

**Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas**

**División Tecnología**

**Programa de Prioridad Nacional**

**CAMBIO CLIMÁTICO EN CUBA: IMPACTOS, MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN**

**Informe Final del Proyecto**

**Código: P211LH001-012**

**“Determinación del volumen de gases contaminantes expulsados a la atmósfera por las fuentes móviles estatales de Cuba en el período 2007-2012”**

**La Habana  
Marzo de 2015**

## Relación de Autores

### Participantes

M. Sc. Martha Amarales Contre-  
ras. Investigador Auxiliar. Centro  
de Ingeniería y Manejo Ambien-  
tal de Bahías y Costas

M. Sc. Rafael Biart Hernández,  
Investigador Auxiliar. Centro de  
Ingeniería y Manejo Ambiental  
de Bahías y Costas

Tco. Xiomara Cardoso Algueza-  
bal. Centro de Ingeniería y Ma-  
nejo Ambiental de Bahías y Cos-  
tas

M. Sc. Gilberto Milanés Rodrí-  
guez. Investigador Agregado.  
Centro de Ingeniería y Manejo  
Ambiental de Bahías y Costas

Ing. Abel Pérez Cabrera. Centro  
de Ingeniería y Manejo Ambien-  
tal de Bahías y Costas

Ing. Liliana Varela Beltrán. Cen-  
tro de Ingeniería y Manejo Am-  
biental de Bahías y Costas

Ing. Karina Socarras Stable.  
Centro de Ingeniería y Manejo  
Ambiental de Bahías y Costas

### Colaboradora

Ing. Gretel Sánchez Angarica.  
Adiestrada. Centro de Ingeniería  
y Manejo Ambiental de Bahías y  
Costas

### Tareas desarrolladas

- Preparación de la documentación del Proyecto
- Búsqueda, recopilación, procesamiento y actualización de la información
- Diseño de los sistemas para la captación y transmisión de información
- Ejecución de la capacitación a los participantes en el desarrollo del inventario
- Ejecución del inventario de emisión de GEI por las fuentes móviles cubanas para las series comprendidas en el período 2007-2012
- Elaboración de los Informes Anuales y Final del proyecto  
Jefa del Proyecto, Autora principal, 40 % de participación

- Participación en la ejecución del inventario de emisión de GEI por las fuentes móviles cubanas
- Participación en la elaboración de los Informes Anuales y Final del proyecto  
Coautor, 15 % de participación

- Participación en la preparación de la documentación del Proyecto
- Participación en la recopilación, procesamiento y actualización de la información
- Participación capacitación a los participantes en el desarrollo del inventario
- Participación en la ejecución del inventario de emisión de GEI por las fuentes móviles cubanas
- Coautora, 20 % de participación

- Puesta a punto del sistema para el almacenamiento y procesamiento de la información  
Coautor, 10 % de participación

- Participación en la puesta a punto del sistema para el almacenamiento y procesamiento de la información  
Coautor, 5 % de participación

- Participación en la puesta a punto del sistema para el almacenamiento y procesamiento de la información  
Coautora, 5 % de participación

- Participación en la ejecución del inventario de emisión de GEI por las fuentes móviles cubanas de los años 2008-2010  
Coautora, 5 % de participación

- Participación en el procesamiento inicial de la información de los años 2006-2008

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. METODOLOGÍA.....	7
2.1 Desarrollo del inventario de emisión de GEI por las fuentes móviles cubanas para la serie 2007-2012 .....	7
2.1.1 Elección del método.....	7
2.1.2 Elección de los parámetros de emisión y métodos específicos .....	8
2.1.3 Cálculo y recalcu del inventario mediante la herramienta informática GEISA..	11
2.2 Diseño de los modelos para la captación de la información.....	12
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	13
3.1 Desarrollo del inventario de GEI para las series 2006-2008, 2008-2010 y 2010-2012 ....	13
3.1.1 Vehículos automotores de carretera .....	13
3.1.2 Equipos Ferroviarios, Agrícolas y de Construcción.....	16
3.1.3 Equipos de navegación marítima .....	19
3.1.4 Equipos de navegación aérea en la aviación civil .....	20
3.1.5 Emisiones totales por las fuentes móviles en el territorio nacional .....	21
3.1.6 Exhaustividad (fuentes móviles en general).....	24
3.1.7 Evaluación de Incertidumbres (fuentes móviles en general).....	24
3.2 Diseño de los modelos para la captación de la información.....	25
4. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS Y SALIDAS DE LOS RESULTADOS.....	28
4.1 Salidas manifiestas y potenciales del proyecto: .....	29
CONCLUSIONES .....	30
RECOMENDACIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXOS: Comportamiento de las series históricas desde 1990 hasta 2012.....	33
A-1: Emisiones de GEI: vehículos automotores de carretera .....	34
A-2: Emisiones de GEI: medios ferroviarios, agrícolas y de construcción .....	34
A-3: Emisiones de GEI: embarcaciones marítimas en viajes nacionales .....	34
A-4: Emisiones de GEI: aeronaves en viajes nacionales.....	35

## ÍNDICE DE TABLAS y GRÁFICOS

Tabla No. 3.1 Factores de emisión adoptados para los vehículos automotores de carretera	13
Tabla No. 3. 2 Emisiones totales de GEI provenientes de los vehículos automotores de carretera sector privado	15
Tabla No. 3. 3 Emisiones totales de GEI provenientes de los vehículos automotores de carretera que operan con gasolina	15
Tabla No. 3. 4 Factores de emisión adoptados para los equipos ferroviarios, agrícolas y de construcción	17
Tabla No. 3. 5 Factores de emisión adoptados para equipos de navegación marítima	19
Tabla No. 3. 6 Factores de emisión adoptados para aviones de gasolina	20
Tabla No. 3.7 Factores de emisión adoptados para aviones de reacción	20
Tabla No. 3.8 Emisiones totales de cada GEI	23
Tabla No. 3. 9 Modelo consolidado de solicitud de información	25
Gráfico No. 1.1: Emisiones totales de GEI procedentes de las fuentes móviles en el territorio nacional, período 2004-2006.	4
Gráfico No. 3.1: Emisiones de GEI, vehículos automotores de carretera, sector estatal	14
Gráfico No. 3.2: Participación del sector estatal y privado, serie 2006-2008	16
Gráfico No. 3.3: Participación del sector estatal y privado, serie 2008-2010	16
Gráfico No. 3.4: Participación del sector estatal y privado, serie 2010-2012	16
Gráfico No. 3.5: Emisiones de GEI provenientes de los equipos ferroviarios, agrícolas y de construcción, serie 2006-2008	17
Gráfico No. 3.6: Emisiones totales del ferrocarril y los equipos especiales, serie 2006-2008	17
Gráfico No. 3.7: Emisiones de GEI provenientes de los equipos ferroviarios, agrícolas y de construcción, serie 2008-2010	18
Gráfico No. 3.8: Emisiones totales del ferrocarril y los equipos especiales, serie 2008-2010	18
Gráfico No. 3.9: Emisiones de GEI provenientes de los equipos ferroviarios, agrícolas y de construcción, serie 2010-2012	18
Gráfico No. 3.10 Emisiones totales del ferrocarril y los equipos especiales, serie 2010-2012	18

Gráfico No. 3. 11 Emisiones de GEI provenientes de las embarcaciones marítimas. ....	19
Gráfico No. 3.12. Emisiones de GEI provenientes de las naves aéreas.....	21
Gráfico No. 3.14. Aporte porcentual de cada modo de transporte en le emisión global de GEI en el país, serie 2008-2010. ....	22
Gráfico No. 3.13. Aporte porcentual de cada modo de transporte en le emisión global de GEI en el país, serie 2006-2008. ....	22
Gráfico No. 3.15. Aporte porcentual de cada modo de transporte en le emisión global de GEI en el país, serie 2010-2012. ....	22
Gráfico No. 3.16 Emisiones totales provenientes de las fuentes móviles en Cuba .....	23

## RESUMEN

El desarrollo del Proyecto de Investigación: “Determinación del volumen de gases contaminantes expulsados a la atmósfera por las fuentes móviles estatales de Cuba en el período 2007-2012”, permitió cuantificar la producción de contaminantes expulsados a la atmósfera por las fuentes móviles cubanas, detectar la de mayor intervención en cuanto al volumen de emisiones que genera, y además completar las series comprendidas desde el 2007 al 2012.

Se aplicó lo expuesto en las Guías Revisadas del IPCC 1996, que incluyen además, metodologías reconocidas básicamente de EE.UU. y Europa; todo sustentado por un análisis integral, empleando para ello los métodos teóricos: Análisis Histórico-Lógico, Análisis y Síntesis y el Inductivo-Deductivo, además, procedimientos Estadísticos matemáticos con el uso de técnicas informáticas.

Los resultados evidencian que las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) tienen una tendencia al aumento, debido básicamente a la recuperación que experimentó el transporte automotor, esencialmente a partir del año 2007. El mayor aporte viene dado por el transporte automotor de carretera, con una participación mantenida de más del 50 %, seguido de los medios enmarcados en la categoría de agrícolas y, que el CO<sub>2</sub> es el GEI con superior cifra de expulsión, tanto a nivel de país como por modo de transporte, incrementándose en un 15 % lo cual equivale a 822.65 Gg.

El empleo de factores de emisión para el CO y el CH<sub>4</sub> que responden a las características específicas nuestras, propició la reducción del nivel de incertidumbre para estos dos contaminantes.

## 1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre el cambio climático se ha ido consolidando durante los últimos años. Tanto la comunidad científica como la opinión pública en general están brindando gran atención a los problemas vinculados con la protección del medio ambiente.

Cualquier modificación que ocurra en el clima conduciría a la desestabilización de las condiciones ambientales y sociales alrededor del mundo. Estas perturbaciones podrían poner en peligro la conservación de ecosistemas naturales y la sustentabilidad de sistemas socioeconómicos.

El efecto invernadero es el principal factor que provoca el calentamiento global de la Tierra, debido a la acumulación de los llamados Gases de Efecto de Invernadero (GEI). El impacto de este fenómeno, de conjunto con el deterioro de la capa de ozono, la deposición ácida de contaminantes desde la atmósfera, los daños que producen sobre la salud humana, los diversos ecosistemas acuáticos y terrestres, aumenta en la medida que se consumen los combustibles fósiles, permitimos la tala de bosques y continuamos contaminando el mar con desechos y derrames de productos químicos.

Una marcada incidencia en este sentido es provista por las fuentes móviles, compuestas por vehículos automotores de carretera, equipos ferroviarios, naves aéreas y marítimas, y equipos agrícolas y de construcción, los cuales son emisores de una gran parte de los GEI. Estas emisiones están compuestas fundamentalmente por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) como gases invernaderos directos y por óxidos de nitrógenos ( $\text{NO}_x$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) y componentes orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) como indirectos.

Si bien es cierto que la contaminación atmosférica en Cuba no está en el orden de otros países como México y China, al estar favorecida por las condiciones meteorológicas, su característica insular y desafortunadamente porque su desarrollo tecnológico no se encuentra al nivel que propicien una alta polución, se observa una tendencia al deterioro de la calidad del aire y al incremento de la acidificación de las lluvias.

La protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales como patrimonio de toda la sociedad cubana han sido objetivos estratégicos desde 1959, con el propósito de enfrentar problemas ambientales del pasado, corregir los del presente y evitar en la medida de las posibilidades, nuevas afectaciones al medio; como elementos básicos en el proceso de integración de las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo. La posición de Cuba respecto al uso y cuidado del medio ambiente está muy bien definida en el artículo 27 de la Constitución de la República de 1976 y la creación en 1994 del CITMA dio lugar a un importante impulso de la política y la gestión ambiental en el ámbito nacional.

