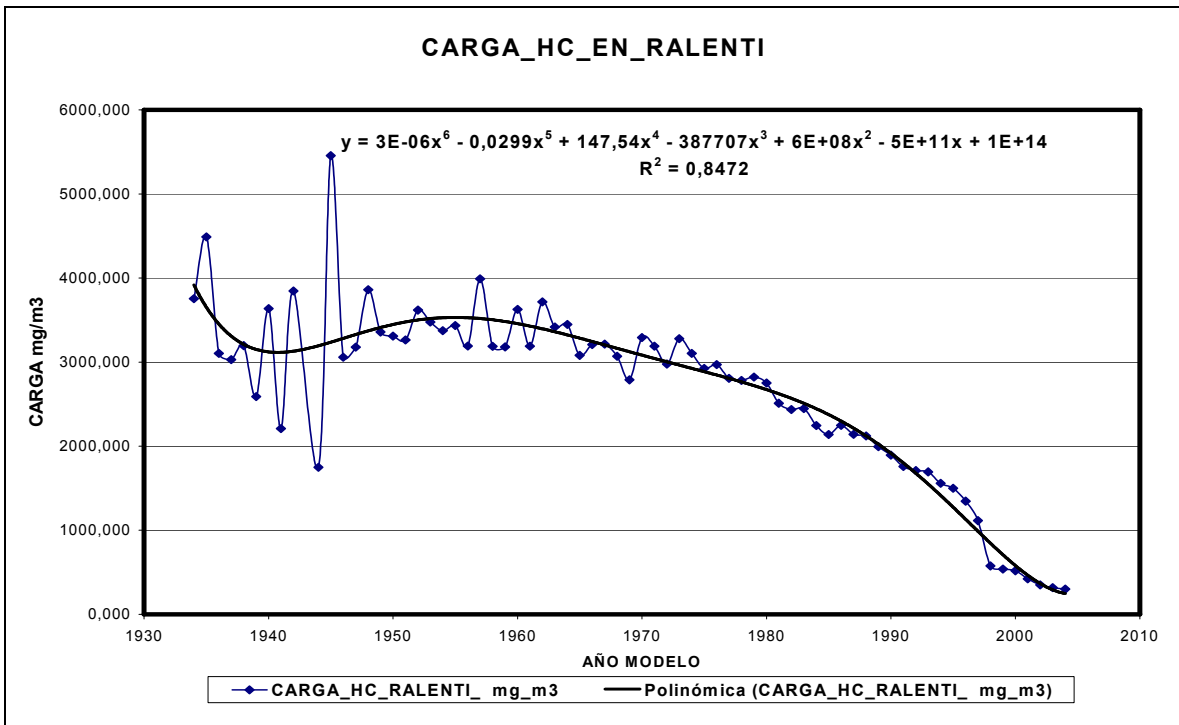
Una vez se obtiene los flujos de salida de los gases de emisión vehicular, se procede a la obtención de las respectivas cargas contaminantes en mg / m³ para HC, CO y CO₂, en estado ralenti los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N. 10. Carga de emisiones contaminantes por año modelo vehicular

