

**MODELO DE EMISIONES VEHICULARES PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ
(EVB)**

DAYANA HERRERA MONTAÑEZ

**Proyecto de grado presentado como requisito para el título de
Ingeniera Ambiental**

**Director
EDUARDO BEHRENTZ**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2007**

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2 | JUSTIFICACIÓN | 6 |
| 3 | OBJETIVOS | 7 |
| 3.1 | OBJETIVO GENERAL | 7 |
| 3.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 7 |
| 4 | METODOLOGÍA | 8 |
| 4.1 | RECOPIACIÓN Y MANEJO DE LA INFORMACIÓN | 8 |
| 4.1.1 | Características de la flota vehicular Bogotá | 11 |
| 4.2 | DEFINICIÓN DE LOS FACTORES DE ACTIVIDAD | 13 |
| 4.3 | DEFINICIÓN DE LAS CATEGORÍAS | 14 |
| 4.3.1 | Motos | 18 |
| 4.3.2 | Buses | 19 |
| 4.3.3 | Transmilenio | 21 |
| 4.3.4 | Camiones | 21 |
| 4.3.5 | Vehículos de pasajeros. | 23 |
| 4.3.6 | Taxis. | 25 |
| 4.4 | DEFINICIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN | 25 |
| 4.5 | CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS | 29 |
| 5 | RESULTADOS DE LAS EMISIONES EN BOGOTÁ | 31 |
| 5.1 | EMISIONES VEHICULARES | 31 |
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 38 |
| 7 | REFERENCIAS | 40 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Imagen de la base de datos suministrada por la STT | 9 |
| Figura 2. Distribución de la flota..... | 11 |
| Figura 3. Distribución del combustible | 12 |
| Figura 4. Distribución del gas como combustible en taxis y VP..... | 12 |
| Figura 5. Distribución de la gasolina como combustible en taxis y VP..... | 12 |
| Figura 6. Estructura de la base de datos | 29 |
| Figura 7. Comparación de resultados para emisiones de CO | 31 |
| Figura 8. Comparación de resultados para emisiones de COV..... | 32 |
| Figura 9. Comparación de resultados para emisiones de NOx | 32 |
| Figura 10. Comparación de resultados para emisiones de PM _{2.5} | 33 |
| Figura 11. Emisión de resultados para emisiones de N ₂ O | 33 |
| Figura 12. Comparación de resultados. Emisiones de CO..... | 34 |
| Figura 13. Comparación de resultados. Emisiones de COV | 34 |
| Figura 14. Comparación de resultados. Emisiones de NOx..... | 34 |
| Figura 15. Comparación de resultados. Emisiones de MP _{2.5} | 35 |
| Figura 16. Comparación de resultados. Emisiones de N ₂ O | 35 |
| Figura 17. Emisión de MP _{2.5} según el tipo de combustible | 36 |
| Figura 18. Distribución del combustible en la categoría de los buses | 36 |
| Figura 19. Emisión de CO según el tipo de combustible | 37 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clases de vehículos..... | 10 |
| Tabla 2. Tipos de combustible..... | 10 |
| Tabla 3. Tipos de Servicio..... | 10 |
| Tabla 4. Número de vehículos por categoría..... | 11 |
| Tabla 5. Factores de Actividad..... | 14 |
| Tabla 6. Distribución de categorías..... | 15 |
| Tabla 7. Categorías definidas para toda la flota..... | 16 |
| Tabla 8. Categorías definidas para motos..... | 19 |
| Tabla 9. Categorías definidas para Buses..... | 20 |
| Tabla 10. Categorías definida para Transmilenio..... | 21 |
| Tabla 11. Categorías definidas para camiones..... | 22 |
| Tabla 12. Categorías definidas para Vehículos particulares..... | 24 |
| Tabla 13. Categorías finales para Taxis..... | 25 |
| Tabla 14. Factores de emisión para motos (g/km)..... | 26 |
| Tabla 15. Factores de emisión para buses (g/km)..... | 26 |
| Tabla 16. Factores de emisión para camiones (g/km)..... | 27 |
| Tabla 17. Factores de emisión para Transmilenio ((g/km)..... | 27 |
| Tabla 18. Factores de emisión para vehículos de pasajeros (g/km)..... | 28 |
| Tabla 19. Factores de emisión para Taxis (g/km)..... | 28 |
| Tabla 20. Resultado de emisiones vehiculares en Bogotá..... | 37 |
| Tabla 21. Emisiones vehiculares en otras ciudades..... | 37 |

1 INTRODUCCIÓN

La búsqueda de la disminución de los niveles de contaminación atmosférica es un tema en el que se ha venido trabajando a lo largo del tiempo. Ciudades como Ciudad de México, Santiago de Chile, Los Ángeles y Bogotá son identificadas rápidamente como ciudades con problemas graves de contaminación atmosférica; problemas que se ven reflejados en la salud de los ciudadanos, especialmente de personas más vulnerables como lo son niños y ancianos. Para demostrar la gravedad del problema, ha sido necesario generar modelos que permitan estimar las emisiones de contaminantes y dar un diagnóstico del ambiente que nos rodea. Ejemplos de estos modelos son: COPERT (Computer programme to calculate emissions from road transport), MOBILE (Vehicle Emission Modeling Software) e IVE (Internacional Model of Vehicular Emissions).

En el año 2005, se realizó un valioso trabajo de recopilación de información que permitió la elaboración del inventario de emisiones de fuentes móviles de la ciudad de Bogotá utilizando como herramienta de cálculo el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares IVE. Este modelo es un proyecto realizado por investigadores de la universidad de la Universidad de California y el Centro Internacional de Investigación de Sistemas Sostenibles (ISSRC) y el objetivo de su diseño es servir de herramienta para la realización del inventario de emisiones de las ciudades que requirieran evaluar la calidad del aire. Actualmente se ha utilizado en 11 ciudades a nivel mundial.

Con el ánimo de continuar con estudios que permitan el avance del conocimiento, el presente proyecto propone realizar el estimativo del inventario de emisiones vehiculares para la ciudad de Bogotá prescindiendo del uso del modelo IVE y de esta manera corroborar y mejorar la calidad de los resultados previamente obtenidos.

2 JUSTIFICACIÓN

Utilizando el modelo IVE como herramienta de cálculo se obtuvieron resultados del inventario de emisiones vehiculares para la ciudad de Bogotá. A partir de dichos resultados fue posible, por ejemplo, establecer que los buses de transporte público aportan cerca del 50% de las emisiones de material particulado en la ciudad. Así mismo se identificó que el mejoramiento de la calidad del combustible diesel es la estrategia mas eficaz para el mejoramiento de la calida del aire en la ciudad (Giraldo & Behrentz, 2005). Sin embargo, debido a la detección de ciertos errores en el algoritmo de cálculo del modelo se propuso la posibilidad de mejorar la calidad de esta información. La alternativa que se propone es sacar provecho de los factores de emisión contenidos en el modelo IVE y hacer una réplica de los cálculos de las emisiones aplicando directamente la relación matemática en la que se basan los estudios de emisiones. Adicionalmente, se propone generar una base de datos utilizando el programa ACCESS de Microsoft, diseñada de tal forma que permita hacer modificaciones en caso de ser necesarias y permita consultar sobre las características de la flota vehicular y calcular las emisiones vehiculares.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Realizar la estimación del inventario de emisiones vehiculares para la ciudad de Bogotá utilizando los factores de emisión propuestos por el proyecto IVE.

3.2 Objetivos específicos

- Recopilar información proporcionada por la secretaria de Tránsito y Transporte con el fin de actualizar los datos correspondientes a tamaño de la flota Bogotana.
- Replicar el cálculo de las emisiones vehiculares prescindiendo del uso de un modelo específico. Los contaminantes considerados son: monóxido de carbono CO, compuestos orgánicos volátiles COV, óxidos de Nitrógeno NO_x, material particulado MP₁₀, y óxido nitroso N₂O.
- Hacer un análisis comparativo entre los resultados obtenidos durante el uso del modelo IVE como herramienta de cálculo y los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto.
- Complementar la información existente sobre el tema de calidad del aire en la ciudad de Bogotá y generar una base de datos en el programa ACCESS de Microsoft que permita almacenar, modificar datos y generar resultados según el interés.

4 METODOLOGÍA

Las metodologías típicas para el cálculo de emisiones vehiculares se basan en la Ecuación 1.

$$E = fe \bullet FA \bullet N \quad (\text{Eq.1})$$

Donde,

E: es la emisión vehicular (masa del contaminante/tiempo)

fe: es el factor de emisión para un determinado contaminante (masa contaminante/distancia)

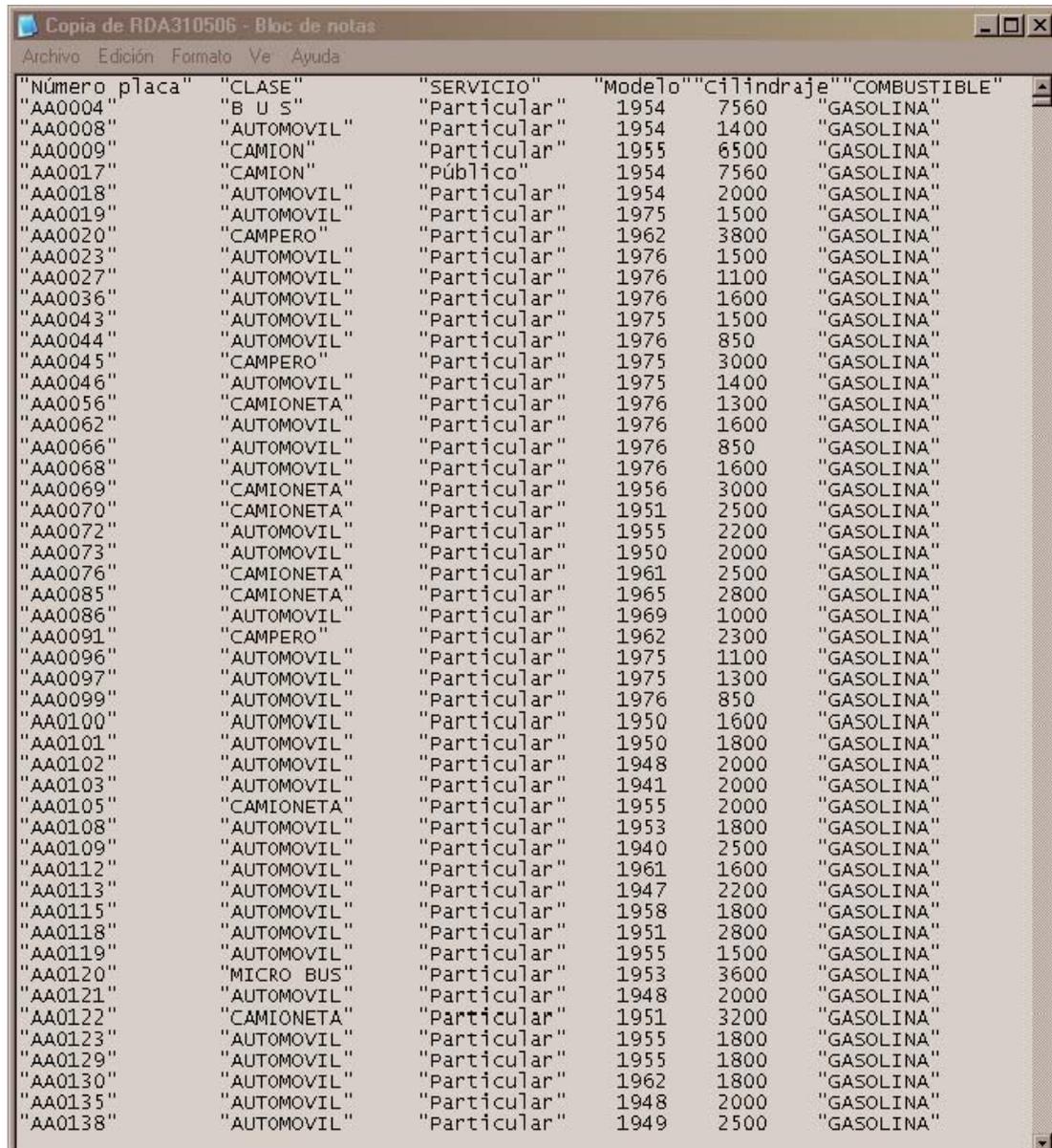
N: es el número de fuentes de la categoría vehicular (número de vehículos)

FA: es el factor de actividad característico de la categoría vehicular (distancia/tiempo)

4.1 Recopilación y manejo de la información

Para lograr obtener los datos, se solicitó la colaboración de la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá (STT), mediante la cual fue posible obtener una base de datos con 875,103 registros actualizados hasta el año 2006, concernientes a los vehículos que componen el parque automotor de la ciudad. La Figura 1 muestra el formato y el tipo de la información que se registra en esta base de datos (placa del vehículo, año modelo, cilindraje, tipo de servicio que presta y tipo de combustible que usa).