Por tal motivo, aunque el derecho a la movilidad es inherente al modo de vida de la sociedad moderna, el sector del transporte del país lo enfrenta con un proceso de modernización y reordenamiento de su flota, como vía para lograr un consumo más eficiente del combustible y minimizar la contribución que provoca la infraestructura del transporte y el propio movimiento de vehículos en las afectaciones a la biota y a la calidad de vida de la población, en particular

por la contaminación del aire, por los entornos ruidosos, los accidentes y la presencia de elementos ajenos al paisaje.

### **Antecedentes**

Los GEI, además de los daños al bienestar y la salud humana, también son responsables de la formación de las lluvias ácidas, que en dependencia de su magnitud, pueden destruir grandes extensiones de bosques, contaminar ríos, lagos y otros acuíferos, disminuir la productividad de los suelos y acelerar los procesos de corrosión en las edificaciones. A la par, ocasionan el smog, que afecta la visibilidad en autopistas y carreteras, con un aumento en los riesgos asociados a la accidentalidad.

Resultados de estudios realizados por el Instituto de Meteorología (INSMET), dan cuenta que aproximadamente el 25% de las precipitaciones registradas en el país tienen valores de acidez entre ligero, mediano y alto, y que el azufre es mayor contribuyente a la deposición ácida que el nitrógeno. (*Amarales et al, 2005*) (1). Además, en algunas zonas se reportan concentraciones de contaminantes superiores a los valores permisibles por la normativa cubana para la calidad del aire, (*NC 39: 1999*) (9), debido a fuentes industriales o por altas densidades de tránsito.

Por otra parte, Cuba ha ratificado los principales Convenios Ambientales Internacionales y ha expresado la voluntad política de contribuir a la mejora del medio ambiente nacional, regional y global, lo que se ha traducido en el cabal cumplimiento de los compromisos contraídos internacionalmente en el ámbito nacional. También, como parte integrante de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), para el tema de Inventarios Nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de las remociones por los sumideros de todos los GEI no controlados por el Protocolo de Montreal, contrajo el compromiso de preparar, actualizar, publicar y transmitir el Inventario Nacional de Emisiones a la Convención de las Partes (CP).

De esta manera, es preciso conocer cómo se generan las emisiones, cuáles son sus valores, así como determinar los modos de transporte que con mayor aporte intervienen en la carga contaminante generada por Cuba.

De igual manera, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), ha realizado un llamado a los países miembros de la CMNUCC, de trabajar en la determinación de factores de emisión (FE) propios del país para cada una de las actividades o sectores que intervienen en el inventario de GEI, para de esta forma disminuir el nivel de incertidumbre y por tanto aumentar la calidad de los cálculos. Sobre este aspecto, solo se cuenta con el FE de CO y CH para los medios carreteros que operan con gasolina como resultados de dos proyectos de investigación. (*Amarales et al, 2012*) (2); (*Biart, 2006*) (5)

Además, ha sido acordado que los países comiencen a aplicar las Guías Revisadas del IPCC del 2006 -las que son mucho más rigurosas y abarcadoras-, a entregar sus informaciones de forma bianual y con una mayor actualidad, solicitud realizada de igual forma por autoridades gubernamentales del país. También se acordó en la Conferencia de las Partes, que todos los

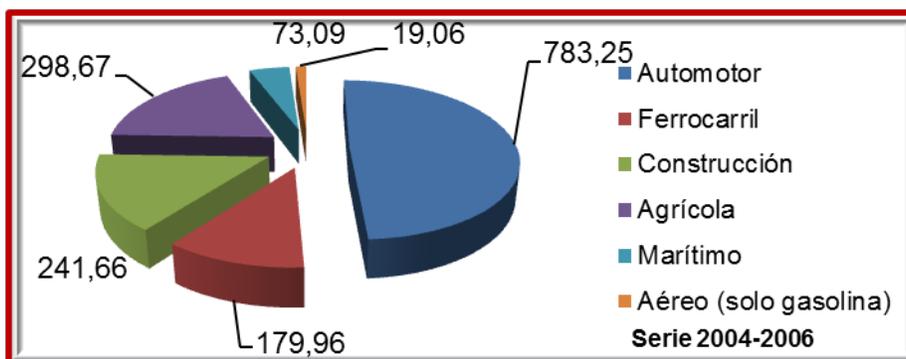
países tienen el compromiso de disminuir sus emisiones por lo que deben ejecutar acciones de mitigación.

La carencia de un modelo de emisiones vehiculares alimentada con datos locales limita la capacidad de los decisores para diseñar y evaluar el impacto potencial de diferentes estrategias de control. Esto se debe a que en la medida que avanza el nivel de complejidad de estas, la necesidad de contar con información de mejor calidad aumenta.

También, las diferencias confrontadas en los inventarios para los años que comprende el período desde 1996 al 2002, no fueron significativos, si se tiene en cuenta que las políticas para el ahorro de combustibles son implantadas con determinación hacia el año 2005.

El inventario correspondiente al año 2004, tuvo similar comportamiento, aunque la revitalización del transporte automotor incidió en el reporte de gases contaminantes emitidos por este tipo de fuente.

En el gráfico No. 1.1 se refleja el comportamiento de las emisiones de GEI por los medios de transporte cubanos en la serie 2004-2006.



**Gráfico No. 1.1: Emisiones totales de GEI procedentes de las fuentes móviles en el territorio nacional, período 2004-2006.** (3) Fuente: Elaboración propia

### Particularidades de las emisiones en la flota vehicular en Cuba

Desde finales de la última década del siglo pasado, como consecuencia de un mejoramiento de las condiciones económicas del país, se observa un incremento de la circulación vehicular por las principales ciudades, fundamentalmente en la capital, aspecto que conllevó a la Comisión No.11 del Programa de Apoyo a la Ciudad de la Habana, a valorar para el caso del humo en específico, de excesivo, aunque hay otros gases incoloros e incluso inodoros que tienen altos niveles de toxicidad, de forma tal, que incluso los medios cuyos gases de escape no son visibles, pueden estar emitiendo a la atmósfera cantidades excesivas de contaminantes.

Internacionalmente constituye una práctica la elaboración de normas de emisión por años de fabricación de los vehículos de forma general, que abarquen la totalidad de estos según las categorías de ligeros y pesados, sin hacer diferencia sobre la base del desarrollo tecnológico en la construcción de los equipos. Esta situación obliga a que en los procesos de fabricación de los nuevos vehículos, las diferentes compañías y firmas, acometan periódicamente costo-

Los programas de modernización que permita la eliminación de aquellos con atraso tecnológico y desgaste técnico.

En cuanto a Cuba, el parque automotor, a pesar de que se ha estado modernizando, se caracteriza por proceder de diferentes zonas geográficas y por tener un variado conjunto de técnicas de fabricación, lo que unido al envejecimiento técnico ocasionado por el prolongado período de explotación, posee tecnologías de baja eficiencia energética que promueve altos niveles de emisión de gases de combustión. Además, la calidad de los combustibles que se producen en el país, no permiten utilizar la tecnología automotor de última generación, lo cual empeora este aspecto.

De esta manera, Cuba y en especial La Habana no está ajena a la problemática mundial de la contaminación atmosférica por los medios de transporte. Trabajos realizados, demuestran lo antes expresado existiendo zonas en la capital del país (Cerro por ejemplo) donde se han obtenido concentraciones de gases contaminantes en valores superiores a los permisibles, así como durante el año 1987, se detectaron valores que llegaron a 20,2 mg/m<sup>3</sup> de CO en diferentes avenidas estudiadas y de 40,6 mg/m<sup>3</sup> en el Túnel de la Bahía (5).

Dado los aspectos antes señalados, se desarrolló el Proyecto de Investigación: “Determinación del volumen de gases contaminantes expulsados a la atmósfera por las fuentes móviles estatales de Cuba en el período 2007-2012” inscripto en el Programa de Prioridad Nacional: “CAMBIO CLIMÁTICO EN CUBA: IMPACTOS, MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN”.

Los objetivos específicos planteados se enmarcan en:

1. Cuantificar la emisión de contaminantes a la atmósfera por los medios de transporte estatales del país en el período comprendido entre 2007 y 2012
2. Detectar las fuentes más importantes en cuanto al volumen de emisiones de contaminantes que generan por su directa influencia en el deterioro de la calidad del aire y su contribución al cambio climático
3. Crear las condiciones necesarias para la preparación sistemática de reportes del inventario (cada dos años)
4. Propiciar las informaciones de emisión de GEI fundamentales y de partida (año base) para la evaluación de nuevas medidas de mitigación en el sector
5. Brindar las bases científicas para extender el trabajo a nivel de municipio y provincia

De esta manera, el informe que se presenta es contentivo de la metodología empleada y los resultados alcanzados en la consecución de los objetivos previstos, con el desarrollo de las Etapas de trabajo siguientes:

- Búsqueda, recopilación, procesamiento y actualización de la información
- Desarrollo del inventario por tipo de fuente móvil para las series en estudio
- Análisis de los resultados

Todo lo anterior sustentado por un análisis integral, empleando para ello métodos teóricos de; Análisis Histórico-Lógico en el análisis de la serie histórica de datos disponibles de con-

sumo y nivel de actividad, por no contar con equipos para realizar las mediciones de GEI, el de Análisis y Síntesis en la revisión bibliográfica y cotejo de los resultados y el Inductivo-Deductivo para la adecuación de la metodología del IPCC para el cálculo de las emisiones, así como de los FE empleados. También se aplicaron procedimientos Estadísticos matemáticos con el uso de técnicas informáticas para la captación y procesamiento de datos.

## 2 METODOLOGÍA

En este capítulo se exponen las metodologías seguidas para cada uno de los objetivos del proyecto

### 2.1 Desarrollo del inventario de emisión de GEI por las fuentes móviles cubanas para la serie 2007-2012

Las fuentes móviles de combustión están constituidas por vehículos automotores de carretera, equipos ferroviarios, naves aéreas, embarcaciones marítimas, y equipos agrícolas y de construcción. Todas son emisoras de una gran parte de los Gases de Efecto Invernadero que actualmente afectan al medio ambiente.

Para la estimación de las emisiones se necesitan valorar varios factores, los que, entre otros, pueden clasificarse tomando como base los tipos fuentes móviles, características del combustible consumido, condiciones de operación, edad y tecnología de las flotas y particularidades del servicio técnico empleado.

La consideración de los aspectos anteriores es una tarea compleja y, en la mayoría de los casos, de difícil precisión, por lo que las experiencias y resultados obtenidos en un país o región no son aplicables en otros; siendo necesaria la elaboración de metodologías de cálculo propias para cada caso. No obstante, debido a la urgencia de conocer, al menos de forma aproximada, el volumen de GEI que se emiten a la atmósfera y, debido a la carencia de metodologías específicas para cada lugar, en las Guías Revisadas (GR) del IPCC 1996 (6) (IPCC-OECD-IEA, 1997 y las IPCC-GPG 2000)<sup>1</sup> se incluyen metodologías reconocidas (básicamente de EE.UU. y Europa) para su uso en otras regiones que no las posean.

#### 2.1.1 Elección del método

En la estimación de las emisiones dado lo limitado de la información disponible se utiliza la expresión conocida del método simplificado (Nivel 1) adaptada a las fuentes móviles. (IPCC 1996) (6), donde el combustible consumido por tipo de vehículo es multiplicado por un factor de emisión apropiado para cada caso. La expresión resultante es:

$$E = \sum FE_{abc} \times A_{abc} \quad [1]$$

Donde:

- E volumen de emisiones
- FE factores de emisión por tipo de fuentes, combustibles y tecnología de control de emisiones
- A cantidad de combustible consumida por tipo de fuente móvil y tecnología de control de emisiones
- a tipo de combustible (Ej. diesel etc.)
- b tipo de vehículo (Ej. pasajero, ligero, pesado etc.)
- c control de emisiones

<sup>1</sup> Identificadas también en este informe como: GR IPCC 1996; GR IPCC; Manual de Referencia de las GR, etc.