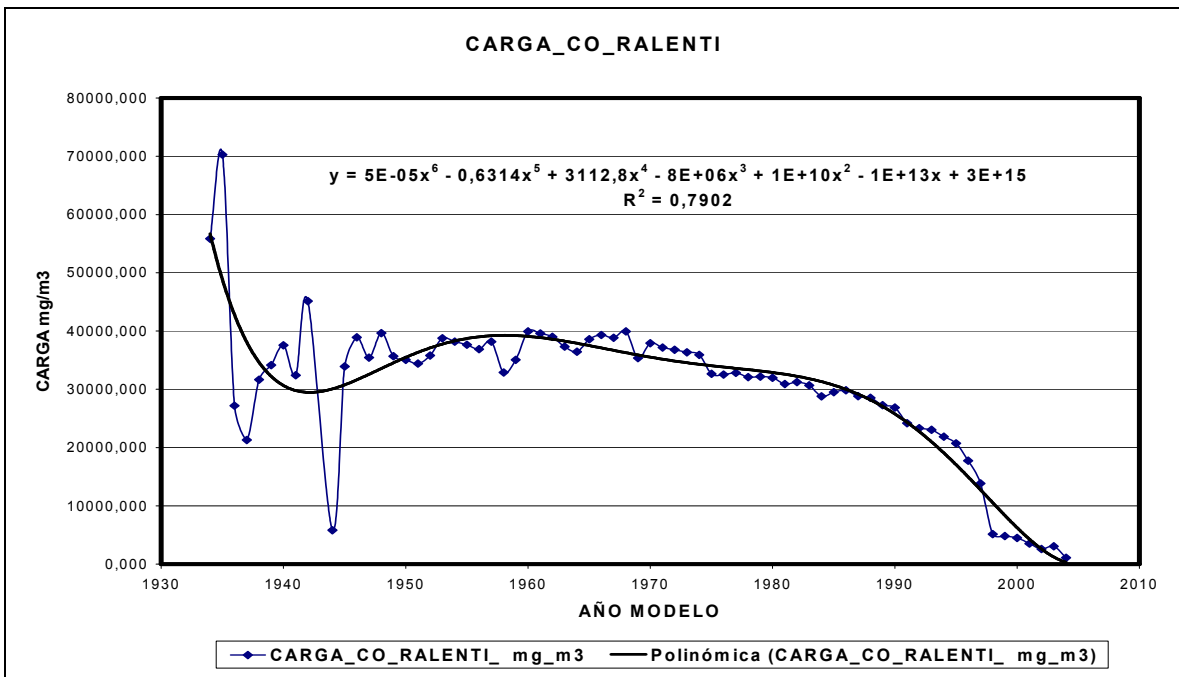
Año Modelo	Número de Vehículos Según Modelo	CARGA HC RALENTI mg_m3	CARGA CO RALENTI mg_m3	CARGA CO2 RALENTI mg_m3
1934	2	3755,020	55828,571	211648,980
1935	1	4490,204	70285,714	151934,694
1936	2	3103,592	27200,000	210122,449
1937	7	3030,472	21306,122	192676,385
1938	6	3195,645	31657,143	193270,748
1939	21	2588,653	34165,986	200662,235
1940	17	3636,559	37552,941	192522,449
1941	31	2208,293	32419,171	201194,997
1942	28	3846,918	45141,633	201008,163
1944	1	1749,551	5828,571	246040,816
1945	11	5455,883	33922,078	152734,694
1946	141	3057,992	38925,795	204534,723
1947	73	3177,830	35437,025	192055,018
1948	183	3860,965	39649,774	194637,315
1949	57	3358,571	35687,419	203411,386
1950	369	3310,060	35074,998	197281,876
1951	242	3264,786	34417,757	195998,516
1952	326	3617,465	35808,484	197420,183
1953	725	3475,151	38772,698	191820,084
1954	1122	3373,041	38190,120	193134,054
1955	1174	3434,507	37634,665	190981,371
1956	839	3192,284	36893,376	194036,286
1957	98	3989,919	38168,280	193059,392
1958	77	3187,299	32892,171	191272,303
1959	371	3180,248	35070,127	200819,979
1960	504	3627,520	39947,800	193054,098
1961	883	3188,331	39577,777	185620,631
1962	304	3716,966	39001,767	195576,692
1963	319	3418,022	37325,868	193476,875
1964	329	3446,974	36432,723	193357,087
1965	472	3079,298	38596,901	187949,325
1966	1562	3208,899	39329,716	187297,649
1967	1213	3213,819	38866,932	189799,049
1968	631	3069,166	39955,517	194294,687
1969	877	2787,835	35354,214	188367,878
1970	1276	3292,211	37926,126	196715,707
1971	1509	3190,000	37190,737	194601,370
1972	1596	2977,356	36783,272	194856,839
1973	2179	3278,231	36363,024	194511,097

Año Modelo	Número de Vehículos Según Modelo	CARGA HC RALENTI mg_m3	CARGA CO RALENTI mg_m3	CARGA CO2 RALENTI mg_m3
1974	3441	3103,809	35928,984	196881,531
1975	2668	2924,520	32663,229	200731,082
1976	3157	2969,649	32527,697	202361,234
1977	4513	2807,111	32817,923	202570,019
1978	5876	2782,145	32107,569	202587,016
1979	6748	2822,473	32169,797	202772,019
1980	9016	2752,280	31982,768	202963,824
1981	7978	2511,575	30904,392	204318,260
1982	8901	2435,452	31230,190	205795,353
1983	4231	2447,542	30695,144	205535,225
1984	4488	2245,765	28795,427	208773,041
1985	5103	2138,156	29512,822	209289,854
1986	4488	2248,779	29844,422	207129,634
1987	5396	2140,510	28828,872	207327,420
1988	6417	2121,312	28548,813	208289,844
1989	5582	1994,575	27279,345	210345,165
1990	4853	1894,405	26861,862	211682,691
1991	5006	1757,317	24175,679	214570,225
1992	6293	1710,533	23344,281	216457,823
1993	14608	1693,229	23045,232	216170,500
1994	15684	1558,591	21866,274	217688,627
1995	17105	1499,172	20707,034	219863,965
1996	15388	1345,147	17754,588	221554,605
1997	15656	1113,122	13842,405	228251,630
1998	15593	576,476	5137,424	236502,409
1999	6672	538,023	4815,359	237252,536
2000	6187	517,890	4486,899	240381,196
2001	6273	421,860	3524,508	246032,831
2002	6892	349,786	2575,676	245965,147
2003	2253	318,490	3047,127	243273,763
2004	91	300,700	1081,319	252790,312

Como se observa la tendencia de las cargas contaminantes de HC y CO son tendientes al descenso como se puede detallar en las siguientes gráficas:



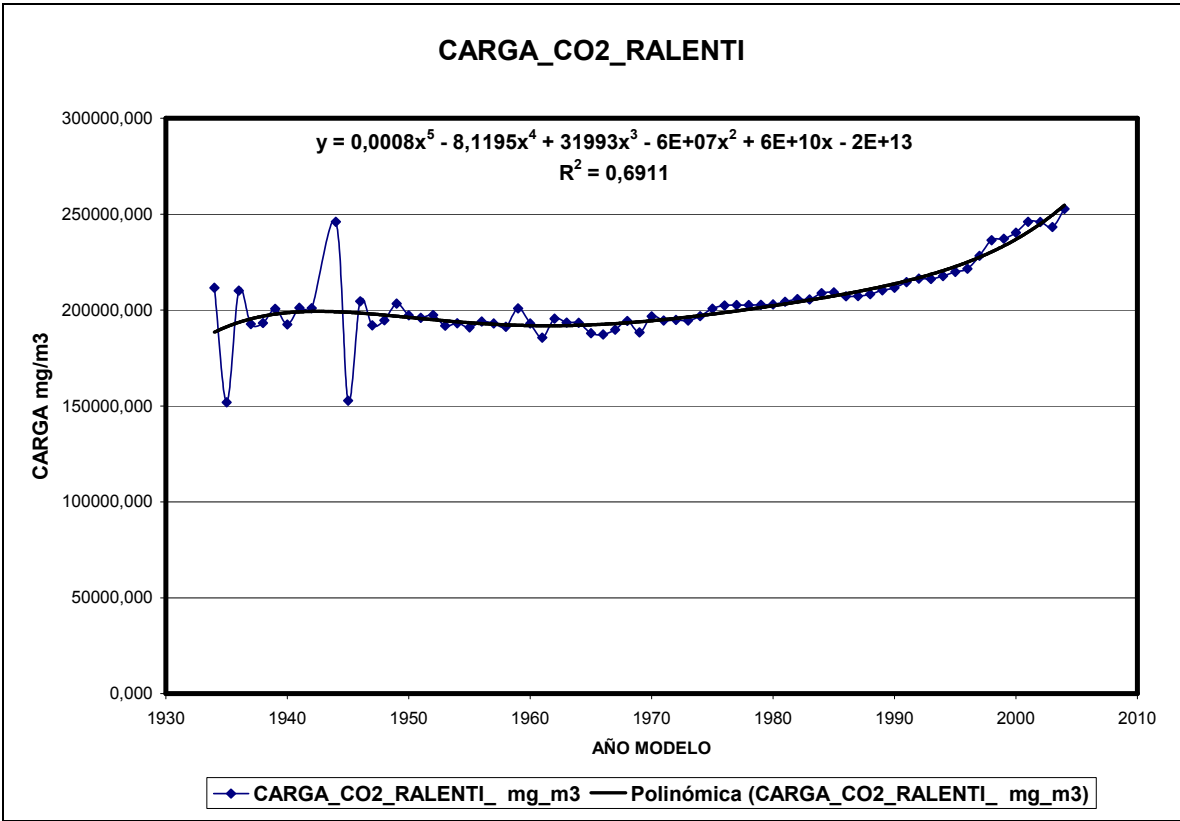
Gráfica N. 1 Carga De HC En Estado Ralenti En mg / m3 Por Año Modelo Vehicular



Gráfica N. 2 Carga De CO En Estado Ralenti En mg / m3 Por Año Modelo Vehicular

De las gráficas anteriores se observa que las tecnologías vehiculares han venido mejorando la combustión de los automotores, pero al entrar los vehículos catalizados hacia el año 1997, se observa que las emisiones con que venían los vehículos disminuyen drásticamente en casi un 100%, aunque comparando los valores iniciales contra los finales se observa que la disminución en el tiempo se realiza dentro de un 1000%.

Continuando con el estudio y para complementar las figuras anteriores, se estudia el comportamiento del CO₂, que se presenta en la siguiente gráfica:



Gráfica N. 3 Carga De CO₂ En Estado Ralenti En mg / m3 Por Año Modelo Vehicular

En esta gráfica, se observa la tendencia del aumento de las emisiones de CO₂, comportamiento totalmente real, considerando que las tecnologías buscan una mayor eficiencia en la combustión del combustible y en el caso de los catalizadores, su principio es convertir el CO en CO₂ y los hidrocarburos no quemados en CO₂ y H₂O.

Como conclusión se observa que las curvas de tendencia son polinómicas del orden seis (6) para HC y CO y del orden cinco (5) para el CO₂.

Si bien se tiene las cargas emitidas por los automotores según su año modelo, estas cargas se pueden agrupar por el rango de los año modelo establecidos en la resolución 160 de 1996, y con ello observar su aporte general en los términos de emisiones de la misma norma, o sea en ppm para los HC's y porcentaje de emisión para el CO.