Los datos erróneos, por ejemplo registros definidos como “sin información en carpeta” o registros nulos de cilindraje fueron eliminados. De esta manera se llegó a un nuevo total de 870,464 datos válidos. Esta información contiene las clases de vehículos (ver Tabla 1), los tipos de combustible (ver Tabla 2) y tipo de servicios, definidos por la STT (ver Tabla 3)



| Número placa | CLASE | SERVICIO | Modelo | Cilindraje | COMBUSTIBLE |
|--------------|-------------|--------------|--------|------------|-------------|
| "AA0004" | "B U S" | "Particular" | 1954 | 7560 | "GASOLINA" |
| "AA0008" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1954 | 1400 | "GASOLINA" |
| "AA0009" | "CAMION" | "Particular" | 1955 | 6500 | "GASOLINA" |
| "AA0017" | "CAMION" | "Público" | 1954 | 7560 | "GASOLINA" |
| "AA0018" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1954 | 2000 | "GASOLINA" |
| "AA0019" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1975 | 1500 | "GASOLINA" |
| "AA0020" | "CAMPERO" | "Particular" | 1962 | 3800 | "GASOLINA" |
| "AA0023" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1976 | 1500 | "GASOLINA" |
| "AA0027" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1976 | 1100 | "GASOLINA" |
| "AA0036" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1976 | 1600 | "GASOLINA" |
| "AA0043" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1975 | 1500 | "GASOLINA" |
| "AA0044" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1976 | 850 | "GASOLINA" |
| "AA0045" | "CAMPERO" | "Particular" | 1975 | 3000 | "GASOLINA" |
| "AA0046" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1975 | 1400 | "GASOLINA" |
| "AA0056" | "CAMIONETA" | "Particular" | 1976 | 1300 | "GASOLINA" |
| "AA0062" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1976 | 1600 | "GASOLINA" |
| "AA0066" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1976 | 850 | "GASOLINA" |
| "AA0068" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1976 | 1600 | "GASOLINA" |
| "AA0069" | "CAMIONETA" | "Particular" | 1956 | 3000 | "GASOLINA" |
| "AA0070" | "CAMIONETA" | "Particular" | 1951 | 2500 | "GASOLINA" |
| "AA0072" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1955 | 2200 | "GASOLINA" |
| "AA0073" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1950 | 2000 | "GASOLINA" |
| "AA0076" | "CAMIONETA" | "Particular" | 1961 | 2500 | "GASOLINA" |
| "AA0085" | "CAMIONETA" | "Particular" | 1965 | 2800 | "GASOLINA" |
| "AA0086" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1969 | 1000 | "GASOLINA" |
| "AA0091" | "CAMPERO" | "Particular" | 1962 | 2300 | "GASOLINA" |
| "AA0096" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1975 | 1100 | "GASOLINA" |
| "AA0097" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1975 | 1300 | "GASOLINA" |
| "AA0099" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1976 | 850 | "GASOLINA" |
| "AA0100" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1950 | 1600 | "GASOLINA" |
| "AA0101" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1950 | 1800 | "GASOLINA" |
| "AA0102" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1948 | 2000 | "GASOLINA" |
| "AA0103" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1941 | 2000 | "GASOLINA" |
| "AA0105" | "CAMIONETA" | "Particular" | 1955 | 2000 | "GASOLINA" |
| "AA0108" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1953 | 1800 | "GASOLINA" |
| "AA0109" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1940 | 2500 | "GASOLINA" |
| "AA0112" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1961 | 1600 | "GASOLINA" |
| "AA0113" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1947 | 2200 | "GASOLINA" |
| "AA0115" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1958 | 1800 | "GASOLINA" |
| "AA0118" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1951 | 2800 | "GASOLINA" |
| "AA0119" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1955 | 1500 | "GASOLINA" |
| "AA0120" | "MICRO BUS" | "Particular" | 1953 | 3600 | "GASOLINA" |
| "AA0121" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1948 | 2000 | "GASOLINA" |
| "AA0122" | "CAMIONETA" | "Particular" | 1951 | 3200 | "GASOLINA" |
| "AA0123" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1955 | 1800 | "GASOLINA" |
| "AA0129" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1955 | 1800 | "GASOLINA" |
| "AA0130" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1962 | 1800 | "GASOLINA" |
| "AA0135" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1948 | 2000 | "GASOLINA" |
| "AA0138" | "AUTOMOVIL" | "Particular" | 1949 | 2500 | "GASOLINA" |

Figura 1. Imagen de la base de datos suministrada por la STT

Tabla 1. Clases de vehículos

| <i>Clases</i> | | | |
|---------------|----------------|----|-----------------|
| 1 | Automovil | 12 | Maq. Industrial |
| 2 | Bus | 13 | Micro bus |
| 3 | Bus Articulado | 14 | Minibus |
| 4 | Buseta | 15 | Minitractor |
| 5 | Camión | 16 | Minivan |
| 6 | Camioneta | 17 | Motocarro |
| 7 | Campero | 18 | Motocicleta |
| 8 | Ciclomoto | 19 | Motoneta |
| 9 | Cuatriciclo | 20 | Mototrcciclo |
| 10 | Doble Troque | 21 | Tractocamión |
| 11 | Maq. Agrícola | 22 | Trolebus |

Tabla 2. Tipos de combustible

| <i>Combustibles</i> | |
|---------------------|----------|
| 1 | Gasolina |
| 2 | ACPM |
| 3 | Gas |
| 4 | Gashol |
| 5 | Otro |

Tabla 3. Tipos de Servicio

| <i>Servicios</i> | |
|------------------|------------|
| 1 | Público |
| 2 | Oficial |
| 3 | Particular |

4.1.1 Características de la flota vehicular Bogotana

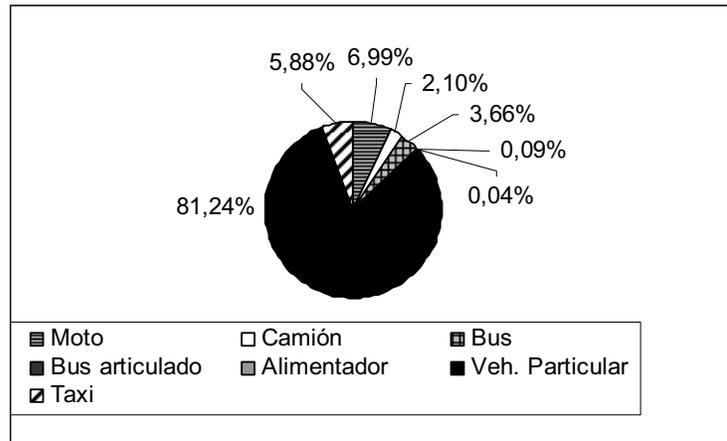


Figura 2. Distribución de la flota

Los vehículos particulares representan el porcentaje mas alto de la flota vehicular de Bogotá con un 81% que incluye automóviles particulares, camionetas y camperos. Continua en su orden la categoría de motos, que como se mencionó anteriormente, se duplicaron para el 2006. La flota de alimentadores representa menos del 1% (0.09% para articulados y 0.04 para alimentadores). En la Tabla 4 se muestra la cantidad de vehículos por cada una de las categorías.

Tabla 4. Número de vehículos por categoría

| <i>Categoría</i> | <i>Vehiculos</i> |
|---------------------|------------------|
| Motos | 60.667 |
| Camiones | 18.194 |
| Buses | 31.821 |
| Buses articulados | 805 |
| Buses alimentadores | 381 |
| Veh.Particulares | 705.432 |
| Taxis | 51.035 |
| <i>Total</i> | <i>868.335</i> |

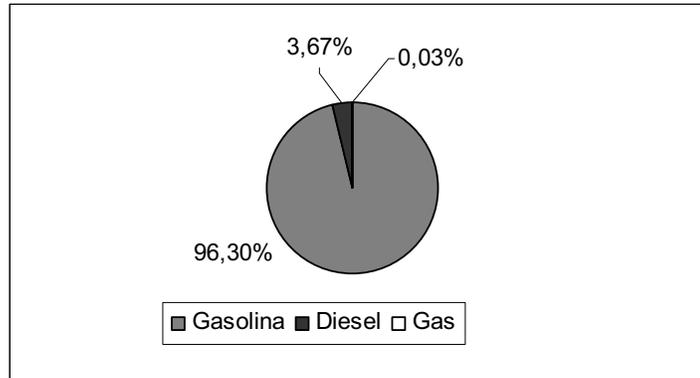


Figura 3. Distribución del uso de combustible

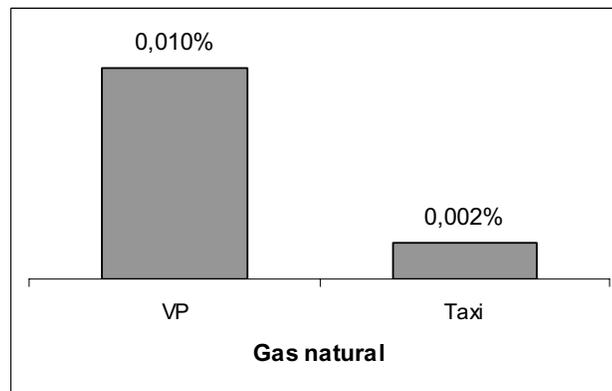


Figura 4. Distribución del gas como combustible en taxis y VP

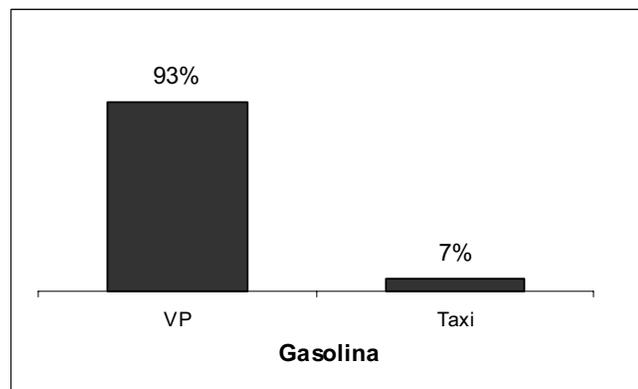


Figura 5. Distribución de la gasolina como combustible en taxis y VP

4.2 Definición de los factores de actividad

La información disponible acerca de los factores de actividad de las distintas categorías vehiculares se basa en suposiciones y simplificaciones que deben ser entendidas desde el principio. Dichos factores, sin embargo, se basan en investigaciones previas que utilizaron métodos aproximados para formarlos y que se encuentran claramente documentados (Suarez, 2005). Los factores de actividad para vehículos particulares (VP) fueron obtenidos de acuerdo a la metodología propuesta por Beherentz et al. (2005).