Los consumos energéticos empleados para la realización del presente trabajo se obtuvieron tomando como base los Anuarios Estadísticos de Cuba (AEC) (4) correspondiente a los años del 2009, 2010 y 2012, emitidos por la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) donde se reporta el consumo anual (A) por tipo de combustible consumido y los niveles de actividad. Mientras los factores de emisión utilizados se extrajeron de las GR del IPCC 1996.

### 2.1.2 Elección de los parámetros<sup>2</sup> de emisión y métodos específicos

Fundamentalmente, se utilizan factores de emisión por defecto incluidos en las GR IPCC 1996 sobre la base de características de las fuentes móviles (edad, tecnología y tipo de combustible consumido por estas).

Se introduce además los FE para el CO y el CH<sub>4</sub>, calculados para la actividad del transporte en el país para aquellos medios que operan con gasolina. En este caso, para ambos contaminantes, se toma el valor determinado para los medios con más de 20 años de explotación por no disponer de la desagregación de los vehículos por edades, de lo anterior resulta que las condiciones asumidas son las más adversas con relación al envejecimiento de los equipos.

También, y por igual motivo que el anterior, es importante destacar que para el resto de los FE, se tomaron los valores más altos, tanto para los vehículos que trabajan con gasolina como para los que utilizan diesel, asumiendo los de mayor de 10 años para los primeros y los correspondientes a los medios pesados para los diesel.

- **Vehículos automotores de carretera**, se tomó como referencia los valores contemplados en la metodología Europea, los que fueron modificados según factores de corrección resultantes de estudios realizados en las condiciones cubanas, que demostraron las variaciones en la emisión de algunos componentes gaseosos en los que operan con gasolina con respecto a los valores certificados por los fabricantes. En tal sentido se afectaron los factores de emisión por 0.89 para el CO<sub>2</sub> y 2.3 para los COVDM. (5)

La adopción de la metodología europea se debió a la existencia de determinada correspondencia tecnológica entre la mayoría de los vehículos que se explotan en Cuba con los que operan en dicha región, lo que está determinado, fundamentalmente, por ser el lugar de procedencia de la mayoría de la flota de los medios automotores cubanos.

De igual manera, establece factores de emisión tomando como base la tecnología de tratamientos de gases de combustión, la potencia y uso de los carros, y el tipo de combustible consumido. (6).

Así, teniendo en cuenta todo lo anterior y tomando como lo que dispone el Manual de Referencia de las GR 1996:

---

<sup>2</sup> Identificado en este informe como Factores o Parámetros de Emisión

- Autos y vehículos ligeros de más de 10 años: Se asumieron en los de gasolina los correspondientes a los autos no controlados –Tabla I – 36, mientras que para los Diesel se tomaron los correspondientes a los autos con control moderado –Tabla I – 37 del Manual de Referencia.
- Vehículos pesados: Se consideraron para la gasolina los vehículos de alta potencia no controlados (Tabla I-41 del Manual de Referencia) y en los Diesel, los de control moderado (Tabla I-39)

La distribución del consumo de combustible, en los estratos de vehículos, se realizó considerando una división equitativa entre el consumo de combustible anual, por estrato, y el inventario de equipos existente en cada uno de ellos, dado el método generalizado en las empresas cubanas de asignar el combustible en función de los vehículos en explotación.

▪ **Equipos Ferroviarios, Agrícolas y de Construcción**, por no disponer de un estudio nacional que identifique las emisiones procedentes de estos medios de transporte, se adoptaron los criterios indicados en las GR IPCC 1996.

En cuanto a la elección del método y factores de emisión, de las metodologías disponibles, fue seleccionada la de la Unión Europea (UE) por constituir la región de procedencia de la mayoría de los equipos con predominio en el período analizado. Así, se utiliza el método simplificado (Nivel 1) descrito anteriormente y adaptado a este tipo de fuente móvil.

Los factores de emisión seleccionados para la estimación se corresponden con los de la Tabla I-49 del Manual de Referencia de las GR.

▪ **Medios marítimos**, para el desarrollo del inventario en este tipo de fuente, se utilizan las GR IPCC 1997, las que presentan dos metodologías (Tier 1 y Tier 2) para estimar las emisiones.

Ambas se basan en el mismo enfoque analítico que consiste en aplicar factores de emisión a datos de consumo de combustibles. Para el Tier 1 se requiere lo anterior y como las características de los equipos de navegación. El Tier 2, presenta una variedad de FE factores de emisión que están basados en investigaciones desarrolladas en los Estados Unidos y Europa, para su aplicación se requiere algunas informaciones adicionales al método Tier 1. Una “buena práctica”, es utilizar el método de Nivel 1 para el CO<sub>2</sub> y el método de Nivel 2 para el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O (IPCC, 2000) (8).

Dada la carencia de estudios y metodologías en el país para el cálculo de las emisiones en este tipo de fuente móvil, se emplean los factores propuestos para estos equipos en los Estados Unidos (Tabla I-47 del Manual de Referencia de las GR)

Esta metodología clasifica los FE tomando como base la potencia, el desplazamiento y las características de navegación de los equipos marítimos, estableciendo así dos categorías: la de barcos grandes, que incluye a los buques graneleros, los porta contenedores, tanqueros, ferris, etc., y la correspondiente a los de poco desplazamiento, integrado por los botes, lanchas, etc.

La primera se caracteriza por ser de potencias elevadas, grandes desplazamientos y motores de medias y bajas revoluciones. En estos equipos las cifras de componentes orgánicos volátiles diferentes al metano, pueden ser despreciadas y, en general, las emisiones se consideran similares e independientes de la potencia de los motores y de las especificaciones técnicas de los combustibles utilizados.

- **Equipos de navegación aérea en la aviación civil**, las emanaciones de esta categoría se producen por la quema del keroseno de aviación (turbo combustible) en los medios de reacción y, de la gasolina de aviación en otros tipos de aeronaves. Estas varían de acuerdo al tipo de combustible, la localización de los gases de escape (altura), tipo y eficiencia de los motores, y la longitud de los viajes.

Aquí se incluyen a las naves aéreas destinadas a las transportaciones de pasajeros y mercancías, (nacionales e internacionales), y a la agricultura.

En las IPCC 1996 GL (IPCC, OECD, IEA, 1997) se dispone, para la estimación de las emisiones, de un método de Nivel 1 y dos métodos de Nivel 2 (designados como Nivel 2a y Nivel 2b). En todos, para el análisis, se hace la distinción del consumo de los combustibles en vuelos domésticos e internacionales.

El método de Nivel 1, está basado en el gasto de los carburantes, mientras que los métodos de Nivel 2 se sustentan en el número de ciclos de aterrizaje - despegue (ciclos CAD) y el uso de los combustibles (GBP, IPCC, 2000). La elección del método de cálculo, depende de las circunstancias nacionales, especialmente la disponibilidad de datos.

En la actualidad, los equipos que emplean la gasolina de aviación se circunscriben a naves pequeñas que representan, solamente, alrededor del 1% del consumo de combustible de aviación, mientras que los aviones que utilizan el turbo combustible presentan una amplia gama de características y consumen la inmensa mayoría de estos. Este método (Nivel 2) establece los FE en función del tipo de actividad (aviación doméstica e internacional), tipo de operación (ciclos CAD y crucero) y el envejecimiento tecnológico de las naves (envejecidas y modernas).

Además, hace la distinción entre las emisiones que ocurren por debajo y por encima de los 914 m de altura, para aumentar la seguridad de los estimados de factores de emisión y los usos de combustibles, pues estos varían en las fases de CAD y crucero de los vuelos. El envejecimiento de las aeronaves, se establece en dependencia del año de fabricación y de la marca de los equipos, aunque también puede realizarse en función del estado técnico y tiempo de trabajo de los aviones.

La actividad doméstica contempla las emisiones producidas por las aeronaves (independientemente de la nacionalidad del transportista) durante la realización de las transportaciones de carga y pasajeros en el territorio de cada país, mientras que la internacional abarca, en general, las que realizan los aviones al partir del país donde se realiza el inventario y arribar a otro país.

El árbol de decisión correspondiente (Fig. 2.7 de las GBP, IPCC, 2000) para la elección del método de estimación de las emisiones procedentes de los aviones a reacción recomienda que de existir datos acerca de los ciclos CAD específicos para las naves que operan en el país, se considere utilizar el método Nivel 2 basado en los movimientos individuales de cada avión.

Si no se disponen estos datos por tipos de estos, y se cuenta con información agregada acerca del total de ciclos CAD que ocurrieron en el año, se recomienda utilizar el método Nivel 2a basado en los movimientos agregados de los equipos

De no contar con la información acerca de los ciclos CAD, se pueden estimar las emisiones a partir del método Nivel 1. Un análisis cercano al anterior, se realiza para los datos de actividad, en dependencia de la información estadística disponible acerca del consumo de combustibles por esta fuente móvil.

De esta manera, debido a la carencia de información para el análisis, a los efectos de realizar el inventario en las condiciones cubanas, se empleó el método Radian – 1990 para el cálculo de las emisiones en los aviones de gasolina.

Para los de reacción, se determinó realizar el cálculo de las emisiones mediante el empleo de FE agregados por defecto que aparecen en la Tabla I-52 de Manual de Referencia de las GR, asumiendo el total de la flota envejecida y la agregación del combustible en todas las fases de vuelo.

### **2.1.3 Cálculo y recalcu lo del inventario mediante el empleo de la herramienta informática (GEISA)**

En aras de comprobar los resultados obtenidos, se procesaron los datos para el cálculo del inventario mediante el empleo de la herramienta informática GEISA, la cual utiliza el gestor de base de datos Microsoft Office Access 2007, bajo entorno Windows y está compuesta por cuatro módulos independientes:

Módulo GEI-CAR: Vehículos automotores de carretera.

Módulo GEI-FAC: Equipos Ferroviarios, Agrícolas y de Construcción.

Módulo GEI-MAR: Equipos de Navegación Marítima.

Módulo GEI-AER: Equipos de Navegación Aérea en la Aviación Civil.

Opera en un sistema de módulos independientes que permite la discriminación y el acceso factible a los inventarios de vehículos y equipos de transporte requeridos, sin la presencia de informaciones redundantes. Además, la estructura modular responde a las indicaciones metodológicas establecidas en el Manual de Referencia de las GR IPCC 1996 para el cálculo del inventario de GEI en las fuentes móviles.

La estructura de la base de datos es común a todos los módulos, haciendo las especificaciones necesarias en los aspectos que difieren, así como la entrada de estos al sistema y los nomencladores.

## **2.2 Diseño de los modelos para la captación de la información**

Para solventar la carencia de datos y realizar los próximos inventarios se diseñaron los modelos respectivos para cada tipo de modo de transporte, considerando no solo lo planteado en las GR IPCC 1996, sino también lo expuesto en las nuevas Guías del IPCC 2006. (7).

### 3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Desarrollo del inventario de GEI para las series 2006-2008, 2008-2010 y 2010-2012

Para el cálculo del inventario, tanto los datos de actividad, como el empleo desagregado de combustibles, pueden ser considerados con mayor incertidumbre que el gasto general de estos. De acuerdo a lo anterior y, dado que se dispuso de cifras de consumo por tipos de carburante y modos de transporte por intermedio de los AEC, resultó posible estimar las emisiones utilizando factores de emisión basados en los combustibles para todos los casos.