Tabla N. 11. Cargas de HC, CO y CO₂ por rango de periodos según la resolución 160 de 1996

periodo	Número de vehículos monitoreados	CARGA HC mg_m3	CARGA CO mg_m3	CARGA CO2 mg_m3
1900-1974	23020	3230,142	37370,036	193428,459
1975-1980	31978	2816,148	32273,601	202552,760
1981-1990	57437	2239,729	29416,198	207580,652
1991-1995	58696	1608,023	22177,290	217546,815
1996-1997	31044	1228,133	15781,610	224932,025
1998-2000	28452	554,719	4920,441	237521,771
2001-2004	15509	374,103	3019,174	245641,592

Tendiente a la tabla anterior, se puede obtener las emisiones en ppm para los HC's y las emisiones de % de CO, con ello se puede determinar en cuanto puede ser ajustable la resolución 160 de 1996 del DAMA, ya sea para restringirla o hacerla más lapsa dependiendo el caso.

Tabla N. 12. Emisiones finales promediales para los periodos del modelo vehicular

periodo	PPM HC según res 160	PPM HC Obtenido	% CO según res 160	% CO Obtenido	% CO2 Obtenido
1900-1974	1000	694	7,0	3,3	9,9
1975-1980	800	605	5,5	2,8	10,3
1981-1990	650	481	5,0	2,6	10,6
1991-1995	500	346	4,0	1,9	11,1
1996-1997	450	264	3,5	1,4	11,5
1998-2000	300	119	2,5	0,4	12,1
2001-2004	200	80	1	0,3	12,5

Como se puede observar y comparando contra los valores de la Resolución 160 de 1996, los valores permitidos se pueden ajustar entre un 20 a un 60 por ciento teniendo en cuenta la rangos establecidos por norma.

A manera de información y observación, se obtuvo el porcentaje de CO2 que aunque no se regula, es importante para conocer la cantidad de Dióxido de Carbono se emite en el estado de estudio.

2.1.4 Obtención de los índices de emisión para HC, CO y CO₂ en estado ralenti.

Como desarrollo de la investigación, es primordial obtener unos indicadores de emisiones, que se puedan establecer en general respecto al tiempo del estado del vehículo, o sea en marcha mínima.

Así las cosas, a continuación se presentan los indicadores de emisiones dados en Kg/h.

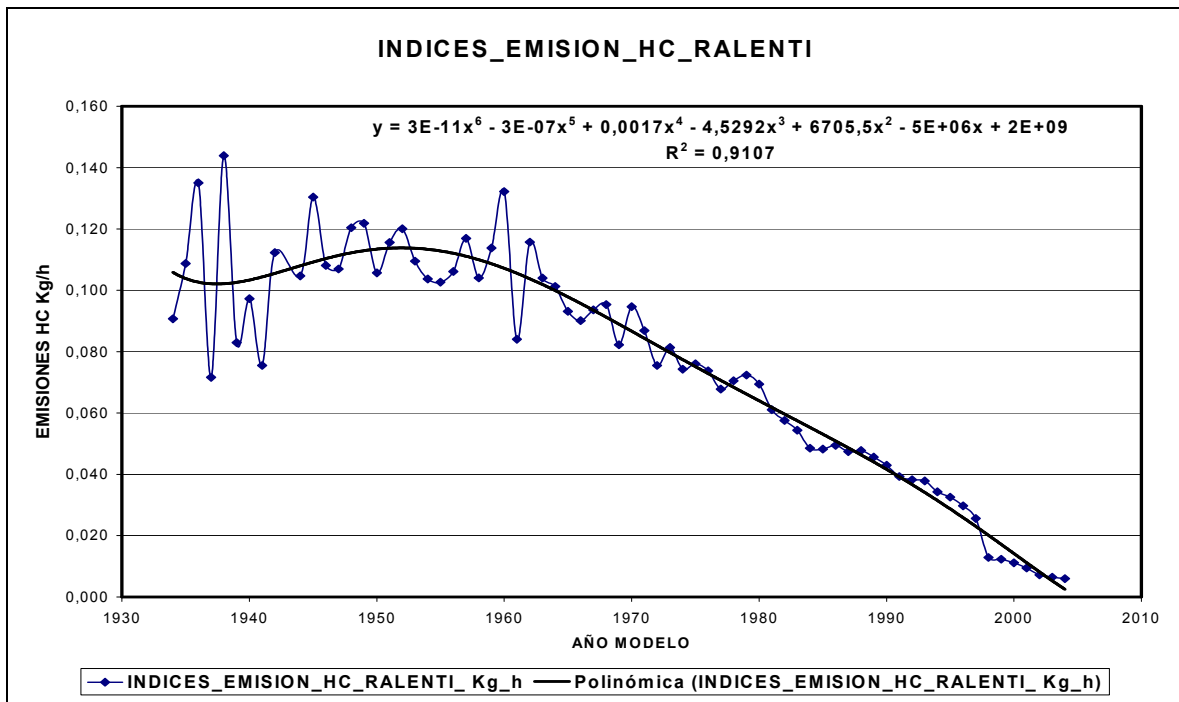
Tabla N. 13. Índices de Emisión para HC, CO y CO₂ en Estado Ralenti dado en Kg / h