A partir de esta metodología se estableció una regresión lineal entre el año modelo de los vehículos y el kilometraje recorrido por los mismos, dando como resultado final las ecuaciones 2, 3 y 4 para vehículos de pasajeros (VP), camionetas y camperos (LDT, light duty trucks) y taxis (T) respectivamente.

$$\text{Kilometraje recorrido VP} = 8,000 \bullet \text{edad} + 2,500 \quad (\text{Eq.2})$$

$$\text{Kilometraje recorrido LDT} = 10,500 \bullet \text{edad} + 30,000 \quad (\text{Eq.3})$$

$$\text{Kilometraje recorrido T} = 53,000 \bullet \text{edad} \quad (\text{Eq.4})$$

$$\text{Edad} = \text{año base} - \text{año modelo} \quad (\text{Eq.5})$$

Los factores de actividad para los buses, tanto de servicio público como los buses de Transmilenio (bus articulado y bus alimentador) se tomaron del proyecto de grado desarrollado por Sepúlveda (2005). Los factores de actividad para las motos y camiones fueron los mismos valores que se definieron en el proyecto IVE. La Tabla 5 resume los factores de actividad utilizados en este estudio y los cuales se suponen constantes en el tiempo.

Tabla 5. Factores de Actividad

| <i>Categoría</i> | <i>Kilómetros al año</i> |
|------------------|--------------------------|
| Moto | 25,550 |
| Bus | 65,000 |
| Camión | 32,850 |
| Bus articulado | 80,000 |
| Bus alimentador | 76,000 |

4.3 Definición de las categorías

El modelo IVE cuenta con 1372 tecnologías vehiculares predefinidas. Estas categorías abarcan las posibles combinaciones de tecnologías presentes en los vehículos y se encuentran asociadas a un factor de emisión para los distintos contaminantes criterio (CO, MP, VOC, NO_x, óxidos de azufre SO_x), gases efecto invernadero (dióxido de carbono CO₂, metano CH₄, N₂O) y sustancias tóxicas (benceno, acetaldehído, formaldehído, amoníaco, butadieno). El desplazamiento del motor, el peso del vehículo, los cuerpos de control de emisiones, el kilometraje recorrido y el tipo de combustible utilizado, son los datos de entrada requeridos por el modelo y que permiten realizar el cálculo de las emisiones.

La información suministrada por la STT no es suficiente para correr el modelo IVE. Por esta razón fue necesario valerse de encuestas y suposiciones basadas en la experiencia de personas con conocimiento del tema para poder alimentar el modelo. Para el desarrollo de este estudio se dividió la flota de Bogotá en 6 categorías: Motos (M), Buses (B), Camiones (C), Vehículos de pasajeros (VP), Transmilenio (TM) y Taxis (T) (ver Tabla 6).

Tabla 6. Distribución de categorías

| | |
|-----------------|-----------------|
| Motos | Cuatriciclo |
| | Motocicleta |
| | Motoneta |
| | Mototriciclo |
| | Motocarro |
| | Ciclomoto |
| Buses | Bus |
| | Buseta |
| | Micro Bus |
| VP | Automovil |
| | Camioneta |
| | Campero |
| TM | Bus articulado |
| | Bus alimentador |
| Camiones | Camión |
| Taxis | Taxi |

Existen otras categorías que no fueron incluidas debido a que algunas no tenían el cilindraje registrado, otras (maquinaria agrícola e industrial) por no encontrarse en el alcance de este proyecto y otras porque el número de vehículos es muy pequeño.

El paso siguiente consistió en escoger las categorías propuestas por el modelo IVE tal que sean de alguna manera representativas de la flota vehicular bogotana.

Para este proceso se consideraron los siguientes criterios: tipo de combustible, desplazamiento del motor, tecnología de control de emisiones y kilometraje recorrido.

En total se definieron las 92 categorías (ver Tabla 7).

Tabla 7. Categorías definidas para toda la flota

| No. | Código | Descripción | Combustible | Tamaño | Control A/C | Teconología (Catalizador) | Control emisiones evaporativas | Kilometraje | Índice IVE * |
|-----------------|--------|---------------|-------------|--------|------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------|--------------|
| MOTOS | | | | | | | | | |
| 1 | M1 | Motor pequeño | Gasolina | Lv | 2-Ciclos | NO | Ninguno | 26-50K | 1171 |
| 2 | M2 | Motor pequeño | Gasolina | Lv | 2-Ciclos | NO | Ninguno | >50K | 1172 |
| 3 | M3 | Motor pequeño | Gasolina | Lv | 4-Ciclos, Carb | NO | Ninguno | 26-50K | 1207 |
| 4 | M4 | Motor pequeño | Gasolina | Lv | 4-Ciclos, Carb | NO | Ninguno | >50K | 1208 |
| 5 | M5 | Motor pequeño | Gasolina | Med | 4-Ciclos, Carb | NO | Ninguno | 26-50K | 1210 |
| 6 | M6 | Motor pequeño | Gasolina | Med | 4-Ciclos, Carb | NO | Ninguno | >50K | 1211 |
| 7 | M7 | Motor pequeño | Gasolina | Pdo | 4-Ciclos, Carb | NO | Ninguno | 26-50K | 1213 |
| 8 | M8 | Motor pequeño | Gasolina | Pdo | 4-Ciclos, Carb | NO | Ninguno | >50K | 1214 |
| CAMIONES | | | | | | | | | |
| 9 | C1 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | Carburador | Conv. | PCV | >161K km | 830 |
| 10 | C2 | Camión/Bus | Gasolina | Med | Carburador | Conv. | PCV | >161K km | 833 |
| 11 | C3 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | Carburador | Conv. | PCV | >161K km | 836 |
| 12 | C4 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | FI | Eurol | PCV | >161K km | 920 |
| 13 | C5 | Camión/Bus | Gasolina | Med | FI | Eurol | PCV | >161K km | 923 |
| 14 | C6 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | FI | Eurol | PCV | >161K km | 926 |
| 15 | C7 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | FI | Euroll | PCV | <79K km | 927 |
| 16 | C8 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | FI | Euroll | PCV | 80-161K km | 928 |
| 17 | C9 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | FI | Euroll | PCV | >161K km | 929 |
| 18 | C10 | Camión/Bus | Gasolina | Med | FI | Euroll | PCV | <79K km | 930 |
| 19 | C11 | Camión/Bus | Gasolina | Med | FI | Euroll | PCV | 80-161K km | 931 |
| 20 | C12 | Camión/Bus | Gasolina | Med | FI | Euroll | PCV | >161K km | 932 |
| 21 | C13 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | FI | Euroll | PCV | <79K km | 933 |
| 22 | C14 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | FI | Euroll | PCV | 80-161K km | 934 |
| 23 | C15 | Camión/Bus | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | Conv. | Ninguno | >161K km | 1073 |
| 24 | C16 | Camión/Bus | Diesel | Med | Inyec. Indirecta | Conv. | Ninguno | >161K km | 1076 |
| 25 | C17 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | Inyec. Indirecta | Conv. | Ninguno | >161K km | 1079 |
| 26 | C18 | Camión/Bus | Diesel | Lv | FI | Eurol | Ninguno | >161K km | 1118 |
| 27 | C19 | Camión/Bus | Diesel | Med | FI | Eurol | Ninguno | >161K km | 1121 |
| 28 | C20 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | FI | Eurol | Ninguno | >161K km | 1124 |
| 29 | C21 | Camión/Bus | Diesel | Lv | FI | Euroll | Ninguno | <79K km | 1125 |
| 30 | C22 | Camión/Bus | Diesel | Lv | FI | Euroll | Ninguno | 80-161K km | 1126 |
| 31 | C23 | Camión/Bus | Diesel | Lv | FI | Euroll | Ninguno | >161K km | 1127 |
| 32 | C24 | Camión/Bus | Diesel | Med | FI | Euroll | Ninguno | <79K km | 1128 |
| 33 | C25 | Camión/Bus | Diesel | Med | FI | Euroll | Ninguno | 80-161K km | 1129 |
| 34 | C26 | Camión/Bus | Diesel | Med | FI | Euroll | Ninguno | >161K km | 1130 |
| 35 | C27 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | FI | Euroll | Ninguno | <79K km | 1131 |
| 36 | C28 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | FI | Euroll | Ninguno | 80-161K km | 1132 |
| BUSES | | | | | | | | | |
| 37 | B1 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | Carburador | Conv. | PCV | >161K km | 830 |
| 38 | B2 | Camión/Bus | Gasolina | Med | Carburador | Conv. | PCV | >161K km | 833 |
| 39 | B3 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | Carburador | Conv. | PCV | >161K km | 836 |
| 40 | B4 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | FI | Eurol | PCV | >161K km | 920 |
| 41 | B5 | Camión/Bus | Gasolina | Med | FI | Eurol | PCV | >161K km | 923 |
| 42 | B6 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | FI | Eurol | PCV | >161K km | 926 |
| 43 | B7 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | FI | Euroll | PCV | >161K km | 929 |
| 44 | B8 | Camión/Bus | Gasolina | Med | FI | Euroll | PCV | >161K km | 932 |
| 45 | B9 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | FI | Euroll | PCV | >161K km | 935 |
| 46 | B10 | Camión/Bus | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | Conv. | Ninguno | >161K km | 1073 |
| 47 | B11 | Camión/Bus | Diesel | Med | Inyec. Indirecta | Conv. | Ninguno | >161K km | 1076 |
| 48 | B12 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | Inyec. Indirecta | Conv. | Ninguno | >161K km | 1079 |
| 49 | B13 | Camión/Bus | Diesel | Lv | FI | Eurol | Ninguno | >161K km | 1118 |
| 50 | B14 | Camión/Bus | Diesel | Med | FI | Eurol | Ninguno | >161K km | 1121 |
| 51 | B15 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | FI | Eurol | Ninguno | >161K km | 1124 |
| 52 | B16 | Camión/Bus | Diesel | Lv | FI | Euroll | Ninguno | >161K km | 1127 |
| 53 | B17 | Camión/Bus | Diesel | Med | FI | Euroll | Ninguno | >161K km | 1130 |
| 54 | B18 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | FI | Euroll | Ninguno | >161K km | 1133 |

Tabla 7. (Continuación)

| TRANSMILENIO | | | | | | | | | |
|------------------------|------|---------------------|----------|-----|------------------|-----------|---------|------------|------|
| 55 | AL | Camión/Bus | Diesel | Pdo | FI | EuroIII | Ninguno | 80-161K km | 1141 |
| 56 | TM | Camión/Bus | Diesel | Pdo | FI | EuroIII | Ninguno | 80-161K km | 1141 |
| VEHICULOS PARTICULARES | | | | | | | | | |
| 57 | VP1 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | NO | PCV | 80-161K km | 1 |
| 58 | VP2 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | NO | PCV | >161K km | 2 |
| 59 | VP3 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | NO | PCV | 80-161K km | 4 |
| 60 | VP4 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | NO | PCV | >161K km | 5 |
| 61 | VP5 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Pdo | Carburador | NO | PCV | 80-161K km | 7 |
| 62 | VP6 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Pdo | Carburador | NO | PCV | >161K km | 8 |
| 63 | VP7 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | 3-Vías | PCV | <79K km | 27 |
| 64 | VP8 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | 3-Vías | PCV | 80-161K km | 28 |
| 65 | VP9 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | 3-Vías | PCV | <79K km | 30 |
| 66 | VP10 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | 3-Vías | PCV | 80-161K km | 31 |
| 67 | VP11 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Pdo | Carburador | 3-Vías | PCV | <79K km | 33 |
| 68 | VP12 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Pdo | Carburador | 3-Vías | PCV | 80-161K km | 34 |
| 69 | VP13 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | NO | Ninguno | 80-161K km | 739 |
| 70 | VP14 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | NO | Ninguno | >161K km | 740 |
| 71 | VP15 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Med | Inyec. Indirecta | NO | Ninguno | 80-161K km | 742 |
| 72 | VP16 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Med | Inyec. Indirecta | NO | Ninguno | >161K km | 743 |
| 73 | VP17 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Pdo | Inyec. Indirecta | NO | Ninguno | 80-161K km | 745 |
| 74 | VP18 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Pdo | Inyec. Indirecta | NO | Ninguno | >161K km | 746 |
| 75 | VP19 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | Controles | Ninguno | <79K km | 747 |
| 76 | VP20 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | Controles | Ninguno | 80-161K km | 748 |
| 77 | VP21 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Med | Inyec. Indirecta | Controles | Ninguno | <79K km | 750 |
| 78 | VP22 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Med | Inyec. Indirecta | Controles | Ninguno | 80-161K km | 751 |
| 79 | VP23 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Pdo | Inyec. Indirecta | Controles | Ninguno | <79K km | 753 |
| 80 | VP24 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Pdo | Inyec. Indirecta | Controles | Ninguno | 80-161K km | 754 |
| TAXIS | | | | | | | | | |
| 81 | T1 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | NO | PCV | >161K km | 2 |
| 82 | T2 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | NO | PCV | >161K km | 5 |
| 83 | T3 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Pdo | Carburador | NO | PCV | >161K km | 8 |
| 84 | T4 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | 3-Vías | PCV | <79K km | 27 |
| 85 | T5 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | 3-Vías | PCV | 80-161K km | 28 |
| 86 | T6 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | 3-Vías | PCV | >161K km | 29 |
| 87 | T7 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | 3-Vías | PCV | >161K km | 32 |
| 88 | T8 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | NO | Ninguno | >161K km | 740 |
| 89 | T9 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Med | Inyec. Indirecta | NO | Ninguno | >161K km | 743 |
| 90 | T10 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | Controles | Ninguno | <79K km | 747 |
| 91 | T11 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | Controles | Ninguno | 80-161K km | 748 |
| 92 | T12 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | Controles | Ninguno | >161K km | 749 |