Los resultados se reflejan de forma independiente para cada modo de transporte.

##### 3.1.1 Vehículos automotores de carretera

Los parámetros de emisión resultante se muestran en la tabla No. 3.1.

**Tabla No. 3.1 Factores de emisión adoptados para los vehículos automotores de carretera**

Tipo de combustible	Factores de emisión (g/kg)					
	NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	COVDM	CO	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Gasolina	27.00	8,40	144.90	893,42	0.06	2830.00
Diesel	42.00	0.20	8.00	36.00	0.10	3140.00

Fuente: Elaboración propia<sup>3</sup>

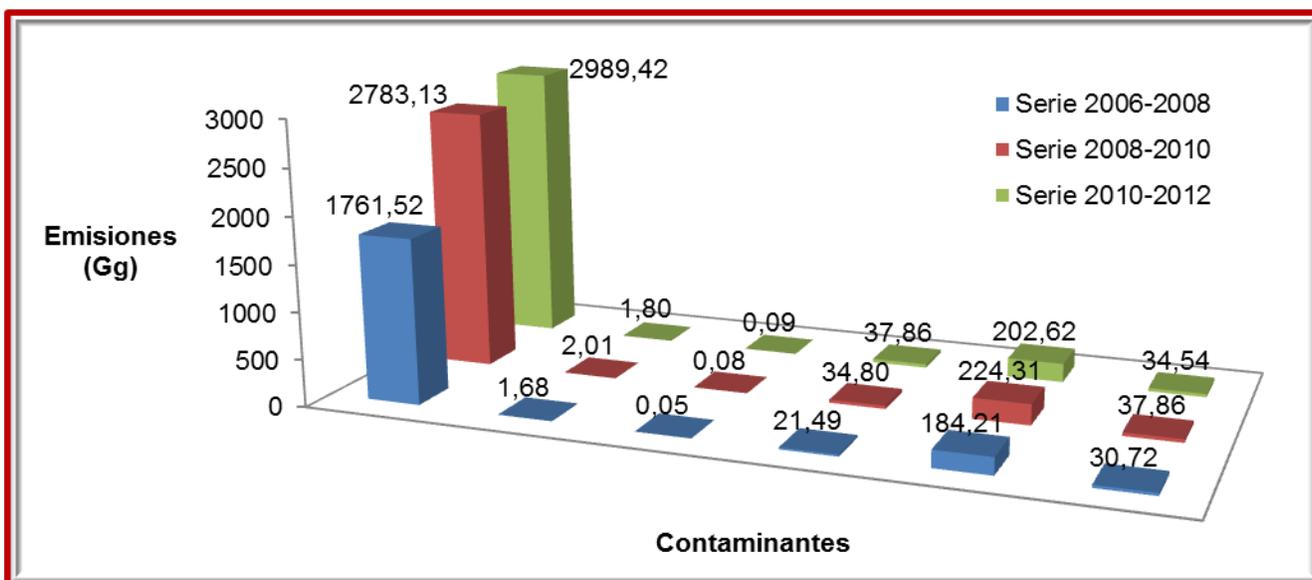
##### 3.1.1.1 Emisiones en el sector estatal

Los niveles de emisión de gases contaminantes tomando como referencia los FE adoptados y los de consumo de combustible por este tipo de medio se reflejan en el Gráfico 3.1 para las series 2006-2008, 2008-2010 y 2010-2012.

Si bien las cifras reportadas corresponden al total del combustible independientemente del tipo de este, los mayores volúmenes pertenecen a los vehículos que trabajan con diesel, estando la diferencia, como promedio, -de las 3 series- en un 40.75%, que representan aproximadamente 3500 Gg.

El comportamiento anterior no es similar en todos los GEI, pues en el caso de los CH<sub>4</sub> y los COVDM los valores mayores corresponden a los medios de gasolina que, de conjunto con las altas cifra de CO, expresan poca eficiencia energética, dado entre otros aspectos, por el envejecimiento de la flota.

<sup>3</sup> Se confeccionó la tabla a partir de: Informe Final del Proyecto “Desarrollo de herramientas para el cálculo del Inventario de Gases de Efecto Invernadero en fuentes móviles cubanas”; las GR IPCC 1996 GL (IPCC-OECD-IEA, 1997) y, “Determinación de factores de emisión para el monóxido de carbono, provocado por el transporte automotor por carretera en Cuba”. (En rojo aparecen los nuevos valores de los FE para el CH y el CO para los medios que trabajan con gasolina y poseen un envejecimiento mayor de 20 años).



**Gráfico No. 3.1: Emisiones de GEI, vehículos automotores de carretera, sector estatal.** Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, en todos los casos los mayores volúmenes de emisión corresponden del CO<sub>2</sub> como gas de efecto invernadero directo y el de CO como indirecto. No obstante, al comparar los resultados, se evidencia un incremento en los valores de los óxidos de nitrógeno, como consecuencia de un mayor empleo del diesel en la operación de los medios.

Al mismo tiempo, las emisiones globales crecieron en cada serie analizada dado el aumento del parque vehicular en esta categoría<sup>4</sup>, así como la incorporación de nuevas rutas de viajes en aras de lograr una mayor movilidad de la población.

Desde el punto de vista ambiental, al comparar las dos últimas series, se comprueba que las acciones tomadas para incrementar la eficiencia energética en el sector (como el cambio de los vehículos de transportación utilizados hasta ese entonces por otros con mayores prestaciones y eficiencia) son favorables, pues si bien las emisiones totales se incrementan, la relativa al CO disminuye al igual que los CH<sub>4</sub> y los COVDM, referenciado una combustión más completa.

En el Anexo No. 1 se muestra el comportamiento histórico del volumen de emisión por este tipo de fuente móvil, para el período 1990-2012, con iguales datos de referencia.

<sup>4</sup> Por ejemplo, en el 2005 los vehículos promedio existentes que operaron en las empresas especializadas del transporte estatal oscilaban en alrededor de 15 599 vehículos, mientras que en el 2008 ascendieron a 16 289 (AEC-2009).

### 3.1.1.2 Transporte automotor de carretera, *Sector privado*

Las emisiones de GEI, tomando como referencia los FE, el tipo de carburante y la cuantía del consumo asumidos, se reflejan en la Tabla No. 3.2.

**Tabla No. 3. 2 Emisiones totales de GEI provenientes de los vehículos automotores de carretera sector privado**

Serie	Emisiones de GEI (Gg)						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	Total
2006-2008	370.16	1.10	0.01	3.53	116.86	18.95	510.61
2008-2010	231.78	0.69	0.00	2.21	73.17	11.87	319.72
2010-2012	281.59	0.84	0.01	2.69	88.90	14.42	388.45

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los mayores volúmenes de emisión recaen en el CO<sub>2</sub> como gas de efecto invernadero directo y en el de CO como indirecto, reflejando igual comportamiento que el sector estatal.

Al analizar la variación de las emisiones de CH<sub>4</sub>, y los COVDM, de las dos últimas series con respecto a la primera, pudiera interpretarse como un incremento de la eficiencia lo cual, aunque puede ser cierto, no es la única causa. En lo anterior está incidiendo de manera directa, el consumo del combustible diesel por los porteadores privados, cifras estas que no aparecen reflejadas en los Anuarios.

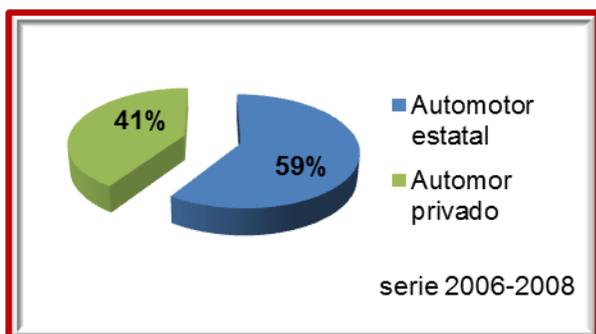
En la Tabla No. 3.3, se exponen los resultados de las emisiones de este medio de transporte para el igual tipo de combustible utilizado en el sector estatal y privado.

**Tabla No. 3. 3 Emisiones totales de GEI provenientes de los vehículos automotores de carretera que operan con gasolina**

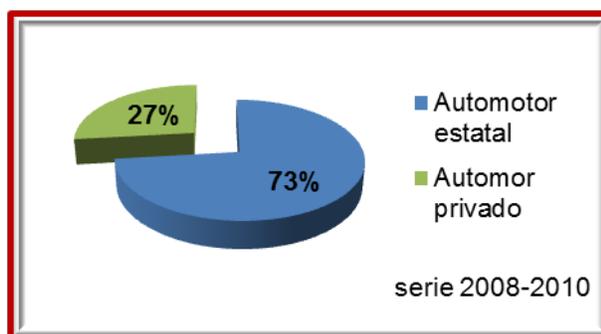
Serie	Propiedad del medio	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	TOTAL	Total de emisión
2006-2008	Estatal	539,12	1,60	0,01	5,14	170,20	27,60	743,67	1254,28
	Privado	370,16	1,1	0,01	3,53	116,86	18,95	510,61	
2008-2010	Estatal	632,42	1,88	0,01	6,03	199,65	32,38	872,38	1192,10
	Privado	231,78	0,69	0,00	2,21	73,17	11,87	319,72	
2010-2012	Estatal	553,35	1,64	0,01	5,28	174,69	28,33	763,31	1147,76
	Privado	281,59	0,84	0,01	2,69	88,90	14,42	384,45	

Fuente: Elaboración propia

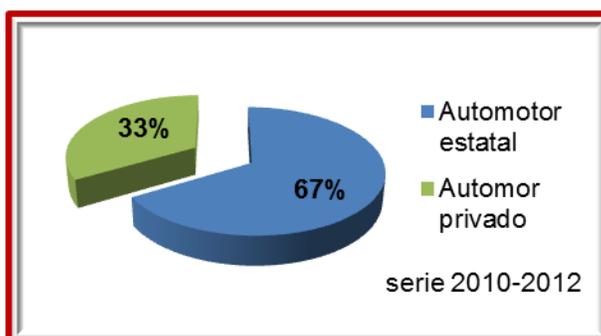
A continuación en los Gráficos 3.2, 3.3 y 3.4 se refleja la participación porcentual del sector estatal y privado en el total de las emisiones de los vehículos automotores de carretera que operan con gasolina para cada una de las series estudiadas.



**Gráfico No. 3.2: Participación del sector estatal y privado, serie 2006-2008.** Fuente: Elaboración propia



**Gráfico No. 3.3: Participación del sector estatal y privado, serie 2008-2010.** Fuente: Elaboración propia



**Gráfico No. 3.4: Participación del sector estatal y privado, serie 2010-2012.** Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, en la primera serie, la diferencia entre ambos fue del 18%, en el posterior período se incrementan las emisiones en el sector estatal motivado por la circulación de un mayor número de vehículos, sin embargo, en la última etapa estudiada muestra una disminución del 6% que equivale a 109.07Gg de GEI dejados de expulsar a la atmósfera, aquí está incidiendo el hecho de la introducción cada vez mayor de vehículos con motores diesel. Este comportamiento no se refleja igual en el sector privado, en el cual existe la tendencia al incremento de las emisiones, acercándose a lo reportado en el 2006-2008, debido a la creciente participación de los portadores privados en la transportación de pasajeros, dado el deterioro de los medios estatales y a que no existe un incremento sustentado en el desarrollo.