modelo	Número de Vehículos Según Modelo	INDICES EMISION HC RALENTI Kg_h	INDICES EMISION CO RALENTI Kg_h	INDICES EMISION CO2 RALENTI Kg_h
1934	2	0,091	1,349	5,112
1935	1	0,109	1,702	3,679
1936	2	0,135	1,184	9,143
1937	7	0,072	0,503	4,532
1938	6	0,144	1,148	7,661
1939	21	0,083	1,034	6,122
1940	17	0,097	1,070	5,347
1941	31	0,076	1,092	6,599
1942	28	0,112	1,252	5,679
1944	1	0,105	0,349	14,721
1945	11	0,130	0,810	3,958
1946	141	0,108	1,370	7,262
1947	73	0,107	1,070	5,767
1948	183	0,120	1,205	6,153
1949	57	0,122	1,296	7,301
1950	369	0,106	1,145	6,573
1951	242	0,116	1,220	6,975
1952	326	0,120	1,156	6,312
1953	725	0,109	1,195	6,008
1954	1122	0,104	1,159	5,905
1955	1174	0,103	1,125	5,801

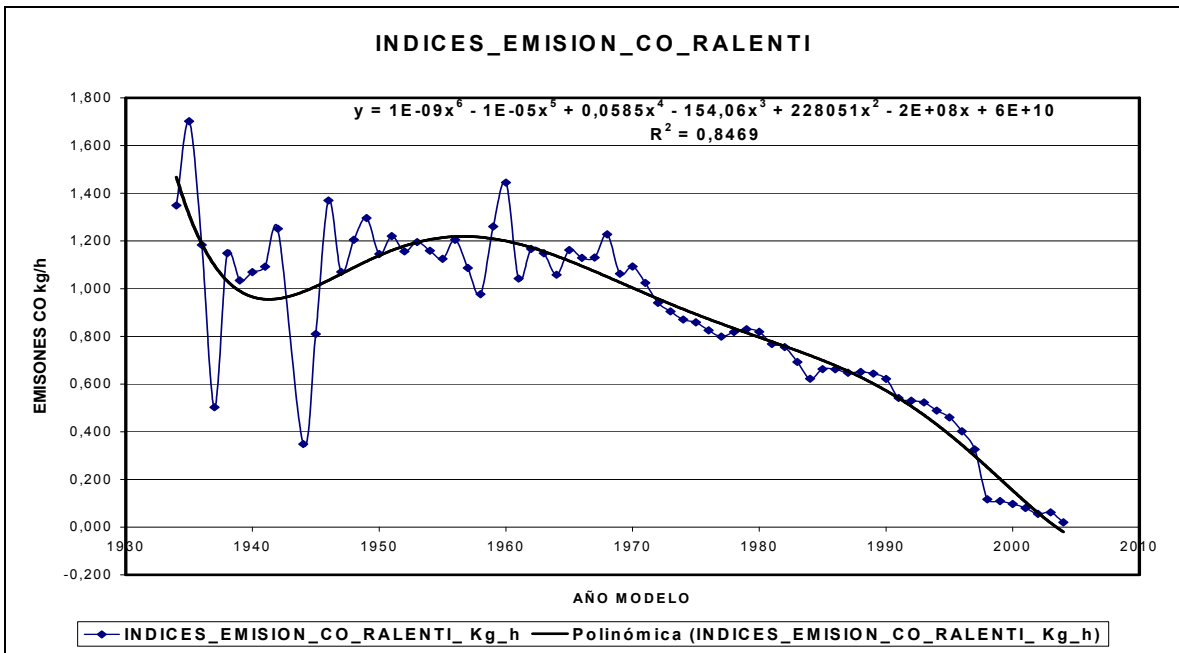
modelo	Número de Vehículos Según Modelo	INDICES EMISION HC RALENTI Kg_h	INDICES EMISION CO RALENTI Kg_h	INDICES EMISION CO2 RALENTI Kg_h
1956	839	0,106	1,205	6,321
1957	98	0,117	1,086	5,608
1958	77	0,104	0,977	5,891
1959	371	0,114	1,260	7,060
1960	504	0,132	1,445	6,940
1961	883	0,084	1,042	4,936
1962	304	0,116	1,167	5,745
1963	319	0,104	1,149	6,102
1964	329	0,101	1,059	5,706
1965	472	0,093	1,162	5,609
1966	1562	0,090	1,129	5,311
1967	1213	0,094	1,130	5,489
1968	631	0,095	1,228	5,973
1969	877	0,082	1,062	5,600
1970	1276	0,095	1,093	5,642
1971	1509	0,087	1,025	5,349
1972	1596	0,075	0,941	4,935
1973	2179	0,081	0,905	4,818
1974	3441	0,074	0,870	4,723
1975	2668	0,076	0,859	5,151
1976	3157	0,074	0,825	5,086
1977	4513	0,068	0,799	4,873
1978	5876	0,071	0,819	5,110
1979	6748	0,072	0,830	5,178
1980	9016	0,069	0,819	5,106
1981	7978	0,061	0,768	5,000
1982	8901	0,058	0,755	4,919
1983	4231	0,054	0,693	4,636
1984	4488	0,048	0,622	4,496
1985	5103	0,048	0,663	4,713
1986	4488	0,049	0,662	4,568
1987	5396	0,047	0,648	4,609
1988	6417	0,048	0,651	4,687
1989	5582	0,046	0,644	4,913
1990	4853	0,043	0,621	4,863
1991	5006	0,039	0,542	4,852
1992	6293	0,038	0,530	4,961
1993	14608	0,038	0,523	4,879
1994	15684	0,034	0,489	4,888
1995	17105	0,033	0,460	4,814
1996	15388	0,030	0,402	4,946
1997	15656	0,026	0,326	5,283