- Lv = Liviano
- Med = mediano
- Pdo = pesado
- 4-ciclos = motores de 4 tiempos
- 2 ciclos = motores de 2 tiempos
- Carb = carburador
- FI= Fuel Injection (inyección electrónica)
- NO = no tiene catalizador
- 2-Vías = catalizador de 2 vías
- 3-Vías = catalizador de 3 vías
- controles = vehículos a diesel con controles de emisión mejorados
- Conv. = convencional (se refiere a vehículos antiguos)
- EURO I = estándares EURO I, (se refiere a vehículos intermedios)
- EUROII = estándares EUROII (se refiere a vehículos nuevos)
- Ninguno = sin control de evaporaciones
- PCV = Positive Crankcase Ventilation (ventilación positiva del cárter)

* Número de identificación dado por el IVE a cada una de sus categorías predefinidas.

En las siguientes secciones se explica de forma detallada la metodología para determinar las categorías vehiculares mostradas en la Tabla 7.

4.3.1 Motos

El modelo IVE define 156 tipos de tecnologías para las motos, las cuales incluyen no solo diferentes tipos de configuraciones de motores sino el tipo de combustible utilizado.

Para este estudio, dada la situación en Bogotá se tuvieron en cuenta únicamente las tecnologías que usan gasolina. Son 81 tecnologías a partir de las cuales se lleva a cabo la siguiente caracterización:

Tamaño

- Livianas: motos con cilindraje $\leq 250 \text{ cm}^3$
- Medianas: motos con cilindraje $> 250 \text{ cm}^3$ y $< 1000 \text{ cm}^3$
- Pesadas: motos con cilindraje $\geq 1000 \text{ cm}^3$

Tipo de motor

- De 2 tiempos: motos con cilindraje $\leq 250 \text{ cm}^3$
- De 4 tiempos: motos con cilindraje $> 250 \text{ cm}^3$
- Adicionalmente se supone que todas las motos con motores de tamaño inferior a 250 cm^3 y con año modelo exclusivamente mayor a 1998 son de 4 tiempos.

Edad de las motos

Motos antiguas: Aquellas con kilometraje mayor a 50,000 km.

Motos nuevas: Aquellas con kilometraje $\geq 26,000 \text{ km}$ y $\leq 50,000 \text{ km}$.

Nota: Las motos mas nuevas tienen 1 año de edad, por lo que el kilometraje resulta un valor de 25,500km. Por esta razón los rangos usados para filtrar los datos fueron $>50,000\text{km}$ para motos antiguas y $\leq 50,000\text{km}$ para motos nuevas.

El kilometraje se calculó multiplicando la edad (Eq.5) del vehículo (moto) por el factor de actividad correspondiente (Tabla 5), que para este caso es de 25550 km./año. Luego de filtrar los datos por cada una de las categorías, se establecieron las 8 categorías de la Tabla 8.

Tabla 8. Categorías definidas para motos

| No. | Código | Descripción | Combustible | Peso | Control A/C | Catalizador | Kilometraje | Índice IVE |
|-----|--------|---------------|-------------|------|----------------|-------------|-------------|------------|
| 1 | M1 | Motor pequeño | Gasolina | Lv | 2-Ciclos | NO | 26-50K | 1171 |
| 2 | M2 | Motor pequeño | Gasolina | Lv | 2-Ciclos | NO | >50K | 1172 |
| 3 | M3 | Motor pequeño | Gasolina | Lv | 4-Ciclos, Carb | NO | 26-50K | 1207 |
| 4 | M4 | Motor pequeño | Gasolina | Lv | 4-Ciclos, Carb | NO | >50K | 1208 |
| 5 | M5 | Motor pequeño | Gasolina | Med | 4-Ciclos, Carb | NO | 26-50K | 1210 |
| 6 | M6 | Motor pequeño | Gasolina | Med | 4-Ciclos, Carb | NO | >50K | 1211 |
| 7 | M7 | Motor pequeño | Gasolina | Pdo | 4-Ciclos, Carb | NO | 26-50K | 1213 |
| 8 | M8 | Motor pequeño | Gasolina | Pdo | 4-Ciclos, Carb | NO | >50K | 1214 |

Para estas categorías se registraron un total de 60,667 motos en la base de datos de la STT. Si se compara con los resultados para el año 2004 cuyo valor fue de 32,000 se hace evidente el rápido crecimiento de esta categoría vehicular.

4.3.2 Buses

Para la selección de las sub-categorías de los buses se utilizaron los siguientes parámetros:

Tamaño

- Livianos: Buses con cilindraje $\leq 3L$
- Medianos: Buses con cilindraje $> 3L$ y $< 6L$
- Pesados: Buses con cilindraje $\geq 6L$

Combustible

- Diesel
- Gasolina

Tecnologías de control

Debido a la falta de información existente en los registros de la STT y en general a la información disponible con respecto a las tecnologías de control de los buses en Bogotá, se tomaron como referencia los siguientes estándares:

- Convencional: Buses con año modelo ≤ 1996
- EURO I: Buses con año modelo ≥ 1997 y ≤ 2000

- EUROII: Buses con año modelo \geq 2001
- EUROIII: No aplica para buses de servicio público. Se le atribuye a los buses de Transmilenio por tener la tecnología mas avanzada.

Edad de los buses

Buses antiguos: Aquellos con kilometraje mayor a 161,000 km.

Buses nuevos: Aquellos con kilometraje menor a 161,000 km

Dadas las características de actividad vehicular de la flota vehicular Bogotana, se supuso que todos los buses de la ciudad son antiguos.

Se establecieron finalmente 18 categorías para buses de servicio público (Tabla 9).

Tabla 9. Categorías definidas para Buses

| No. | Código | Descripción | Combustible | Peso | Tecnología | Kilometraje | Índice IVE |
|-----|--------|-------------|-------------|------|------------|-------------|------------|
| 1 | B1 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | Conv. | >161K km | 830 |
| 2 | B2 | Camión/Bus | Gasolina | Med | Conv. | >161K km | 833 |
| 3 | B3 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | Conv. | >161K km | 836 |
| 4 | B4 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | Eurol | >161K km | 920 |
| 5 | B5 | Camión/Bus | Gasolina | Med | Eurol | >161K km | 923 |
| 6 | B6 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | Eurol | >161K km | 926 |
| 7 | B7 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | Euroll | >161K km | 929 |
| 8 | B8 | Camión/Bus | Gasolina | Med | Euroll | >161K km | 932 |
| 9 | B9 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | Euroll | >161K km | 935 |
| 10 | B10 | Camión/Bus | Diesel | Lv | Conv. | >161K km | 1073 |
| 11 | B11 | Camión/Bus | Diesel | Med | Conv. | >161K km | 1076 |
| 12 | B12 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | Conv. | >161K km | 1079 |
| 13 | B13 | Camión/Bus | Diesel | Lv | Eurol | >161K km | 1118 |
| 14 | B14 | Camión/Bus | Diesel | Med | Eurol | >161K km | 1121 |
| 15 | B15 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | Eurol | >161K km | 1124 |
| 16 | B16 | Camión/Bus | Diesel | Lv | Euroll | >161K km | 1127 |
| 17 | B17 | Camión/Bus | Diesel | Med | Euroll | >161K km | 1130 |
| 18 | B18 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | Euroll | >161K km | 1133 |

Luego de clasificar la flota de buses, se registraron 12,405 buses, 12,755 micro buses y 6,661 busetas para un total de 31,821 vehículos que pertenecen a la categoría de Buses.

4.3.3 Transmilenio

La fracción de Transmilenio se divide en buses articulados y buses alimentadores. Como se discutió anteriormente, para Transmilenio se supuso correspondiente a buses EURO III en el modelo IVE. Finalmente se establecieron las categorías para buses articulados (TM) y para los buses alimentadores (AL) (ver Tabla 10).

Tabla 10. Categorías definida para Transmilenio

| No. | Código | Descripción | Combustible | Tamaño | Tecnología | Kilometraje | Índice IVE |
|-----|--------|-------------|-------------|--------|------------|-------------|------------|
| 1 | AL | Truck/Bus | Diesel | Pdo | EuroIII | 80-161K km | 1141 |
| 2 | TM | Truck/Bus | Diesel | Pdo | EuroIII | 80-161K km | 1141 |

Para el año 2006 existen en Bogotá 805 buses articulados y 381 buses alimentadores (Sepúlveda, 2005).

4.3.4 Camiones

Para los camiones se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

Tamaño

- Livianos: Camiones con cilindraje $\leq 4L$
- Medianos: Camiones con cilindraje $>4L$ y $< 8L$
- Pesados: Camiones con cilindraje $\geq 8L$

Combustible

- Diesel
- Gasolina

Tecnologías de control

- Convencional: Camiones con año modelo ≤ 1996
- EURO I: Camiones con año modelo ≥ 1997 y ≤ 2000
- EURO II: Camiones con año modelo ≥ 2001

Edad de los camiones

Camiones antiguos: Aquellas con kilometraje > 161,000 km.

Camiones intermedios: Aquellas con kilometraje $\geq 80,000$ km y $\leq 161,000$ km.

Camiones nuevos: Aquellas con kilometraje $\leq 79,000$ km.

Nota: Para realizar el filtro de los datos para los camiones nuevos, se tomó como rango $\leq 79,999$ para no descartar los valores incluidos en ese rango.

Para los camiones se usó un factor de actividad de 32,850 km/año (ver Tabla 5).

En la Tabla 11 se muestran las categorías que finalmente quedaron establecidas para la flota de camiones y se resaltan las variaciones mencionadas. Al final del proceso se contabilizaron un total de 18,194 camiones.