### 3.1.2 Equipos Ferroviarios, Agrícolas y de Construcción

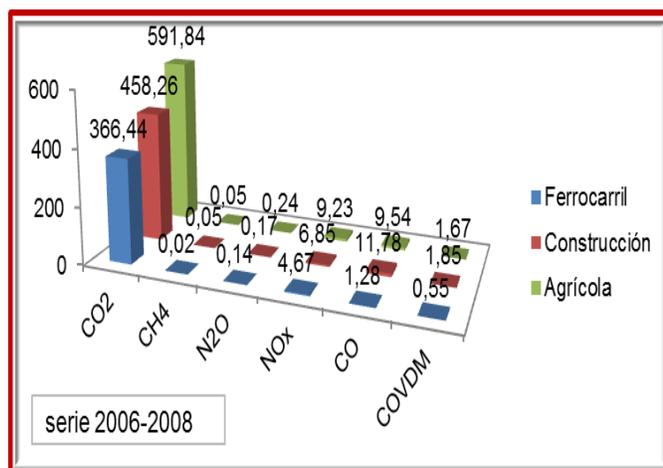
Los parámetros de emisión seleccionados se muestran en la Tabla No. 3.4.

**Tabla No. 3. 4 Factores de emisión adoptados para los equipos ferroviarios, agrícolas y de construcción**

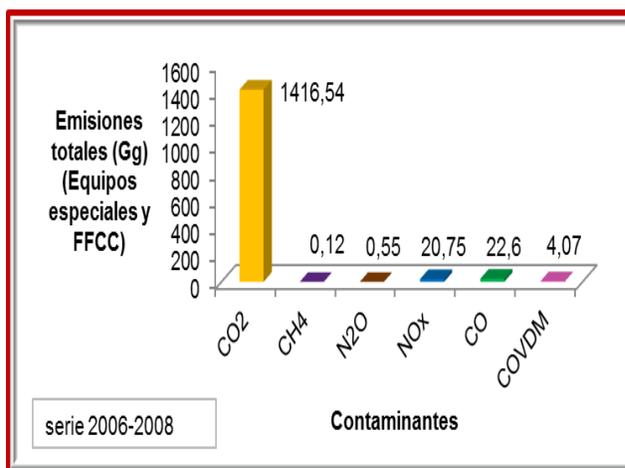
Equipos	Combustible	Factores de emisión (g/kg)					
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM
Ferrovianos	Diesel	3140	0.18	1.2	40.0	11	4.7
Agrícolas	Diesel	3140	0.17	1.3	50.0	16	7.3
	Gasolina	3200	3.7	0.07	7.6	1500	74
Construcción	Diesel	3140	0.17	1.2	48.0	23	10
	Gasolina	3200	5.5	0.07	8.0	2200	110

Fuente: "Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en fuentes móviles año 2004", CE-TRA, 2012. Cuba

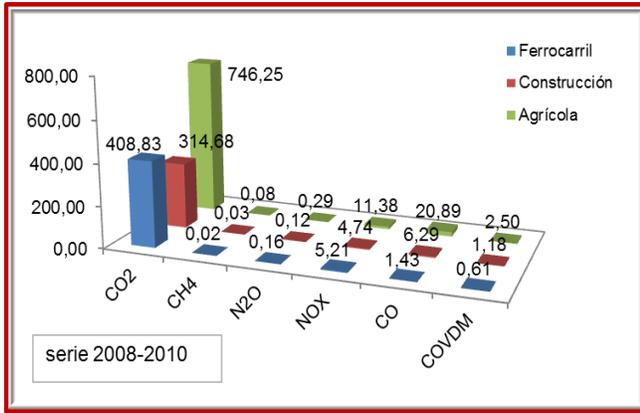
Los volúmenes de emisión de cada gas contaminante, para las series analizadas, provenientes del ferrocarril y los medios automotores de carretera enmarcados en este epígrafe, se reflejan en los Gráficos No. 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10 a partir de los FE adoptados y los volúmenes de consumo de combustible por cada tipo de medio.



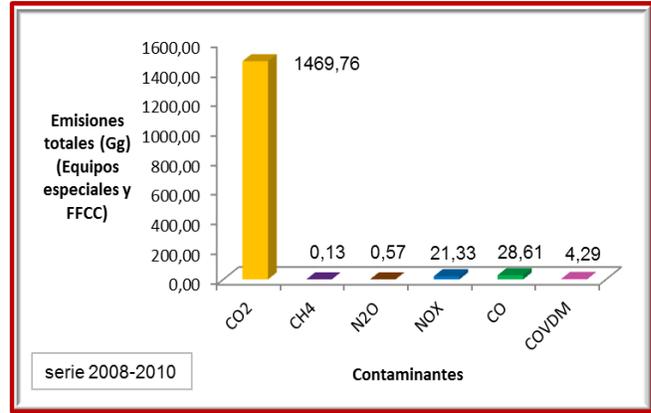
**Gráfico No. 3.5: Emisiones de GEI provenientes de los equipos ferroviarios, agrícolas y de construcción, serie 2006-2008.** Fuente: Elaboración propia



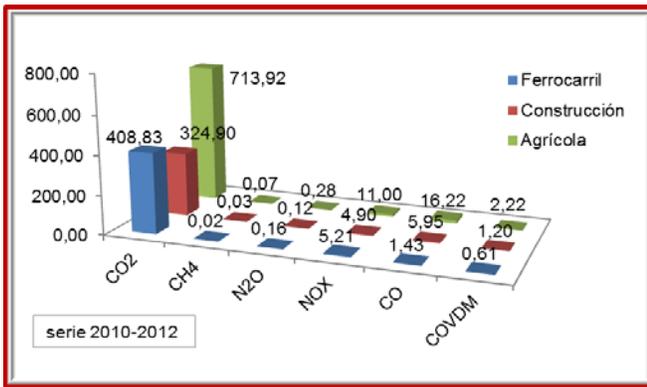
**Gráfico No. 3.6: Emisiones totales del ferrocarril y los equipos especiales, serie 2006-2008.** Fuente: Elaboración propia



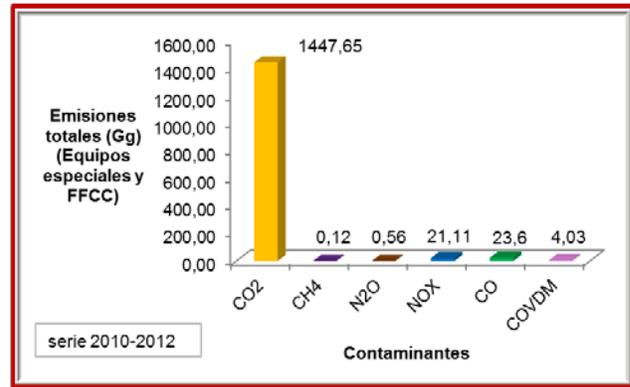
**Gráfico No. 3.7: Emisiones de GEI provenientes de los equipos ferroviarios, agrícolas y de construcción, serie 2008-2010.** Fuente: Elaboración propia



**Gráfico No. 3.8: Emisiones totales del ferrocarril y los equipos especiales, serie 2008-2010.** Fuente: Elaboración propia



**Gráfico No. 3.9: Emisiones de GEI provenientes de los equipos ferroviarios, agrícolas y de construcción, serie 2010-2012.** Fuente: Elaboración propia



**Gráfico No. 3.10 Emisiones totales del ferrocarril y los equipos especiales, serie 2010-2012.** Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia, los mayores valores corresponden al CO<sub>2</sub>, seguidas del CO y los NO<sub>x</sub>, excepto en el caso del ferrocarril donde esta relación se invierte. En las tres series analizadas, los medios agrícolas son los de mayor contaminación y dado el comienzo de la recuperación del transporte ferroviario y, el crecimiento de su nivel de actividad<sup>5</sup>, las emisiones procedentes de este, desplazan a los equipos móviles de construcción a partir del período 2008-2010.

En el Anexo No. 1 se muestra el comportamiento histórico del volumen de emisión por el conjunto de estas fuentes móviles, para el período 1990-2012, con iguales datos de referencia.

<sup>5</sup> En el período 2008-2010, el modo ferroviario transportó 162.7 Mt más que en la serie anterior y, 12 783 Mt más en la etapa 2010-2012.

### 3.1.3 Equipos de navegación marítima

Esta categoría de fuente incluye todas las emisiones procedentes de los combustibles utilizados para propulsar los diferentes tipos de embarcaciones nacionales.

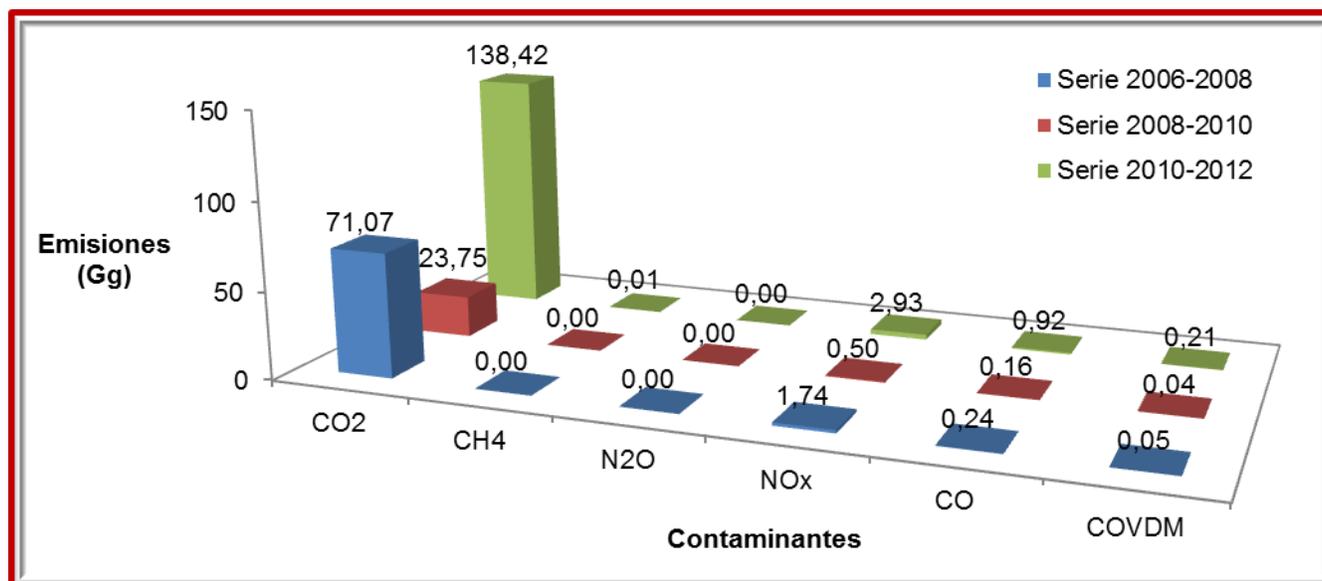
Los factores de emisión seleccionados se muestran en la Tabla No. 3.5

**Tabla No. 3.5 Factores de emisión adoptados para equipos de navegación marítima**

Tipos de barcos	Factores de emisión (g/kg)					
	NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	COVDM	CO	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Barcos	87.0	-	-	1.9	0.08	3212
Botes	67.5	0.23	4.9	21.3	0.08	3188

Fuente: "Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en fuentes móviles año 2004", CE-TRA, 2012. Cuba

Las emisiones de GEI procedentes del consumo de combustible en viajes nacionales de las embarcaciones marítimas tanto en la transportación de pasajeros como de carga, se presentan en el Gráfico No. 3.11.