modelo	Número de Vehículos Según Modelo	INDICES EMISION HC RALENTI Kg_h	INDICES EMISION CO RALENTI Kg_h	INDICES EMISION CO2 RALENTI Kg_h
1998	15593	0,013	0,117	5,376
1999	6672	0,012	0,110	5,508
2000	6187	0,011	0,097	5,259
2001	6273	0,009	0,080	5,488
2002	6892	0,007	0,056	5,218
2003	2253	0,006	0,062	5,017
2004	91	0,006	0,020	5,190

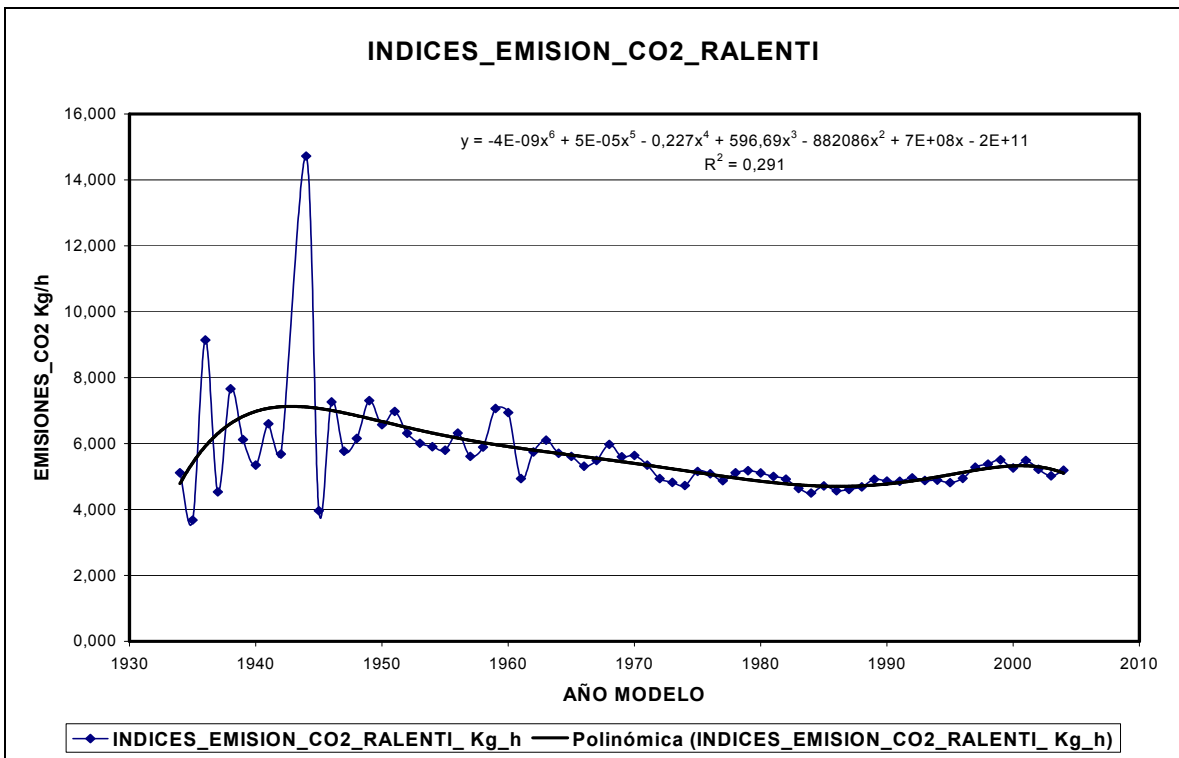
Como era de esperarse, los índices de emisión por año modelo de los vehículos, son tendientes al descenso para HC y CO y para el CO2 se observa una tendencia de estabilización, pero para ello obsérvese las siguientes gráficas:



Gráfica N. 4 Índices De Emisión De HC En Estado Ralenti Según Año Modelo De Los Vehículos



Gráfica N. 5. Índices De Emisión De CO En Estado Ralenti Según Año Modelo De Los Vehículos



Gráfica N. 6. Índices De Emisión De CO2 En Estado Ralenti Según Año Modelo De Los Vehículos

Como se puede observar, la tendencia gráfica es de reducción para los HC's y el CO, presentan una mayor pendiente que los índices de carga ello debido a que se tiene en cuenta la cantidad de vehículos que circulan en cada periodo, no obstante, para el caso del CO₂, se observa que la tendencia es de estabilidad para un promedio de 5,628 Kg/h para todos los años, mientras que el promedio para los hidrocarburos es de 0,076 Kg/h y para el Monóxido de Carbono de 0,066 Kg/h.

Tabla N. 14. Tasas de emisión calculadas por periodo de tiempo según la Resolución 160 de 1996 del DAMA.

periodo	Cantidad de Vehículos	TASA EMISION HC RALENTI Kg_h	TASA EMISION CO RALENTI Kg_h	TASA EMISION CO2 RALENTI Kg_h
1900-1974	23020	0,092	1,063	5,48
1975-1980	31978	0,071	0,822	5,09
1981-1990	57437	0,051	0,683	4,77
1991-1995	58696	0,036	0,498	4,87
1996-1997	31044	0,028	0,364	5,12
1998-2000	28452	0,012	0,111	5,38
2001-2004	15509	0,008	0,066	5,30
PROMEDIO	-----	0,076	0,855	5,628

Si bien en la tabla anterior se muestran los indicadores de tasa de emisión en Kg/h, no se conoce a ciencia cierta cual es la cantidad de toneladas de emisiones que emite el parque automotor de Bogotá por año (El año que se tomó para el estudio fue el 2003), por lo cual a continuación se realizará una proyección para los 246.136 vehículos que se estudiaron, teniendo en cuenta que en la ciudad de Bogotá se estima un total de 1'100.000 automotores circulando en la ciudad, los datos sobre el tipo de servicio no se estima confiablemente por lo cual la

estimación se realizará como si la cantidad de vehículos evaluados tanto particulares, públicos, oficiales, diplomáticos, tiene una participación homogénea en la totalidad vehicular. Además por los estudios de tiempos realizados, y conociendo que el comportamiento de circulación es completamente atípico para cada servicio, se estima que en promedio general, los vehículos permanecen cuatro horas de todo un día en estado ralentí.

Así las estimaciones para todo el parque automotor de la ciudad de Bogotá, llegan a:

PARÁMETRO	HC	CO	CO2
TONELADAS/AÑO	69168,652	866744,984	7998672,81

Se aclara que este estudio se realizó solo para el estado ralentí, el cual solo puede considerarse estima entre un 60 a un 70% del total de emisiones realizadas; como complemento a este estudio, se deberá realizar el mismo estudio para estado crucero, el cual está planteada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC en la norma 4983, y así mismo mediante la misma metodología aplicada en el estudio se realice un estudio más concienzudo para el estado dinámico, que se puede plantear en el desarrollo de las revisiones técnico mecánicas, que el Ministerio de Transporte ha establecido para todo el parque automotor de Colombia.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Hasta el momento, en Colombia todas las estimaciones desarrolladas para determinar factores de emisión, se han basado en modelos matemáticos que se aproximan o se alejan según sea el caso, de la realidad contemplada por las redes de calidad del aire de las ciudades, por ello este estudio abre una ventana a la investigación que logre determinar a ciencia cierta y mas real los verdaderos índices de contaminación vehicular o en su tiempo ser comparado con modelos más refinados.
- Si bien el estudio se desarrolló para determinar unos factores de emisión para los gases exhosto de los automotores de la ciudad de Bogotá, se logró adelantar un estudio del comportamiento de manejo de los automóviles, reafirmando que existe una gran perdida de tiempo para los pasajeros del servicio público en recorridos de una hora, donde, el 30% del tiempo de circulación el auto permanece estático, en la mayoría de los casos en estado ralentí, mientras que para los particulares este tiempo logra alcanzar el 20% del recorrido.
- Para lograr determinar los indicadores de emisión, se debió tomar una muestra aleatoria de vehículos para obtener los parámetros necesarios de determinar los flujos de salida de los gases de escape vehicular, entre ellos el diámetro del exhosto, la temperatura de los gases, su humedad, su

velocidad estática y dinámica, para luego lograr una clasificación de los vehículos conforme su cilindraje, para proceder a la obtención de sus factores de emisión.