Tabla 11. Categorías definidas para camiones

| No. | Código | Descripción | Combustible | Peso | Tecnología | Kilometraje | Índice IVE |
|-----|--------|-------------|-------------|------|------------|-------------|------------|
| 1 | C1 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | Conv. | >161K km | 830 |
| 2 | C2 | Camión/Bus | Gasolina | Med | Conv. | >161K km | 833 |
| 3 | C3 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | Conv. | >161K km | 836 |
| 4 | C4 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | Eurol | >161K km | 920 |
| 5 | C5 | Camión/Bus | Gasolina | Med | Eurol | >161K km | 923 |
| 6 | C6 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | Eurol | >161K km | 926 |
| 7 | C7 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | Euroll | <79K km | 927 |
| 8 | C8 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | Euroll | 80-161K km | 928 |
| 9 | C9 | Camión/Bus | Gasolina | Lv | Euroll | >161K km | 929 |
| 10 | C10 | Camión/Bus | Gasolina | Med | Euroll | <79K km | 930 |
| 11 | C11 | Camión/Bus | Gasolina | Med | Euroll | 80-161K km | 931 |
| 12 | C12 | Camión/Bus | Gasolina | Med | Euroll | >161K km | 932 |
| 13 | C13 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | Euroll | <79K km | 933 |
| 14 | C14 | Camión/Bus | Gasolina | Pdo | Euroll | 80-161K km | 934 |
| 15 | C15 | Camión/Bus | Diesel | Lv | Conv. | >161K km | 1073 |
| 16 | C16 | Camión/Bus | Diesel | Med | Conv. | >161K km | 1076 |
| 17 | C17 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | Conv. | >161K km | 1079 |
| 18 | C18 | Camión/Bus | Diesel | Lv | Eurol | >161K km | 1118 |
| 19 | C19 | Camión/Bus | Diesel | Med | Eurol | >161K km | 1121 |
| 20 | C20 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | Eurol | >161K km | 1124 |
| 21 | C21 | Camión/Bus | Diesel | Lv | Euroll | <79K km | 1125 |
| 22 | C22 | Camión/Bus | Diesel | Lv | Euroll | 80-161K km | 1126 |
| 23 | C23 | Camión/Bus | Diesel | Lv | Euroll | >161K km | 1127 |
| 24 | C24 | Camión/Bus | Diesel | Med | Euroll | <79K km | 1128 |
| 25 | C25 | Camión/Bus | Diesel | Med | Euroll | 80-161K km | 1129 |
| 26 | C26 | Camión/Bus | Diesel | Med | Euroll | >161K km | 1130 |
| 27 | C27 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | Euroll | <79K km | 1131 |
| 28 | C28 | Camión/Bus | Diesel | Pdo | Euroll | 80-161K km | 1132 |

4.3.5 Vehículos de pasajeros.

Para los vehículos de pasajeros se consideraron los siguientes parámetros:

Tamaño

- Livianos: VP con cilindraje < 2L
- Medianos: VP con cilindraje $\geq 2L$ y $\leq 4L$
- Pesados: VP con cilindraje ≥ 4

Combustible

- Diesel
- Gasolina

Tecnologías de control

- **Sin catalizador:** Se supone que son todos aquellos cuyo año modelo es menor a 1997
- **Con catalizador:** aquellos vehículos con año modelo mayor o igual a 1997.
- Se supone que todos los vehículos cuentan con PCV¹

Estas suposiciones tienen que ver con la reglamentación ambiental vigente en Colombia. La resolución 005 del 9 de Enero de 1996² (modificada parcialmente por la Resolución 909 de 1996) en su Artículo 14: "Control de Emisiones Evaporativas"; establece que toda fuente móvil con motor a gasolina, sea importada o ensamblada en el país, que vaya a transitar en el territorio nacional a partir del año modelo 1997, deberá contar con un sistema de control de emisiones evaporativas tal que se cumplan los estándares de emisión establecidos en esa resolución.

¹ Ventilación positiva del cárter. Es un sistema que elimina vapores dañinos del motor y evita que salgan a la atmósfera. El cárter es la pieza que cubre el motor y almacena el aceite usado en la lubricación y si no se ventila adecuadamente, el aceite se contamina con los vapores y se forman cúmulos de lodo.

² Resolución de los Ministerios del Medio Ambiente y Transporte, que reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diesel, y se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones y se adoptan otras disposiciones

La Tabla 12 muestra las categorías finales definidas en este proyecto.

Nota:

- Se definieron como VP todos los vehículos de clase *automóvil* cuyo servicio fuera diferente de público (Vp), es decir, particular u oficial; y todos los vehículos de clase camioneta y campero (C&C).
- Fue necesario calcular el kilometraje (km/año) para cada uno de ellos implementando las ecuaciones 2, 3, 4 y 5.

Edad de los Vehículos de pasajeros

Vehículos antiguos: Aquellos con kilometraje > 161,000 km.

Vehículos intermedios: Aquellos con kilometraje $\geq 80,000$ km y $\leq 161,000$ km.

Vehículos nuevos: Aquellos con kilometraje $\leq 79,000$ km

El conteo total fue de 507,217 Vp y 198,215 C&C, para un total de 705,432 vehículos de categoría VP.

Tabla 12. Categorías definidas para Vehículos particulares

| No. | Código | Descripción | Combustible | Peso | Control A/C | Catalizador | Kilometraje | Índice IVE |
|-----|--------|---------------------|-------------|------|------------------|-------------|-------------|------------|
| 1 | VP1 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | NO | 80-161K km | 1 |
| 2 | VP2 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | NO | >161K km | 2 |
| 3 | VP3 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | NO | 80-161K km | 4 |
| 4 | VP4 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | NO | >161K km | 5 |
| 5 | VP5 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Pdo | Carburador | NO | 80-161K km | 7 |
| 6 | VP6 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Pdo | Carburador | NO | >161K km | 8 |
| 7 | VP7 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | 3-Vías | <79K km | 27 |
| 8 | VP8 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | 3-Vías | 80-161K km | 28 |
| 9 | VP9 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | 3-Vías | <79K km | 30 |
| 10 | VP10 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | 3-Vías | 80-161K km | 31 |
| 11 | VP11 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Pdo | Carburador | 3-Vías | <79K km | 33 |
| 12 | VP12 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Pdo | Carburador | 3-Vías | 80-161K km | 34 |
| 13 | VP13 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | NO | 80-161K km | 739 |
| 14 | VP14 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | NO | >161K km | 740 |
| 15 | VP15 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Med | Inyec. Indirecta | NO | 80-161K km | 742 |
| 16 | VP16 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Med | Inyec. Indirecta | NO | >161K km | 743 |
| 17 | VP17 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Pdo | Inyec. Indirecta | NO | 80-161K km | 745 |
| 18 | VP18 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Pdo | Inyec. Indirecta | NO | >161K km | 746 |
| 19 | VP19 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | Controles | <79K km | 747 |
| 20 | VP20 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec. Indirecta | Controles | 80-161K km | 748 |
| 21 | VP21 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Med | Inyec. Indirecta | Controles | <79K km | 750 |
| 22 | VP22 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Med | Inyec. Indirecta | Controles | 80-161K km | 751 |
| 23 | VP23 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Pdo | Inyec. Indirecta | Controles | <79K km | 753 |
| 24 | VP24 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Pdo | Inyec. Indirecta | Controles | 80-161K km | 754 |

4.3.6 Taxis.

Los parámetros que se siguieron para los taxis fueron similares a aquellos utilizados para los VP. Se contaron los vehículos de clase *automóvil* pero con tipo de servicio público que se encontraban registrados en la base de datos de la STT. El total contado fue de 51,035 taxis. La Tabla 13 muestra las categorías finales para taxis.

Tabla 13. Categorías finales para Taxis

| No. | Código | Descripción | Combustible | Peso | Control A/C | Catalizador | Kilometraje | Índice IVE |
|-----|--------|---------------------|-------------|------|-----------------|-------------|-------------|------------|
| 1 | T1 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | NO | >161K km | 2 |
| 2 | T2 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | NO | >161K km | 5 |
| 3 | T3 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Pdo | Carburador | NO | >161K km | 8 |
| 4 | T4 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | 3-Vías | <79K km | 27 |
| 5 | T5 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | 3-Vías | 80-161K km | 28 |
| 6 | T6 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Lv | Carburador | 3-Vías | >161K km | 29 |
| 7 | T7 | Auto/Camión pequeño | Gasolina | Med | Carburador | 3-Vías | >161K km | 32 |
| 8 | T8 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec.Indirecta | NO | >161K km | 740 |
| 9 | T9 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Med | Inyec.Indirecta | NO | >161K km | 743 |
| 10 | T10 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec.Indirecta | Controles | <79K km | 747 |
| 11 | T11 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec.Indirecta | Controles | 80-161K km | 748 |
| 12 | T12 | Auto/Camión pequeño | Diesel | Lv | Inyec.Indirecta | Controles | >161K km | 749 |

4.4 Definición de los factores de emisión

Los factores de emisión son valores que representan la cantidad producida (en masa) de un contaminante por unidad de distancia recorrida.

Una vez seleccionadas las categorías para las fracciones de motos, buses, camiones, Vehículos de pasajeros, Transmilenio y Taxis, se toma se utiliza el factor de emisión que el modelo IVE ha designado a cada una de esas categorías. Desde la Tabla 14 hasta la Tabla 19 se muestran los valores de los factores de emisión (en gramos por kilómetro) para las categorías y para cada uno de los 5 contaminantes definidos.

Tabla 14. Factores de emisión para motos (g/km)

| Código | Índice IVE | CO | COV | NOx | MP2.5 | N20 |
|--------|------------|-----|-----|------|-------|-----|
| M1 | 1171 | 11 | 6,5 | 0,04 | 0,2 | 0,0 |
| M2 | 1172 | 15 | 8,3 | 0,05 | 0,2 | 0,0 |
| M3 | 1207 | 6,5 | 1,6 | 0,2 | 0,02 | 0,0 |
| M4 | 1208 | 8,3 | 2,0 | 0,3 | 0,03 | 0,0 |
| M5 | 1210 | 8,1 | 2,0 | 0,3 | 0,03 | 0,0 |
| M6 | 1211 | 10 | 2,6 | 0,4 | 0,04 | 0,0 |
| M7 | 1213 | 16 | 4,0 | 0,6 | 0,06 | 0,0 |
| M8 | 1214 | 20 | 5,2 | 0,8 | 0,08 | 0,0 |

Tabla 15. Factores de emisión para buses (g/km)

| Código | Índice IVE | CO | COV | NOx | MP2.5 | N20 |
|--------|------------|-----|-----|-----|-------|-------|
| B1 | 830 | 91 | 4,6 | 4,3 | 0,09 | 0,001 |
| B2 | 833 | 123 | 6,2 | 5,8 | 0,08 | 0,003 |
| B3 | 836 | 148 | 7,5 | 6,9 | 0,08 | 0,006 |
| B4 | 920 | 91 | 4,6 | 4,3 | 0,09 | 0,01 |
| B5 | 923 | 123 | 6,2 | 5,8 | 0,08 | 0,05 |
| B6 | 926 | 148 | 7,5 | 6,9 | 0,08 | 0,09 |
| B7 | 929 | 81 | 4,6 | 3,7 | 0,05 | 0,01 |
| B8 | 932 | 109 | 6,2 | 5,1 | 0,05 | 0,05 |
| B9 | 935 | 131 | 7,5 | 6,0 | 0,05 | 0,09 |
| B10 | 1073 | 5,3 | 1,0 | 7,9 | 0,3 | 0,001 |
| B11 | 1076 | 7,9 | 1,5 | 11 | 0,4 | 0,003 |
| B12 | 1079 | 12 | 2,3 | 18 | 1,5 | 0,006 |
| B13 | 1118 | 5,3 | 1,0 | 7,9 | 0,3 | 0,001 |
| B14 | 1121 | 7,9 | 1,5 | 11 | 0,4 | 0,003 |
| B15 | 1124 | 12 | 2,3 | 18 | 1,5 | 0,006 |
| B16 | 1127 | 4,7 | 1,0 | 6,9 | 0,2 | 0,001 |
| B17 | 1130 | 7,0 | 1,5 | 10 | 0,2 | 0,003 |
| B18 | 1133 | 10 | 2,3 | 15 | 0,9 | 0,006 |