**Gráfico No. 3.11 Emisiones de GEI provenientes de las embarcaciones marítimas.** Fuente: Elaboración propia

Como se observa, predominan ampliamente las emisiones de CO<sub>2</sub> y en menor medida las de NO<sub>x</sub>. Existen emisiones que no son significativas<sup>6</sup>, tales como CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y COVDM

En el último par de años analizados, los valores reportados responden al nivel de actividad, que equivale a un total de carga operada de 7315.00 Mt<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Las emisiones que no son significativas, a los efectos del reporte del inventario, se consideran No Estimadas (NE)

Por no disponer de la información correspondiente a los viajes internacionales, resulta imposible determinar las emisiones, que aunque no se adicionan en el total del inventario, si se deben reportar en depósitos internacionales. Tampoco se contó con la información de otros medios marítimos nacionales<sup>8</sup>

En el Anexo No. 1, se muestra el comportamiento histórico del volumen total de emisión por este medio, para el período 1990-2012, con iguales datos de referencia.

### 3.1.4 Equipos de navegación aérea en la aviación civil

Los FE seleccionados para esta categoría de fuente, tanto para los aviones que trabajan con gasolina o con turbo combustible, se muestran en las Tablas No. 3.6 y 3.7 respectivamente.

**Tabla No. 3. 6 Factores de emisión adoptados para aviones de gasolina**

Combustible	Factores de emisión (g/kg)					
	NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	COVDM	CO	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Gasolina	3.52	2.64	24	1034	0.04	3172

Fuente: "Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en fuentes móviles año 2004", CETRA, 2012. Cuba

**Tabla No. 3.7 Factores de emisión adoptados para aviones de reacción**

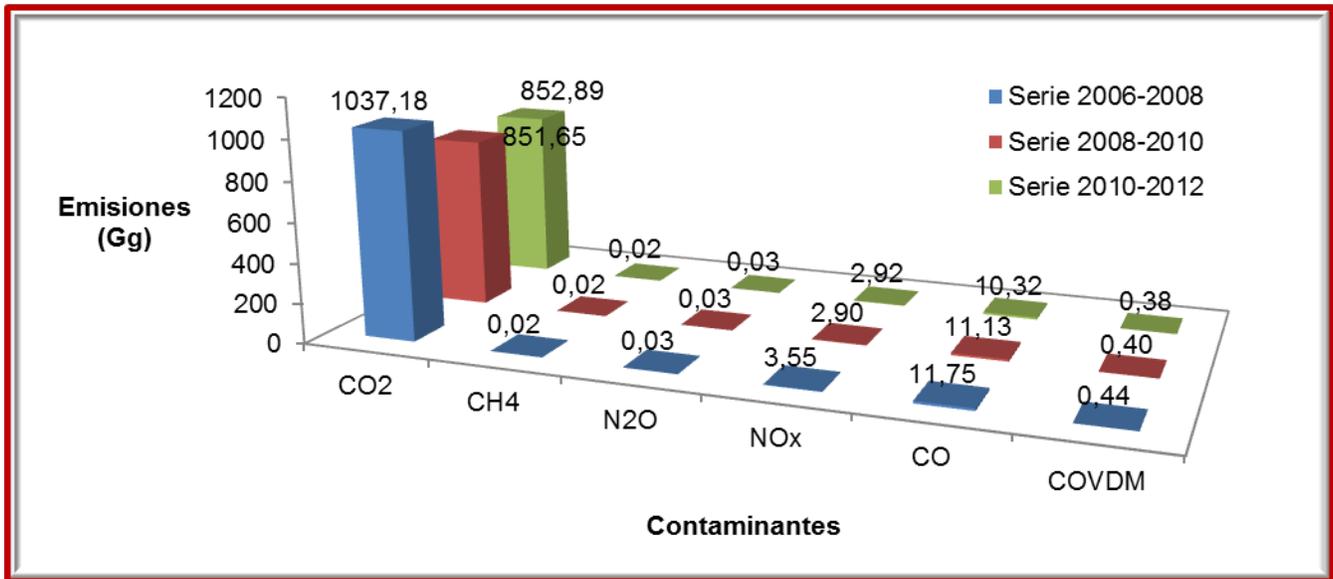
Fase de vuelo	Factores de emisión (g/kg)					
	NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	COVDM	CO	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Crucero (flota envejecida)	11.0	0.0	0.7	7.0	0.1	3150

Fuente: "Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en fuentes móviles año 2002", CETRA, 2005. Cuba

El comportamiento de las emisiones totales para las series analizadas, se refleja en el Gráfico 3.12.

<sup>7</sup> En el 2006-2008 se reportó una carga total operada de 2590.40 Mt, en los años 2008-2010 esta cantidad disminuyó en 1222.10 Mt, razón por la cual el consumo de combustible decreció y con ello el nivel de las emisiones. En el total de medios no se incluyen los buques arrendados, patanas y motoveleros, (AEC/2012).

<sup>8</sup> No se pudo disponer de datos de consumo de las embarcaciones pertenecientes al turismo, y otras dependencias explotadoras de estos medios, como tampoco por categoría de botes y barcos. Por otra parte, solo se analizó el combustible diesel, pues en los AEC, no se reporta el consumo de Fuelóleo para la rama del transporte (solo se refleja para las actividades de Explotación de Minas y canteras, Industria azucarera, Manufacturera, Construcción y Suministro de electricidad, gas y agua)



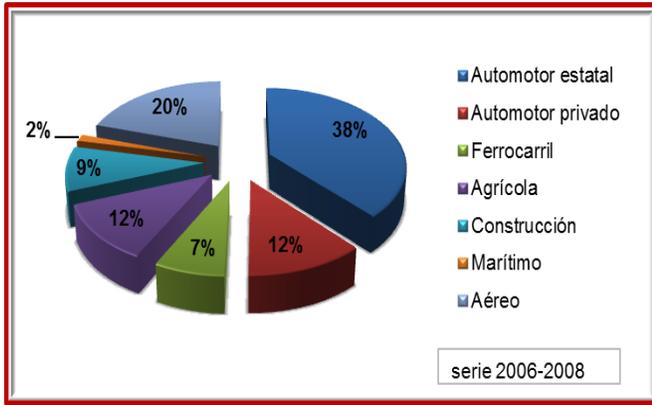
**Gráfico No. 3.12. Emisiones de GEI provenientes de las naves aéreas.** Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia los mayores volúmenes de las emisiones son de CO<sub>2</sub> como gas de efecto invernadero directo y las de CO como indirecto, en todos los períodos analizados. De igual manera, las mayores aportaciones corresponden al empleo del turbo combustible. No obstante al comparar las cifras de los contaminantes, se evidencia un comportamiento similar en todas las series, fundamentalmente en las dos últimas, lo cual es resultado de semejantes consumos y niveles de actividad tanto en la transportación de carga como de pasajeros, así como de otras actividades relacionadas con la fumigación, agricultura, entre otras ejecutadas por este tipo de medio.

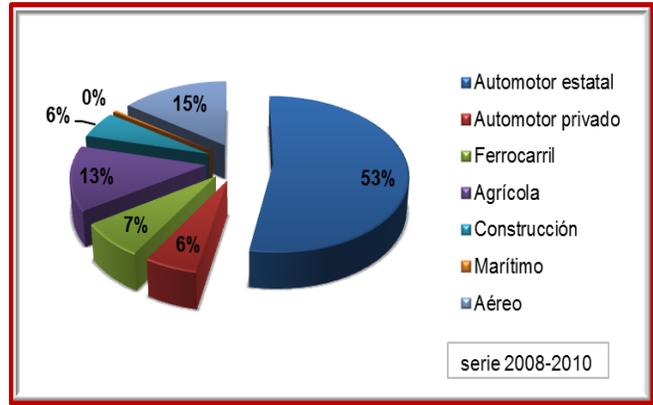
En el Anexo No. 1, se muestra el comportamiento histórico del volumen total de emisión por este medio, para el período 1990-2012, con iguales datos de referencia.

### 3.1.5 Emisiones totales por las fuentes móviles en el territorio nacional

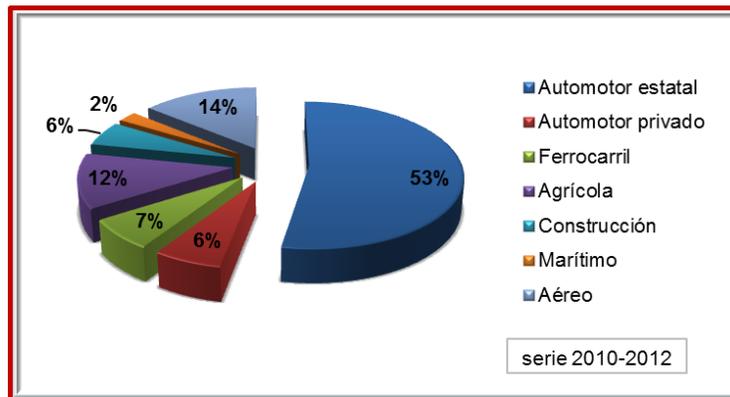
En los Gráficos No. 3.13, 3.14 y 3.15, se ofrece el aporte porcentual en la emisión total de GEI, procedentes de las fuentes móviles cubanas para aquellas actividades desarrolladas en el territorio nacional, con la inclusión del transporte automotor no estatal.



**Gráfico No. 3.13. Aporte porcentual de cada modo de transporte en la emisión global de GEI en el país, serie 2006-2008.** Fuente: Elaboración propia



**Gráfico No. 3.14. Aporte porcentual de cada modo de transporte en la emisión global de GEI en el país, serie 2008-2010.** Fuente: Elaboración propia



**Gráfico No. 3.15. Aporte porcentual de cada modo de transporte en la emisión global de GEI en el país, serie 2010-2012.** Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que al transporte automotor de carretera le corresponden las mayores emisiones lo cual tiene un comportamiento lógico y similar al resto de los países del área, por ser el de mayor prevalencia dentro de las fuentes móviles.

Dado lo anterior, resulta necesario ejecutar estudios de mitigación de GEI en el sector, fundamentalmente encaminados, al empleo de otras fuentes de energía en este modo de transporte.

Por otra parte, en las dos últimas series, se manifiesta una similitud en las emisiones de los medios agrícolas y los aéreos. En cuanto al transporte ferroviario, aunque ha elevado su nivel de actividad, los consumos se mantienen sin variaciones representativas que manifiesten un incremento de las emisiones.

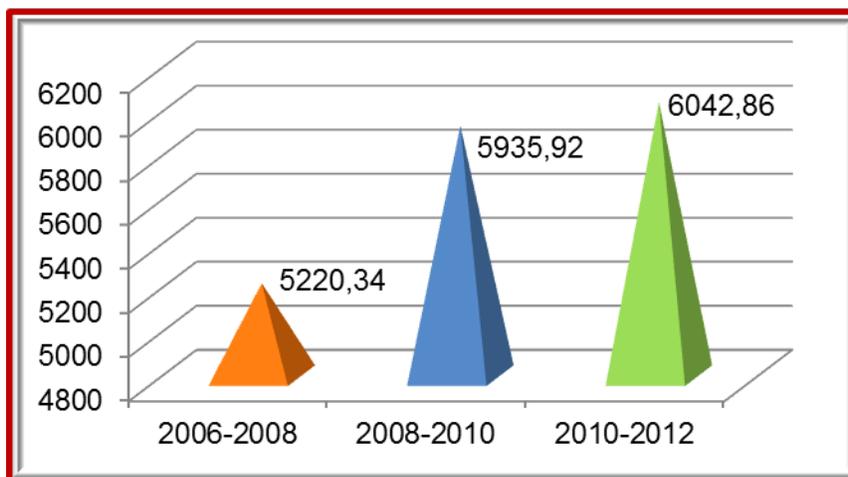
En la Tabla No. 3.8, se muestra el comportamiento total de cada gas emanado por las fuentes móviles cubanas en el período de tiempo que comprende cada etapa estudiada. De igual manera, las emisiones totales de GEI en Cuba, se reflejan en el Gráfico No. 3.16.