- En el avance del estudio, se determinó que para el año 2003, el parque automotor de la ciudad de Bogotá, el porcentaje de incumplimiento de la norma ambiental, resolución 160 de 1996 del DAMA, donde se establecen los límites máximos permisibles de emisiones por año modelo del vehículo, no superó el 15%, todo ello debido al constante esfuerzo que realiza el DAMA en conjunto con la Secretaría de Transito del distrito capital, en cuanto al desarrollo de operativos de control en las calles, así como de las campañas que adelantan en conjunto con FENALCO.
- Teniendo en cuenta que el estudio se desarrolló para 246.136 vehículos, con un análisis de pruebas de emisiones vehiculares para carros modelo 1934 hasta 2004, se detalla que el comportamiento de las emisiones es tendiente a la baja, todo ello debido al constante avance en tecnologías que ayudan a su disminución, es así como se observa que una vez entra a Colombia equipos como el catalizador (1997) la curva presenta una pendiente fuerte de descenso para contaminantes como los Hidrocarburos y el Monóxido de Carbono, situación inversa para el Dióxido de Carbono, debido a que los catalizadores buscan reducir los hidrocarburos a CO₂ y agua.
- Si se estuviese buscando una justificación para hacer más estricta la normatividad en cuanto a emisiones vehiculares, el presente estudio sería

una base interesante, pues al detallar las emisiones finales promedio obtenidas para los periodos de control de la resolución 160 de 1996, (Tabla N. 12), se logra concluir que la reducción de la norma se puede hacer entre un 20% a un 60% según sea el caso.

- Analizados los resultados finales del estudio, se puntualiza que la tasa de emisión promedio para los Hidrocarburos en estado ralenti de los automotores de la ciudad de Bogotá, se encuentra en un 0,076 Kg/h, para el monóxido de carbono en 0,855 Kg/h y para el dióxido de carbono en 5,628 Kg/h.
- Teniendo en cuenta estas tasas de emisión, se concluye que en total anual se emiten 69.168,65 Toneladas de hidrocarburos, 866.744,98 Toneladas de monóxido de carbono y 79.986.672,8 Toneladas de dióxido de carbono, resultados importantes, si se analiza la importancia del efecto invernadero de nuestro planeta.
- Finalmente se recomienda tener como base este estudio, para lograr llegar a la determinación de las cantidades de las emisiones para el estado crucero, el cual se ha promovido por el Icontec y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el avance de la normatividad de revisión tecnomecánica del parque automotor.

BIBLIOGRAFIA

BOSCH. Técnica de los gases de escape para motores de gasolina: Instrucción técnica. Stuttgart: BOSCH, 2.000. 35 p.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CALDAS. Generación de contaminantes atmosféricos por fuentes móviles en la ciudad de Manizales. Manizales: CORPOCALDAS, 2.000. 18 p.

DEL PUERTO, Carlos. La contaminación del aire y sus riesgos para la salud. En: Contaminación del aire y salud: Serie Salud Ambiental. Cuba: INHEM, 1992. 125 p.

DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE. Reglamentación de los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por las fuentes móviles con motor a gasolina y diesel. Bogota: DAMA, 1.996. 3 p. : il (Resolución 160 de 1996).

FUNDACIÓN PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y EL DESARROLLO. Contaminación atmosférica por fuentes móviles. Bogotá: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, 1.992. 146 p.

GUTIERREZ, Hector. Contaminación del aire riesgos para la salud. Mexico: El manual moderno, 1.997. 380 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Calidad del aire; Vehículos automotores; Equipos de medición para emisiones de gases durante la inspección o mantenimiento; Especificaciones técnicas de equipos. Bogotá: ICONTEC, 1.997. 46 p. : il (NTC 4250).

JIMENEZ CISNEROS, Blanca Elena. La contaminación ambiental en Mexico: Causas, efectos y tecnología apropiada. Mexico: Limusa, 2.001. 925 p.

SECRETARIA DE TRANSITO Y TRANSPORTE. Primer diagnostico de contaminación por vehículos en Santa fe de Bogotá, D.C. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia, 1.997. 70 p.

STRAUSS, Werner. Contaminación del Aire: Causas, Efectos y Soluciones. México: Trillas, 1.990. 177 p.

Varón, Freddy. Vega, Fernando, Tesis de grado: Diagnostico ambiental de emisiones atmosféricas en vehículos a gasolina y métodos de control para el parque automotor del distrito capital. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2002.

Para la elaboración del presente documento se consultaron las siguientes direcciones en Internet:

<http://www.cleanairnet.org/lac/1471/article-40913.html>

<http://www.conama.cl>

<http://www.dama.gov.co>

<http://www.epa.gov/air/espanol/contaminantes/car2.html>

<http://www.ine.gob.mx/dgicurg/calaire/lineas/tendencias2.html>

http://www.ine.gob.mx/dgicurg/download/det_fact_emision_fuentes.pdf

<http://www2.ing.puc.cl/iiq/adm/academicos/profes/jorquera/moviles.pdf>

http://www.transitobogota.gov.co/admin/contenido/documentos/Gases_15_59_

54.pdf