Tabla 16. Factores de emisión para camiones (g/km)

| Código | Indice IVE | CO | COV | NOx | MP2.5 | N20 |
|--------|------------|-----|-----|-----|-------|-------|
| C1 | 1050 | 91 | 4,6 | 4,3 | 0,09 | 0 |
| C2 | 10021 | 123 | 6,2 | 5,8 | 0,08 | 0,003 |
| C3 | 1250 | 148 | 7,5 | 6,9 | 0,08 | 0,01 |
| C4 | 75 | 91 | 4,6 | 4,3 | 0,09 | 0,01 |
| C5 | 101 | 123 | 6,2 | 5,8 | 0,08 | 0,05 |
| C6 | 6 | 148 | 7,6 | 6,9 | 0,08 | 0,09 |
| C7 | 67 | 50 | 3,3 | 3,3 | 0,02 | 0,01 |
| C8 | 19 | 62 | 3,8 | 3,5 | 0,02 | 0,01 |
| C9 | 14 | 81 | 4,6 | 3,7 | 0,05 | 0,01 |
| C10 | 170 | 68 | 4,4 | 4,5 | 0,02 | 0,04 |
| C11 | 54 | 84 | 5,2 | 4,7 | 0,01 | 0,05 |
| C12 | 33 | 109 | 6,3 | 5,0 | 0,05 | 0,05 |
| C13 | 22 | 82 | 5,3 | 5,4 | 0,02 | 0,07 |
| C14 | 8 | 101 | 6,2 | 5,6 | 0,01 | 0,08 |
| C15 | 468 | 5,3 | 1,0 | 7,9 | 0,3 | 0,00 |
| C16 | 2317 | 7,9 | 1,5 | 11 | 0,4 | 0,00 |
| C17 | 906 | 12 | 2,4 | 18 | 1,5 | 0,01 |
| C18 | 174 | 5,3 | 1,0 | 7,9 | 0,3 | 0,001 |
| C19 | 161 | 7,9 | 1,5 | 11 | 0,4 | 0,003 |
| C20 | 30 | 12 | 2,3 | 18 | 1,5 | 0,01 |
| C21 | 283 | 4,2 | 0,9 | 6,7 | 0,06 | 0,001 |
| C22 | 107 | 4,4 | 0,9 | 6,8 | 0,1 | 0,001 |
| C23 | 30 | 4,7 | 1,0 | 6,9 | 0,2 | 0,001 |
| C24 | 310 | 6,2 | 1,4 | 9,8 | 0,07 | 0,003 |
| C25 | 302 | 6,5 | 1,4 | 10 | 0,1 | 0,003 |
| C26 | 33 | 7,0 | 1,5 | 10 | 0,2 | 0,003 |
| C27 | 61 | 9,6 | 2,1 | 15 | 0,09 | 0,01 |
| C28 | 122 | 10 | 2,2 | 15 | 0,1 | 0,01 |

Tabla 17. Factores de emisión para Transmilenio (g/km)

| Código | Indice IVE | CO | COV | NOx | MP2.5 | N20 |
|--------|------------|-----|-----|-----|-------|------|
| AL | 1141 | 7,1 | 1,5 | 10 | 0,1 | 0,08 |
| TM | 1141 | 7,1 | 1,5 | 10 | 0,1 | 0,08 |

Tabla 18. Factores de emisión para vehículos de pasajeros (g/km)

| Código | Indice IVE | CO | COV | NOx | MP2.5 | N20 |
|--------|------------|-----|-----|-----|-------|--------|
| VP1 | 1 | 27 | 3,3 | 2,0 | 0,002 | 0,0003 |
| VP2 | 2 | 34 | 4,2 | 2,1 | 0,006 | 0,0003 |
| VP3 | 4 | 27 | 3,3 | 2,0 | 0,002 | 0 |
| VP4 | 5 | 34 | 4,2 | 2,1 | 0,007 | 0,001 |
| VP5 | 7 | 28 | 4,4 | 3,5 | 0,002 | 0,001 |
| VP6 | 8 | 34 | 5,2 | 3,5 | 0,070 | 0,002 |
| VP7 | 27 | 3,0 | 0,1 | 0,7 | 0,002 | 0,004 |
| VP8 | 28 | 9,4 | 0,3 | 0,9 | 0,002 | 0,005 |
| VP9 | 30 | 10 | 0,3 | 1,9 | 0,002 | 0,010 |
| VP10 | 31 | 13 | 0,6 | 1,9 | 0,002 | 0,010 |
| VP11 | 33 | 12 | 0,4 | 2,3 | 0,002 | 0,020 |
| VP12 | 34 | 16 | 0,7 | 2,3 | 0,002 | 0,020 |
| VP13 | 739 | 1,6 | 0,9 | 1,1 | 0,07 | 0,0003 |
| VP14 | 740 | 2,0 | 1,3 | 1,2 | 0,1 | 0,0003 |
| VP15 | 742 | 1,6 | 0,9 | 1,1 | 0,07 | 0 |
| VP16 | 743 | 2,0 | 1,3 | 1,2 | 0,1 | 0 |
| VP17 | 745 | 1,6 | 0,9 | 1,1 | 0,07 | 0 |
| VP18 | 746 | 2,0 | 1,3 | 1,2 | 0,18 | 0,002 |
| VP19 | 747 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,05 | 0,0003 |
| VP20 | 748 | 0,7 | 0,3 | 0,9 | 0,07 | 0,0003 |
| VP21 | 750 | 0,6 | 0,2 | 0,7 | 0,05 | 0,001 |
| VP22 | 751 | 0,7 | 0,3 | 0,8 | 0,07 | 0,001 |
| VP23 | 753 | 0,6 | 0,2 | 0,7 | 0,06 | 0,001 |
| VP24 | 754 | 0,7 | 0,3 | 0,8 | 0,07 | 0,001 |

Tabla 19. Factores de emisión para Taxis (g/km)

| Código | Indice IVE | CO | COV | NOx | MP2.5 | N20 |
|--------|------------|-----|-----|-----|-------|-------|
| T1 | 2 | 34 | 4,2 | 2,1 | 0,01 | 0 |
| T2 | 5 | 34 | 4,2 | 2,1 | 0,01 | 0,001 |
| T3 | 8 | 34 | 5,2 | 3,5 | 0,07 | 0,002 |
| T4 | 27 | 3,0 | 0,1 | 0,7 | 0,002 | 0,004 |
| T5 | 28 | 9,4 | 0,3 | 0,9 | 0,002 | 0,005 |
| T6 | 29 | 20 | 0,6 | 1,2 | 0,01 | 0,005 |
| T7 | 32 | 18 | 1,0 | 1,9 | 0,01 | 0,01 |
| T8 | 740 | 2,0 | 1,3 | 1,2 | 0,1 | 0 |
| T9 | 743 | 2,0 | 1,3 | 1,2 | 0,1 | 0,001 |
| T10 | 747 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,05 | 0 |
| T11 | 748 | 0,7 | 0,3 | 0,9 | 0,07 | 0 |
| T12 | 749 | 0,9 | 0,6 | 1,1 | 0,1 | 0 |

4.5 Creación de la base de datos

La base de datos generada en este proyecto fue elaborada en el programa ACCESS el cual GESTOR DE BASES DE DATOS RELACIONAL que permite organizar la información de modo sistemático. Es un conjunto de tablas relacionadas entre ellas y que forman una entidad única. Denomina “campos” al nombre de la columna que contendrá la información y los “registros” son los datos que se introducen relacionados al nombre del campo. Además de las tablas tiene otros objetos como las consultas, los formularios y los informes que son herramientas interesantes y útiles para el manejo de gran información.

La estructura de la base de datos se ilustra en la Figura 6.

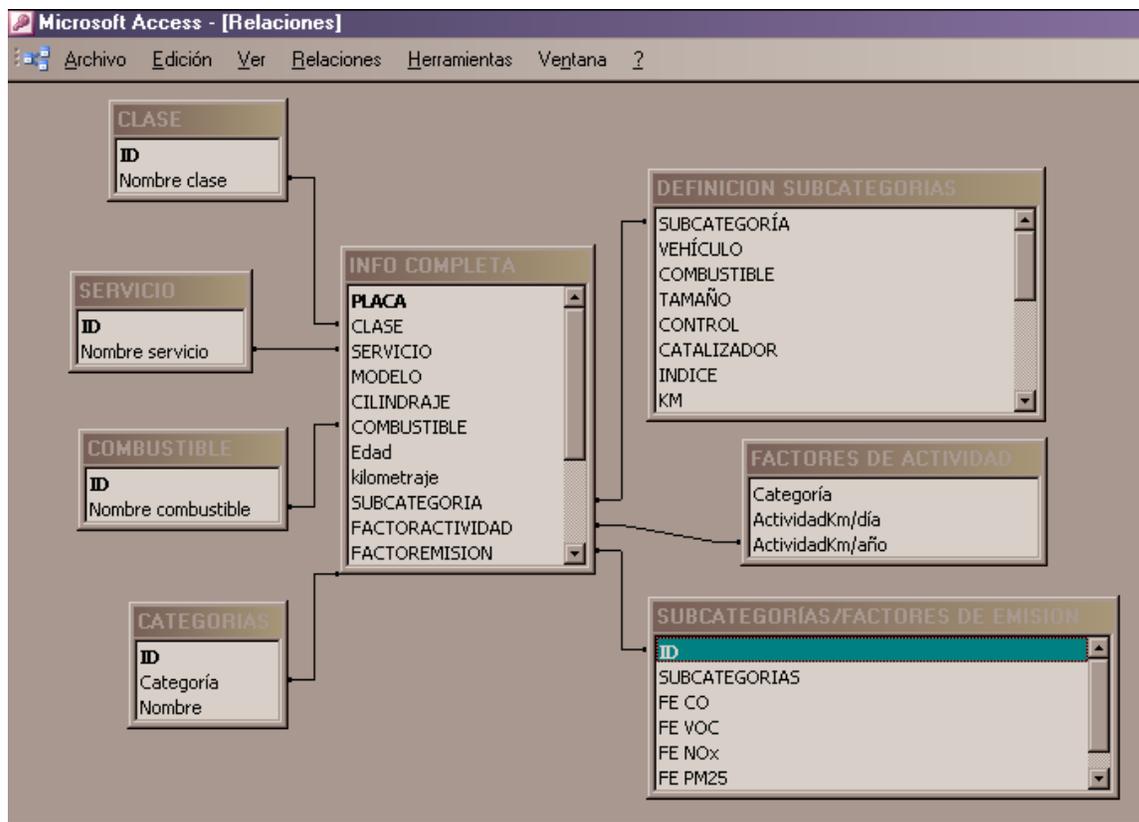


Figura 6. Estructura de la base de datos

Definición de las tablas:

- **Info. Completa:** es la tabla principal y contiene datos como placa, modelo, combustible, factor de actividad, factor de emisión y categoría de todos los vehículos registrados por la STT.
- **Servicio:** define los tipos de servicio registrados por la STT
- **Combustible:** define los tipos de combustible registrados por la STT
- **Clase:** define las clases de vehículos registrados por la STT
- **Categoría:** define las 7 categorías principales establecidas en este proyecto
- **Subcategorías/Factores de emisión:** contiene los factores de emisión en (g/km) establecidos por el IVE, para cada una de las subcategorías definidas en este proyecto
- **Factores de actividad:** contiene los valores de actividad vehicular que se supusieron constantes en el tiempo
- **Definición de subcategorías:** explica claramente las características (tamaño, combustible, control de emisiones, kilometraje, etc) de las subcategorías definidas en este proyecto.

A partir de estos datos, es posible consultar todo tipo de información relacionada con las características de la flota vehicular bogotana, factores de emisión de las diferentes categorías de vehículos y factores de actividad.

5 RESULTADOS DE LAS EMISIONES EN BOGOTÁ

5.1 Emisiones vehiculares

Las figuras a continuación (Figura 7- Figura11) muestran los resultados obtenidos en este proyecto, organizados de la siguiente manera:

- *Sin el modelo*: se refiere a los resultados obtenidos durante el proyecto IVE previos a correr el modelo.
- *IVE*: se refiere a los resultados obtenidos luego de haber corrido el modelo
- *EVB*: se refiere a los resultados obtenidos en este proyecto.

Se puede observar, en todas las gráficas, que las emisiones (toneladas/día) calculadas usando el modelo IVE son significativamente superiores a aquellas calculadas prescindiendo del modelo. Por otro lado si se comparan las emisiones calculadas bajo la misma metodología, se puede ver que los resultados son similares. Por lo general, las emisiones calculadas en este proyecto son mayores a las calculadas *sin el modelo*, lo que se debe muy probablemente a las diferencias entre las metodologías, y al hecho de que el número de fuentes registradas en la STT aumentó para el año 2006, lo cual se ve reflejado en un aumento de las emisiones.