**Tabla No. 3.8 Emisiones totales de cada GEI (Gg)**

GEI	Series		
	2006-2008	2008-2010	2010-2012
CO <sub>2</sub>	4772,65	5474,74	5595,30
CH <sub>4</sub>	2,93	2,86	2,78
N <sub>2</sub> O	0,64	0,68	0,69
NOx	52,62	64,17	65,08
CO	336,99	338,84	325,60
COVDM	54,53	54,63	53,41

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que el mayor volumen corresponde al CO<sub>2</sub> como gas de efecto de invernadero directo, seguido por el CO como GEI indirecto.



**Gráfico No. 3.16 Emisiones totales provenientes de las fuentes móviles en Cuba, para cada período estudiado.** Fuente: Elaboración propia

Como se muestra las emisiones en el territorio nacional por el sector transporte evidencia una tendencia al aumento. Lo anterior viene dado básicamente por un mayor consumo de combustible debido a la recuperación que experimentó el transporte automotor a partir, esencialmente del año 2007, lo que favoreció incrementar el nivel de actividad en lo referido a la transportación de pasajeros<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> En el período 2006-2008 el total de pasajeros transportados fue de 1 653.70 MM Pas, mientras que en la etapa 2008-2010 por ejemplo, la cifra ascendió a 1 823.00 MM Pas, creciendo primordialmente en la movilidad por ómnibus, (AEC-2012).

De esta manera, el contexto futuro de las emisiones se perfila con un incremento en sus cifras, toda vez que ellas dependen en primer orden de los consumos de combustibles, la cantidad de medios existentes y los niveles de actividad, pero además de los factores de emisión que se utilicen, de la eficiencia energética, y de otros aspectos técnicos y organizativos del sector.

Por tal razón, resulta oportuno enfocar las investigaciones futuras en la continuidad de la ejecución de los Inventarios de GEI y en el análisis y evaluación de opciones de mitigación más factibles de aplicar.

### **3.1.6 Exhaustividad (fuentes móviles en general)**

La información utilizada cubre prácticamente la totalidad de los consumos de combustibles por las fuentes móviles en todo el país en los años comprendidos desde el 2006 hasta el 2012.

### **3.1.7 Evaluación de Incertidumbres (fuentes móviles en general)**

El dióxido de carbono, es usualmente responsable de más del 97 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en el sector de transporte. Criterios de expertos sugieren que las incertidumbres de los estimados de emisiones de ese gas son aproximadamente  $\pm 5\%$  (*GBP, IPCC, 2000*) (7), en este caso su contribución es del 93%. La principal fuente de incertidumbre son los datos de actividad, en mayor medida que los factores de emisión.

Los óxidos de nitrógeno, usualmente contribuyen aproximadamente con el 3 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente procedentes del sector de transportación. Criterios de expertos, sugieren que las incertidumbres para este gas pueden ser superiores a  $\pm 50\%$  (7). La mayor fuente de incertidumbre está relacionada con los factores de emisión.

El metano, por otra parte, participa usualmente con menos del 1 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en este sector. Criterios de expertos consideran que las incertidumbres para los estimados de emisiones de este gas están en el orden de  $\pm 40\%$  (7). Al igual que para el óxido nítrico, la mayor fuente de incertidumbre proviene de los factores de emisión. En el caso de estudio el aporte es de aproximadamente el 0,07%. Para el CH<sub>4</sub>, el 1,18% para los NO<sub>x</sub>, mientras que para el N<sub>2</sub>O el aporte es del 0,02%.

En cuanto a las emisiones procedentes de naves aéreas, con relación a los datos de actividad, el reporte está fuertemente influido por la falta de datos colectados, referidos al consumo de combustible de la aviación doméstica separados del correspondiente a la aviación internacional, fases de vuelo y envejecimiento de los medios. Con datos completos, la incertidumbre puede ser muy baja (menos que el 5 %).

Con respecto a los FE, estos para el caso del CO<sub>2</sub> deben estar dentro del rango de  $\pm 5\%$ , pues dependen solamente del contenido de carbono de los combustibles y la fracción oxidada. Con datos completos, incluso la incertidumbre puede ser menor que ese valor. En el caso

del transporte, se utiliza un valor de  $\pm 3\%$  derivado de *EEA, 2007*. Para el  $\text{CH}_4$ , la incertidumbre puede ser considerada como alta ( $\pm 50\%$ ) y para el  $\text{N}_2\text{O}$  muy alta ( $\pm 75\%$ ).

Para los detalles de actividad en esta evaluación desagregada de las fuentes móviles, se consideró una incertidumbre media del 15% tomando en cuenta las dificultades existentes con los datos de consumo de combustibles por estratos y características de los medios.

Además debido a la carencia de información, en el transporte automotor no se pudo desglosar los medios por años de envejecimiento y, por tanto, se tomó como base para la selección del factor de emisión el más agresivo, que es el correspondiente a los mayores de 10 años, mientras que para la rama marítima, los FE se seleccionaron tan solo sobre la base del tipo de combustible que consumen los equipos de navegación marítima, lo cual aumenta el grado de incertidumbre de los resultados obtenidos en ambas categorías, lo que interfiere en la calidad de los resultados. No obstante, proporciona un estimado del comportamiento de las emisiones de GEI para cada serie.

Con relación a los FE, solo se ha determinado para los gases  $\text{CO}$  y  $\text{CH}_4$  para vehículos automotores que emplean gasolina, debido a lo no disponibilidad de datos que permita calcular el resto de estos factores<sup>10</sup>.

El procesamiento de los datos para el cálculo del inventario mediante GEISA brindó informes detallados que permitieron un mejor razonamiento de los datos que se exponen al realizar análisis cruzados de las series, comparaciones entre subcategorías y corregir los resultados.

### **3.2 Diseño de los modelos para la captación de la información**

Los modelos diseñados para la captación de los datos están separados por tipo de modo de transporte, no obstante en la Tabla No. 3.9 se muestra el consolidado de la información a solicitar.

#### **Tabla No. 3. 9 Modelo consolidado de solicitud de información**

---

<sup>10</sup> Al no disponer del equipo analizador de gases de combustión para las investigaciones y en los Centro de Revisión Técnica Automotor, se hace imposible calcular el resto de los FE a partir del tipo de combustible, antigüedad y clase de medios entre otros aspectos.



EXISTENCIA DE EQUIPOS Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Informe correspondiente al cierre del año: \_\_\_\_\_

UNIDAD DE MEDIDA: Entero con un decimal

Página de \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Centro Informante: \_\_\_\_\_

Área: \_\_\_\_\_

EQUIPOS	Fila No.	Equipos (Uno)				CAD (Uno)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE					km Recorrido Promedio Anual	CONSUMO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS					Consumo de lubricantes
		TOTAL	POR EDADES (años)				Gasolina	Diesel	Fuel oil	Turbo combustible	Gasolina aviación		Etanol	Biogas	Biocombustible	GNC	Otro: .....	
			0-5	6-10	>10													
A	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>TRANSPORTE AUTOMOTOR DE CARRETERA</b>																		
Motocicletas ≤ 50 cc	1																	
Motocicletas > 50 cc	2																	
Automóviles Diesel	3																	
Automóviles gasolina	4																	
Vehículos ligeros Diesel	5																	
Vehículos ligeros gasolina	6																	
Vehículos pesados Diesel	7																	
Vehículos pesados gasolina	8																	
<b>TRANSPORTE FERROVIARIO</b>																		
Locomotoras Diesel	9																	
Locomotoras de vapor	10																	
Otros equipos ferroviarios	11																	
<b>EQUIPOS AGRICOLAS</b>																		
<b>EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN</b>																		
<b>TRANSPORTE NAVAL</b>																		
Tipo de travesía	Marítimo	Barcos de travesía nacional	14															
		Barcos de travesía internacional	15															
		Botes	16															
	Fluvial	Barcos de travesía nacional	17															
		Barcos de travesía internacional	18															
Botes		19																
<b>TRANSPORTE AÉREO</b>																		
Tipo de aeronave	Equipos Envejecidos	Vuelos nacionales	19															
		Vuelos internacionales	20															
	Equipos Modernos	Vuelos nacionales	21															
		Vuelos internacionales	22															
SUMA CONTROL		23																

Certificamos que los datos contenidos en este modelo se corresponden con los anotados en nuestros registros primarios y de acuerdo a las instrucciones vigentes para la elaboración del mismo.

**Vicedirector Energético**  
\_\_\_\_\_  
**Nombre y Apellidos**  
\_\_\_\_\_  
**Firma**

**Director**  
\_\_\_\_\_  
**Nombre y Apellidos**  
\_\_\_\_\_  
**Firma**

**FECHA**

<b>Día</b>	<b>Mes</b>	<b>Año</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

## Aclaraciones metodológicas

1. Este modelo debe ser entregado al Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas el día \_\_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_, en su domicilio legal: Carretera del Cristo No.3, Finca Tiscornia, Casablanca, Municipio Regla, Provincia La Habana. Correo electrónico:  
amarales@cimab.transnet.cu
2. Solamente se reportarán consumos de combustible cuando se reporten cifras en equipos en la columna 1, pues el gasto que se solicita es el asociado al uso de esos equipos.
3. Los consumos de combustibles reportados en este modelo deben ser los realmente empleados en el período que se informa.
4. Cada centro informante incluirá la información de las entidades estatales, sociedades mercantiles y empresas mixtas que se les subordinen y/o atiendan, salvo que se le exprese lo contrario.
5. En el modelo se anotarán los datos siguientes:

### Encabezamiento:

El año al que corresponde la información, la descripción del centro informante y su código.

### Columna 1 (Equipos total)

El total de medios o equipos que posee la entidad, de los que se relacionan en la columna A.

### Columna 2 a la 4 (Equipos por edades)

El total de medios o equipos, de los consignados en la columna A comprendidos en los intervalos por años se indican en cada columna.

### Columna 5 (CAD – Ciclos de aterrizaje y despegue)

Contempla las etapas de aterrizaje y despegue de las naves aéreas durante las actividades de transportación y servicio. Se anota un ciclo cuando

ocurra una operación de aterrizaje y otra de despegue.

### Columna 6 (Consumo de combustible gasolina)

El consumo real de gasolina, el que para los equipos terrestres descritos en la columna A, es la suma de todos los tipos de gasolina de motor consumida en el año correspondiente.

### Columna 7 (Consumo de combustible Diesel)

El consumo real de Diesel, en el año correspondiente, de los equipos relacionados en la columna A.

### Columna 8 (Consumo de combustible fuel oíl)

El consumo real de petróleo combustible (fuel oíl), para el año correspondiente, solamente para las locomotoras de vapor y medios navales.

### Columna 9 (Consumo de turbo combustible)

El consumo real de turbo combustible en el transporte aéreo nacional e internacional, en el año que corresponda.

### Columna 10 (Consumo de combustible gasolina de aviación)

El consumo de gasolina de aviación en el transporte aéreo nacional, en el año que corresponda.

### Columna 11 (km recorrido promedio)

Cantidad de km recorridos promedio por los equipos relacionados en la columna A para el año que corresponda.

### Columna 12 a la 16 (Consumo de combustibles alternativos)

El consumo real de combustibles alternativos de los equipos relacionados en la columna A para el año que corresponda.

### Columna 17 (Consumo de lubricantes)

El consumo real de lubricantes para los equipos relacionados en la columna A para el año que corresponda.