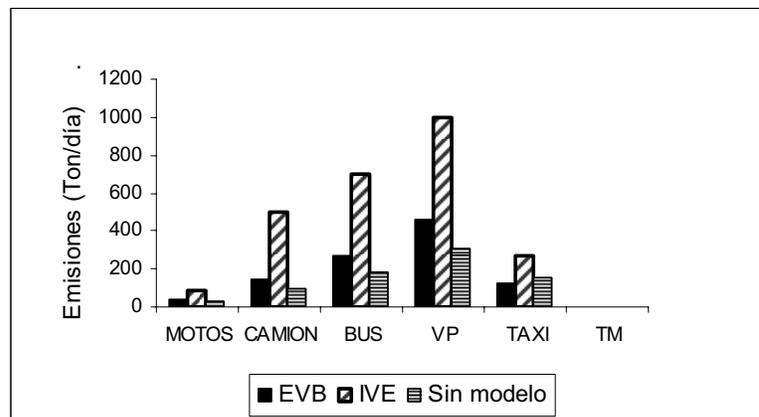


Figura 7. Comparación de resultados para emisiones de CO

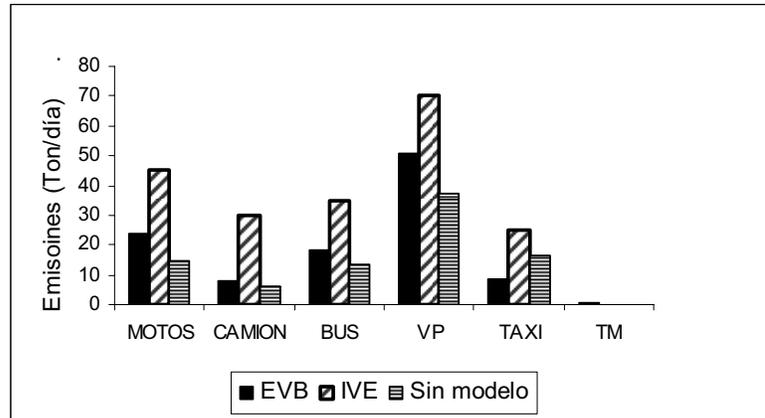


Figura 8. Comparación de resultados para emisiones de COV

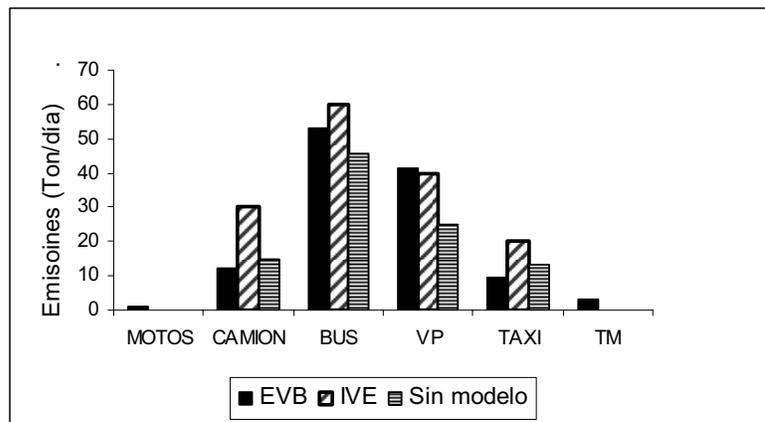


Figura 9. Comparación de resultados para emisiones de NO_x

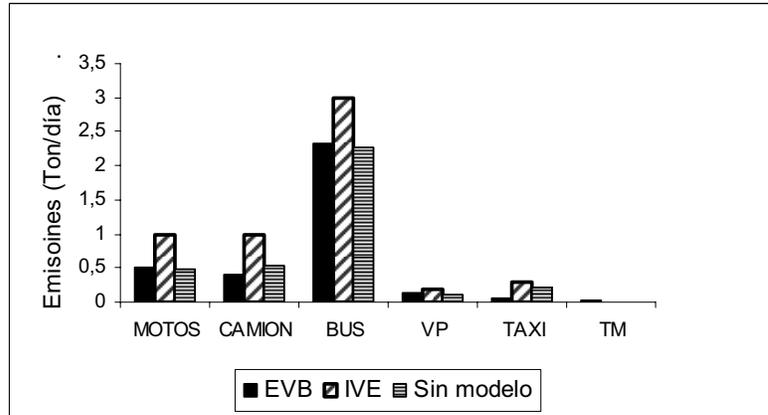


Figura 10. Comparación de resultados para emisiones de PM_{2.5}

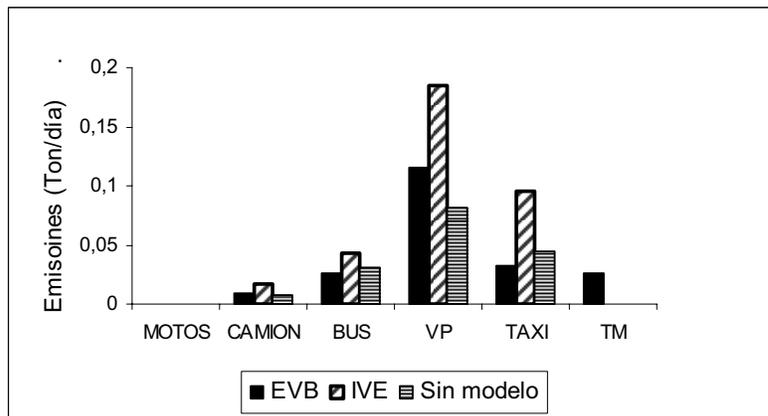


Figura 11. Emisión de resultados para emisiones de N₂O

Las figuras comparativas (Figura 12-Figura 16) muestran los porcentajes de participación de emisiones vehiculares calculados usando los modelos IVE y EVB, los cuales, en algunos casos varían significativamente y en otros, los valores llegan a ser similares.

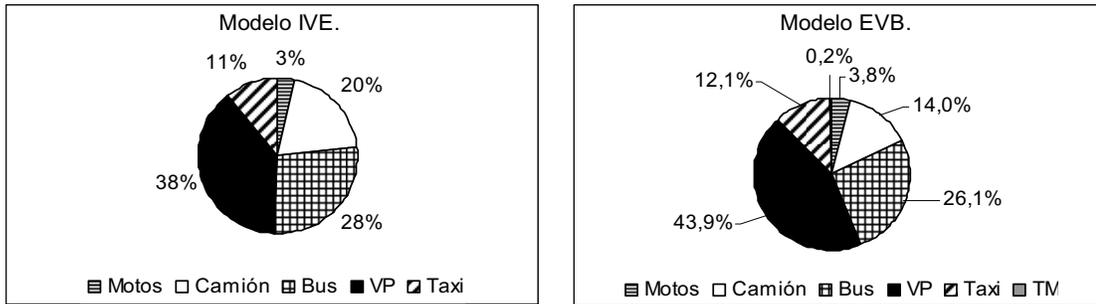


Figura 12. Comparación de resultados. Emisiones de COC

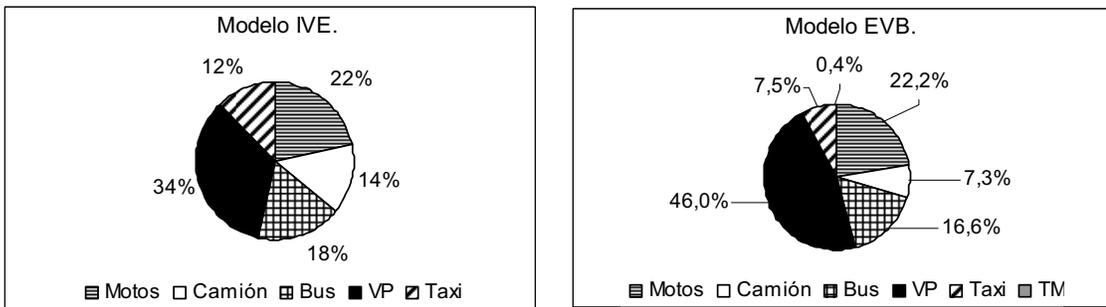


Figura 13. Comparación de resultados. Emisiones de COV

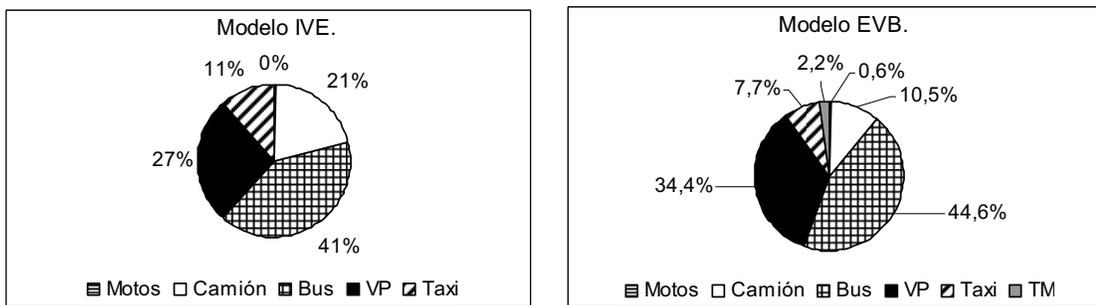


Figura 14. Comparación de resultados. Emisiones de NO_x

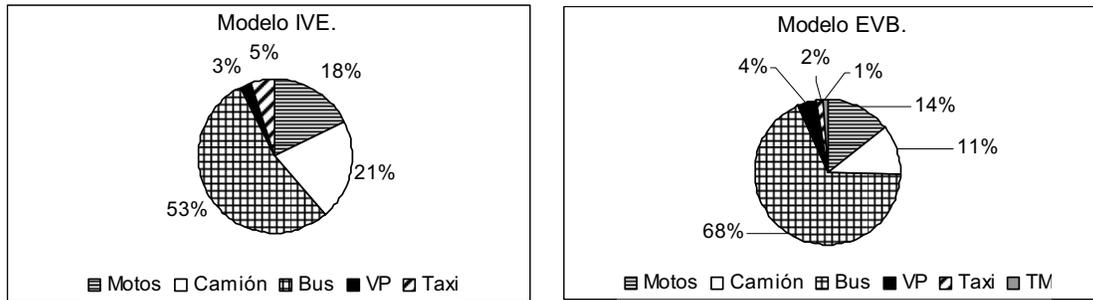


Figura 15. Comparación de resultados. Emisiones de MP_{2.5}

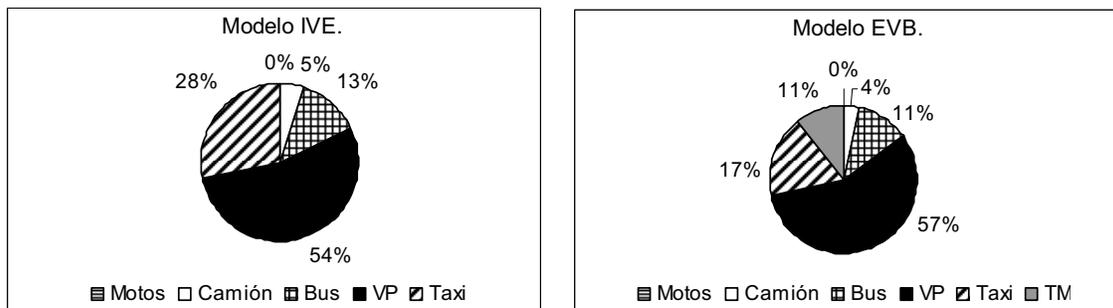


Figura 16. Comparación de resultados. Emisiones de N₂O

Estas figuras muestran una vez más el gran porcentaje de participación que tienen los buses en las emisiones de sustancias contaminantes en Bogotá. Estos aportan un 68% de las emisiones de MP_{2.5}, y un 36% de las emisiones de CO a pesar de ser tan solo el 4% del parque automotor. Esta afirmación es corroborada con los datos representados en las Figuras 17 y 18. De la primera se obtiene como información final que el diesel es el responsable en un 72% de las emisiones de material particulado y la segunda muestra cómo la fracción de buses que usan ACPM es mayor que la fracción que usa gasolina. De la misma manera en la Figura 19 se afirma que casi la totalidad de las emisiones de CO se debe a los vehículos que usan gasolina.

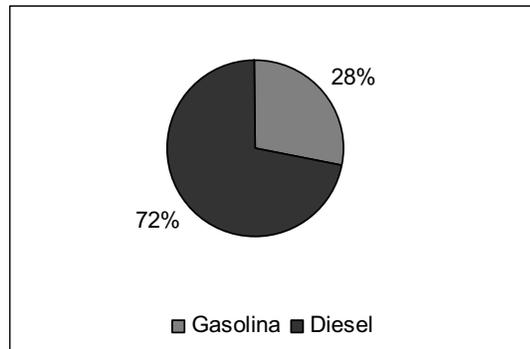


Figura 17. Emisión de $MP_{2.5}$ según el tipo de combustible

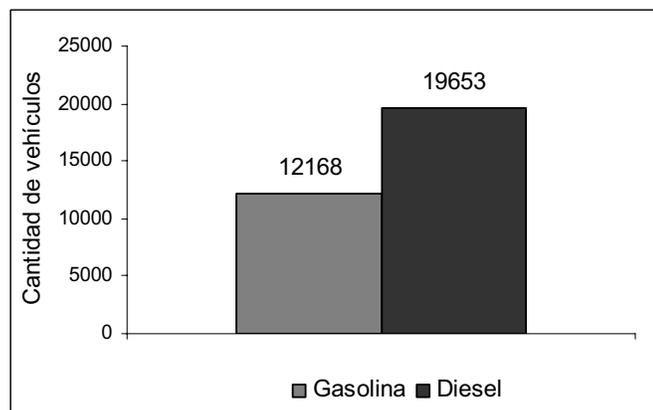


Figura 18. Distribución del combustible en la categoría de los buses

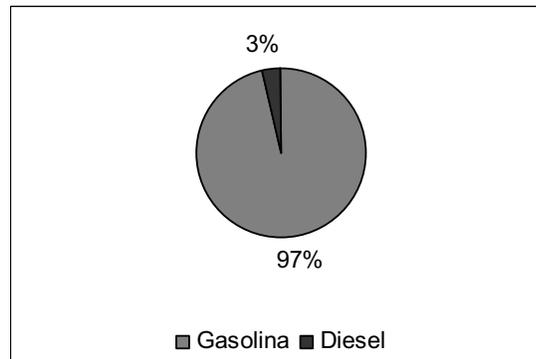


Figura 19. Emisión de CO según el tipo de combustible

Finalmente la Tabla 21 resume los resultados de las emisiones vehiculares de Bogotá obtenidos en este proyecto. Estos valores pueden ser comparados con los de la Tabla 22, que corresponden a las emisiones vehiculares en la zona metropolitana del valle de México (ZMVM). México supera las emisiones de Bogotá pero éstas a su vez superan las de Santiago de Chile.

Tabla 20. Resultado de emisiones vehiculares en Bogotá

| Categoría | Emisiones (Ton/día) | | | | |
|----------------|---------------------|-----|-----|-------|------|
| | CO | COV | NOx | MP2.5 | N2O |
| Motos | 39 | 24 | 0,7 | 0,4 | 0,0 |
| Camión | 144 | 7,9 | 12 | 0,3 | 0,01 |
| Bus | 269 | 18 | 52 | 2,1 | 0,02 |
| VP | 454 | 49 | 40 | 0,1 | 0,11 |
| Taxi | 125 | 8,1 | 8,9 | 0,1 | 0,03 |
| Bus articulado | 1,3 | 0,3 | 1,8 | 0,0 | 0,01 |
| Alimentador | 0,6 | 0,1 | 0,8 | 0,0 | 0,01 |
| Total | 1033 | 107 | 116 | 3 | 0,2 |

Tabla 21. Emisiones vehiculares en otras ciudades

| Categoría | Emisiones (Ton/día) | | | | |
|-----------|---------------------|-----|-----|-------|------|
| | CO | COV | NOx | MP2.5 | MP10 |
| S.Chile | 481 | 68 | 128 | — | — |
| ZMVM | 4871 | 504 | 405 | 10 | 13 |
| Bogotá | 1033 | 107 | 116 | 3 | 0,19 |

Fuentes: CONAMA 2000.
D.D.F, citado por Energía a debate.

6 Conclusiones y recomendaciones

* La razón principal de las diferencias entre las emisiones vehiculares arrojadas por los modelos IVE y EVB es que el IVE ajusta los valores de los factores de emisión para cada categoría por medio de unos factores de corrección. Estos factores de corrección consideran ciertas variables típicas de la ciudad como temperatura, altura, humedad, programas de mantenimiento de los vehículos, calidad de combustible, patrones de conducción uso de aire acondicionado entre otros que le dan al IVE la característica de poder ser utilizado en ciudades con diferentes características. Este tipo de correcciones no se tuvieron en cuenta en el desarrollo de este proyecto.

*Se pensaría que los resultados no tienen un punto de referencia preciso con el cual comparar y menos entre los dos modelos evaluados (IVE y EVB), pero los resultados son lo suficientemente parecidos y coherentes para poder afirmar que el camino que se está tomando para estimar las emisiones vehiculares es el mas adecuado.

*El aumento en el porcentaje de participación de cada una de las categorías de la flota vehicular a las emisiones, se debe posiblemente a los cambios en la metodología seguida en este proyecto y evidentemente al aumento en el número de vehículos del parque automotor. Aun así, se llega al mismo punto donde se concluye que los buses a pesar de representar el 4% de la flota total, son responsables del 68% de las emisiones de material particulado ($MP_{2.5}$), siendo consecuencia de la mala calidad del diesel que se vende en la ciudad. De la misma manera, el aporte de las motos a las emisiones vehiculares es significativamente mayor que el resto de las categorías.

*Bogotá es considerada como una *megaciudad*, y se compara con otras como los son Ciudad de México, Santiago de Chile y Los Ángeles en términos de contaminación atmosférica. Las emisiones de Bogotá ya sean superadas o menores, son la causa de muertes debido a enfermedades respiratorias y demás problemas de salud, lo que hace de esta situación el motivo para tomar las decisiones adecuadas que ataquen el problema.

*En cuanto al sistema Transmilenio, por ser considerado como la tecnología mas nueva, tal que cumple con estándares EUROII y EUROIII (Sepúlveda,2006) no es una categoría importante en términos de emisiones, sin embargo es importante resaltar una vez mas que la calidad del diesel en Bogotá con un contenido de azufre de 1,200 ppm (Sepúlveda,2006) no es la mejor. Esto de alguna forma podría estar destacando de manera poco certera la baja participación que tiene Transmilenio en las emisiones vehiculares de la ciudad.

* Se recomienda continuar actualizando constantemente la información de las emisiones vehiculares de la ciudad de Bogotá e incluir factores como por ejemplo el aumento en el uso del gas natural como combustible, las ventajas del biodiesel y el porcentaje de etanol con que se vende la gasolina a partir del año 2006.

* Estimar el inventario de emisiones vehiculares para una ciudad no es un proceso fácil. Se requiere de suficiente información disponible y de una buena metodología para hacerlo. La metodología escogida para el desarrollo de este proyecto, a pesar del grado de incertidumbre asociado a las suposiciones y aproximaciones necesarias, se considera actualizada ya que recopila la información de los trabajos mas recientes sobre calidad de aire en la ciudad de Bogotá. De la misma manera este proyecto servirá como fuente de información y como base para futuras investigaciones sobre las metodologías para estimar el inventario de emisiones de la ciudad de Bogotá.

7 Referencias

COLOMBIA, MINISTERIOS DE MEDIO AMBIENTE Y TRANSPORTE. Resolución 909 de 1996, Artículo 14. Control de Emisiones Evaporativas.

CONAMA Comisión nacional del medio ambiente. Inventario de emisiones. [En línea]. [Consultado Enero de 2007]. Disponible en: <<http://www.conama.cl/rm/568/article-1104.html>>

D.D.F Departamento Distrito Federal. Citado por BAZAN, Gerardo G. El uso del gas natural vehicular y la contaminación en la capital. En: Energía a debate. [En línea]. [Consultado Enero de 2007] Disponible en: <http://www.energiaa debate.com.mx/Articulos/junio_2006/el_uso.htm>

EPA Environmental Protection Agency 2001. Basic exhaust emission rates of open loop vehicles for MOBILE6: Exhaust Emissions at High and Low Altitudes for Engine Starts and Running Emissions for Motorcycles, Light Duty Diesel Vehicles and Trucks and Pre-1981 Model Year Light Duty Gasoline Vehicles and Trucks.

EPA, 2001. Final determination of hot running emissions from ftp bag emissions.

EPA , 2001. MOBILE6 Estimates of Exhaust Emissions for 1994-and-later Light Duty Diesel Cars and Trucks.

GIRALDO AMAYA, Liliana. Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes. Bogotá, 2005, 77p. Tesis (Maestría Ingeniería Civil). Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

IVE International Vehicle Emission Mode: Manual del usuario, Attachment A, Development of the Emission Rates for Use in the IVE Model.

SEPÚLVEDA, Ana María. Análisis del beneficio ambiental asociado con la implementación del sistema Transmilenio en Bogotá. Bogotá, 2006, 38p. Tesis (Pregrado Ingeniería Ambiental). Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

STT Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá. Base de Datos Registro Distrital Automotor (RDA), Mayo 2006.

Behrentz, et. al, 2005. Estimation of pollutant and greenhouse gas emissions from mobile sources in Bogotá. Estudio presentado para Advanced Institute on Urbanization, Emissions and the Global Carbon Cycle y para The Global Change System for Analysis, Research and Training (START). Universidad de Los Andes.

Transport Canada. Federal Test Procedure (FTP). [En línea]. [Consultado Enero de 2007]. Disponible en: <http://www.tc.gc.ca/secure/routiere/asfbb/FCpgm/en/testing/page1_e.htm>

UPME Unidad de Planeación Minero Energética; Ministerio de Minas y Energía, 2002.

Gas natural vehicular una alternativa para la movilidad limpia. [En línea]. [Consultado Enero de 2007]. Disponible en:

<[http://www.minminas.gov.co/minminas/sectores.nsf/2a84e89f4d73f130052567be0052c75a/a554c3bac57f0c9305256def0070bd14/\\$FILE/GNCV.pdf](http://www.minminas.gov.co/minminas/sectores.nsf/2a84e89f4d73f130052567be0052c75a/a554c3bac57f0c9305256def0070bd14/$FILE/GNCV.pdf)>

Agradecimientos

Doy gracias a Dios por poner en mi camino la carrera de la cual me enamoré. Agradezco a mis padres por su confianza, su apoyo incondicional y que aunque físicamente estuvieron lejos a lo largo de esta etapa, siempre estuvieron presentes a través de sus enseñanzas, consejos y palabras de ánimo.

Agradezco a la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá, por su colaboración y eficiencia en el suministro de la información principal de este proyecto.

A Liliana Giraldo por darme el impulso inicial para desarrollar este proyecto, por ser una persona amigable, agradable y que siempre estuvo dispuesta a colaborar.

A Eduardo Behrentz por ser un excelente maestro, por la manera como transmite sus conocimientos y todo lo que se logra aprender de ellos, no solo como estudiante sino también como persona y como profesional; porque infundó mi interés en el área de calidad del aire, y las ganas de trabajar con él y finalmente por su asesoría y confianza durante el desarrollo de este proyecto.

A mi familia; mis tías, tíos y primos por su compañía y su apoyo durante el desarrollo de este proyecto. No existen palabras para agradecerle a David Blanco, por ser una excelente persona, por haber recorrido conmigo cada paso de esta etapa final con amor y paciencia, por haber sido participe de manera incondicional en el desarrollo de este proyecto y por que estando a su lado es posible aprender algo nuevo todos los días.

A mis amigos, los chicos de ambiente, por la alegría que le dieron a cada día en la universidad, por todas las cosas que aprendimos juntos, por todo el apoyo en los momentos difíciles, por los recuerdos que me llevo y sobretodo por darme la certeza de que esta fuerte amistad a penas comienza.