## **4 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS Y SALIDAS DE LOS RESULTADOS**

### **Plano científico**

- El empleo de FE determinados para el CO y el CH<sub>4</sub> que responden a las características específicas de Cuba, además de hacer posible la validación de ellos, permite la reducción del nivel de incertidumbre de los resultados del inventario para este tipo de contaminantes, y por tanto aumentar la calidad de los resultados.
- La estimación de las emisiones por el transporte automotor de carretera privado, que se realiza por primera vez en el país, permite conocer la incidencia de dicha categoría en las emanaciones totales de gases contaminantes a la atmósfera, lo que permite fortalecer en mayor medida el inventario de GEI obtenido para las fuentes móviles al ser mucho más descriptivo y real.
- El recalcular el inventario a través de la aplicación de la herramienta informática GEISA, permitió poner a punto el sistema e ir validando el mismo para todos los modos de transporte.
- La ejecución del inventario en el período estudiado, posibilita acortar los vacíos existentes en este sentido en el país.

### **Plano tecnológico**

- La utilización de GEISA permite abordar el cálculo del inventario de GEI de forma eficiente y eficaz, al lograr una mayor confiabilidad, manejo y comparación de las salidas, incidiendo en la mejora de las mismas. Su aplicación es válida para el país o cualquier instancia.

### **Plano social**

- Los resultados obtenidos permiten abordar el tema de las bases normativas relacionadas con la temática y así contribuir al mejoramiento de la calidad del aire y con ello los indicadores de salud.

### **Protección y conservación medio ambiental**

- La ejecución del inventario de GEI con la aplicación de las nuevas herramientas, permitirá acometer nuevos estudios sobre opciones específicas de mitigación a partir de una mejor valoración de los resultados alcanzados.

### **Plano económico**

- La utilización de la herramienta informática GEISA para la corroboración del inventario, favoreció la no erogación de aproximadamente 3,00 MUSD, al no tener que adquirir la llave de licencia de un software con iguales fines, al que no se puede acceder desde el país por las limitaciones y extraterritorialidad del bloqueo de los EEUU hacia Cuba.

#### **4.1 Salidas manifiestas y potenciales del proyecto:**

- El Resultado No. 1 permite cumplimentar compromisos contraídos por Cuba internacionalmente, a partir de incluir la evaluación de las emisiones del sector transporte, en el Módulo de Energía del Capítulo Emisiones y Remociones de GEI en Cuba, perteneciente a las Comunicaciones Nacionales a las CMNUCC. De igual manera, proporciona dar respuesta a solicitudes gubernamentales relacionadas con la temática, así como avanzar en la ejecución del inventario de GEI para completar las series con un retraso de solo dos años.
- El Resultado No. 1, hace posible además, la validación de los FE determinados para los contaminantes CO y el CH<sub>4</sub> para los medios de transporte que trabajan con gasolina en el país.
- El Resultado No. 2, permitió la puesta a punto y validación continua de la herramienta informática GEISA para todos los modos de transporte.
- El Resultado No. 3 facilita la obtención de la información necesaria para el desarrollo de los futuros inventarios de GEI lo que hará posible disminuir el nivel de incertidumbre con relación a los datos de consumo y actividad.
- Informe del proyecto
- Ponencias para eventos de carácter científico-técnico
- Publicación de artículos científicos

## CONCLUSIONES

1. Las emisiones en el territorio nacional por el sector transporte evidencian una tendencia al aumento. Lo anterior viene dado básicamente por un aumento del consumo de combustible debido a la recuperación que experimentó el transporte automotor a partir, esencialmente, del año 2007.
2. La mayor incidencia en las emisiones de GEI a la atmósfera por las fuentes móviles es provocada por el transporte automotor de carretera estatal, con una participación mantenida en las dos últimas series de más del 50 % seguido de los medios enmarcados en la categoría de agrícolas.
3. El CO<sub>2</sub> es el GEI con superior cifra de expulsión a la atmosfera, tanto a nivel de país como por tipo de modo de transporte, así estas se incrementaron en un 15 % lo cual equivale a 822.65 Gg.
4. El empleo de FE que responden a las características específicas del país para el caso del CO y el CH<sub>4</sub> aplicados a los medios automotores de carretera, permitió disminuir el nivel de incertidumbre de los resultados del inventario para este tipo de contaminante y por tanto aumentar la calidad de los resultados.
5. La aplicación de las planillas diseñadas para la captación de datos, disminuirá la ausencia de informaciones relacionadas con indicadores como consumo de combustible, nivel de actividad, envejecimientos de las flotas, fases de vuelo y kilómetros recorridos, lo que coadyuvará un análisis más abarcador en la determinación de las emisiones de las fuentes móviles en el país.
6. La determinación de las emisiones de GEI por el transporte automotor de carretera privado permitió conocer la incidencia de dicha categoría en la contaminación atmosférica y consolidar el inventario de GEI obtenido para las fuentes móviles, al ser mucho más descriptivo.
7. La aplicación de la herramienta informática GEISA permitió abordar el cálculo del inventario de GEI de forma eficiente y eficaz, al lograr una mayor confiabilidad, manejo y comparación de las salidas, incidiendo en la mejora de las mismas.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar medidas de medición y control de los GEI en los medios de transporte
2. Continuar con la ejecución de los inventarios de GEI en el sector transporte en períodos de cada dos años, con vista a eliminar los vacíos existentes en esta temática a nivel de país y atemperar las informaciones con lo demandado por el Gobierno y los organismos internacionales.
3. Enfocar las investigaciones futuras en el análisis y evaluación de opciones de mitigación de GEI como es el uso de otras fuentes de energía en el transporte automotor fundamentalmente, por ser este el de mayor volumen de emisión.
4. Determinar nuevos factores de emisión para el sector con el objetivo de disminuir el nivel de incertidumbre de los resultados con la cual mejorará la calidad de los mismos.
5. Abordar el tema de las regulaciones ambientales en cuanto a la emisión de GEI a la atmósfera por los medios de transporte.
6. Introducir las planillas de captación de datos en la realización de los próximos inventarios para incrementar la calidad de los resultados.
7. Mejorar la información que se refleja en el Anuario Estadístico de Cuba con relación al consumo de combustible de la población.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Amarales C. Martha (et al) “Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en fuentes móviles año 2002”, CETRA, 2005. Cuba.
  2. Amarales C. Martha, (et al) “Desarrollo de herramientas para el cálculo del Inventario de Gases de Efecto Invernadero en fuentes móviles cubanas” Informe final. CETRA. La Habana, Cuba, diciembre/2012.
  3. Amarales C. Martha, Biart H. Rafael y Cardoso A. Xiomara. “Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en fuentes móviles” (Presentado y aprobado por el Equipo Técnico de GEI (ETGEI) para la elaboración del Reporte de Cuba a la CMNUCC. CETRA. La Habana, Cuba, diciembre/2012
  4. Anuario Estadístico de Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información, años 2009, 2010, 2012 y 2013.
  5. Biart H. Rafael. “Determinación de factores de emisión para el monóxido de carbono, provocado por el transporte automotor por carretera en Cuba”, Tesis de Maestría, ISPJAE, Ciudad de la Habana, Cuba, 2006.
  6. Manual de Referencia de las IPCC 1996 GL (*IPCC-OECD-IEA, 1997*).
  7. Manual de Referencia de las IPCC 2006 GL (*IPCC-OECD-IEA, 2006*).
  8. Manual de Procedimientos, IPCC, 2000.
  9. NC 39: 1999 “Calidad del aire. Requisitos higiénico-sanitarios”
- **Otras fuentes consultadas**
    - a) Amarales M, Biart R, “Determinación de las emisiones máximas admisibles para los vehículos automotores de carretera”. CETRA, Ciudad de La Habana, Cuba, mayo/2008.
    - b) Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe, CEPAL 2011.
    - c) Biart R, Díaz R, Pividal. F, Villarroel J. “Estudio sobre los límites máximos de emisión para los vehículos automotores de carretera en Cuba. Informes parcial No.1, y final. CETRA 2005
    - d) Resolución 172-01 de fecha 17 de julio de 2001, MITRANS.
    - e) <http://www.estimacion> de emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles en estaciones de servicio (agosto 2012)
    - f) <http://www.emisiones> de hidrocarburos en automóviles. (septiembre/2012)

**ANEXOS: Comportamiento de las series históricas desde  
1990 hasta 2012**

## Anexo No. 1

### A-1: Emisiones de GEI provenientes de los vehículos automotores de carretera (Gg) (no se incluye el sector privado)

GEI	Series											
	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012
CO <sub>2</sub>	5649,8	1610,44	1444,94	3023,18	2964,51	2930,28	2848,64	2846,65	695.02	1761.51	2783.13	2989.42
CH <sub>4</sub>	1,19	0,46	0,41	0,94	0,92	0,97	0,71	0,70	0.13	1.66	2.01	1.80
N <sub>2</sub> O	0,14	0,04	0,04	0,08	0,08	0,08	0,07	0,06	0.02	0.05	0.08	0.09
NO <sub>x</sub>	67,1	22,24	19,95	28,45	27,9	31,9	30,71	30,32	8.67	21.49	34.80	37.86
CO	500,2	152,84	137,13	192,11	188,38	207,4	199,58	200,57	69.67	184.21	224.31	202.62
COVDM	67,3	37,76	33,88	61,29	60,1	65,7	47,67	48,19	9.73	30.72	37.86	34.54

### A-2: Emisiones de GEI provenientes de los medios ferroviarios, agrícolas y de construcción (Gg)

GEI	Series											
	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012
CO <sub>2</sub>	2467,4	1786,59	1602,99	1661,7	1306,96	1027,27	733,32	711,20	698.65	1416,54	1469,76	1447,65
CH <sub>4</sub>	0,8	0,20	0,18	0,13	0,09	0,06	0,05	0,05	0.05	0,12	0,13	0,12
N <sub>2</sub> O	0,9	0,71	0,64	0,67	0,52	0,41	0,28	0,28	0.28	0,55	0,57	0,56
NO <sub>x</sub>	35,5	27,43	24,61	25,15	17,79	15,74	10,78	10,45	10.3	20,75	21,33	21,11
CO	197,5	9,34	8,38	25,16	19,6	17,68	10,31	9,13	9.1	22,6	28,61	23,6
COVDM	25	5,00	4,49	4,52	3,56	3,1	1,97	1,97	1.91	4,07	4,29	4,03

### A-3: Emisiones de GEI provenientes de las embarcaciones marítimas en viajes nacionales (Gg)

GEI	Series											
	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012
CO <sub>2</sub>	858,2	411,33	369,06	405,03	228,59	140,19	149,3	143,03	71,07	71,07	23,75	138,42
CH <sub>4</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
N <sub>2</sub> O	0,02	0,01	0,009	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO <sub>x</sub>	23,25	11,12	9,98	10,97	6,15	3,97	4,02	3,86	1,74	1,74	0,50	2,93
CO	0,51	0,27	0,24	0,24	0,19	0,09	0,1	0,09	0,24	0,24	0,16	0,92
COVDM	0,01	0,004	0,004	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,04	0,21

**A-4: Emisiones provenientes de las aeronaves en viajes nacionales (Gg)**

GEI	Series											
	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012
CO <sub>2</sub>	117,5	76,86	63,63	86,28	85,49	85,04	85,66	85,43	14.27	1037,18	851,65	852,89
CH <sub>4</sub>	0,01	0,01	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0.01	0,02	0,02	0,02
N <sub>2</sub> O	0,004	0,00	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,03	0.00	0,03	0,03	0,03
NOx	0,2	0,37	0,11	0,14	0,13	0,10	0,12	0,10	0.02	3,55	2,90	2,92
CO	0,48	0,31	0,26	0,35	0,34	0,30	0,32	0,31	4.65	11,75	11,13	10,32
COVDM	0,09	0,06	0,05	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0.11	0,44	0,40	0,38