INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO DEL AIRE

2007

AREA METROPOLITANA DE COSTA RICA

ACUERDO DE COOPERACIÓN USAID - CCAD

Inventario de emisiones de Contaminantes criterio del aire del Área Metropolitana de Costa Rica: 2007

DIRECTORIO

Dra. María Luisa Ávila Agüero

Ministra de Salud

Ing. Teófilo de la Torre Argüello

Ministro de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones

MSc. Francisco Jiménez Reyes

Ministro de Obras Públicas y Transportes

Licda. Sandra León Coto

Rectora Universidad Nacional

Ing. Johnny Araya Monge

Alcalde Municipalidad de San José

COORDINADOR DEL PROYECTO Y AUTOR DEL DOCUMENTO:

Dr. Jorge Herrera Murillo

Laboratorio de Análisis Ambiental

Escuela de Ciencias Ambientales

UNIVERSIDAD NACIONAL

INTEGRACIÓN DEL DOCUMENTO:

Lic. José Félix Rojas Marín

Licda. Susana Rodríguez Román

B.Q. Antonieta Rojas León

Ing. Javier Rodríguez Yáñez

Este documento se preparó como producto del contrato de consultoría Nº 157-2009 firmado entre la Universidad Nacional, la Fundación para el desarrollo académico de la Universidad Nacional (FUNDAUNA) y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	4
AGRADECIMIENTOS	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. ALCANCE Y PROCESO	20
3. INVENTARIO DE EMISIONES DEL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA	34
4. EMISIONES DE FUENTES FIJAS	54
5. EMISIONES DE FUENTES DE ÁREA	78
6. EMISIONES DE FUENTES MÓVILES	94
7. EMISIONES DE FUENTES NATURALES	108
8. INCERTIDUMBRE	115
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	144
10. REFERENCIAS	150
11. ANEXOS:	158
11.1. MEMORIAS DE CÁLCULO	159
11.2. ENCUESTA APLICADA A FUENTES FIJAS	489

PRESENTACIÓN

Costa Rica a pesar de ser un país pequeño, con tan sólo 51 100 km^2, no se escapa de padecer problemas de contaminación del aire concentrados principalmente en el Área Metropolitana, región que se caracteriza por ser una meseta de aproximadamente 1967 km^2 y un promedio de altitud de 1300 m sobre el nivel del mar, que forma parte del sistema montañoso que atraviesa el país de noroeste a sureste. Esta región se encuentra conformada por la integración de cuatro ciudades (Alajuela, Heredia, Cartago y San José) y numerosos centros de población más pequeños que hasta hace unos años constituían islas en medio de zonas de cultivos, pero que actualmente debido al patrón de crecimiento observado por la región, se han ido consolidando en un sólo centro urbano junto a las ciudades.

El Área Metropolitana de Costa Rica concentra el 57% de la flota vehicular, 60% de la industria nacional y el 60% de la población del país, según datos del último censo de población realizado en el año 2000, transformándose desde hace varios años en el centro de mayor jerarquía en el sistema urbano costarricense. Esta concentración importante de actividades comerciales e industriales en un área geográfica tan pequeña, caracterizada por un patrón de crecimiento urbano histórico, de forma radial, el cual genera nuevas áreas en adición a las que ya gravitan sobre las infraestructuras urbanas existentes, ha hecho cada día más deficiente la operación de las ciudades que conforman esta región, causando un deterioro considerable en la calidad del aire que se respira y exponiendo a sus habitantes a concentraciones promedio anuales de partículas PM_{10} que van desde 41 a 58 $\mu g/m^3$ (Herrera y Rodríguez, 2007).

La necesidad de generar políticas orientadas a controlar y abatir los niveles de contaminación del aire presentes en el Área Metropolitana de Costa Rica, llevó al Ministerio de Salud, el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, la Municipalidad de San José y la Universidad Nacional a unir esfuerzos en la elaboración de un plan para mejorar la calidad del aire de esta región, el cual fue aprobado y promulgado en octubre del año 2008. Como parte de las actividades incluidas en dicho instrumento de planificación, se estableció la necesidad de contar con un inventario de emisiones de contaminantes criterio en el Área Metropolitana de Costa Rica.

Los inventarios de emisiones de contaminantes, así como el monitoreo y los modelos de calidad del aire, forman parte fundamental de las herramientas básicas de que dispone un gobierno, para fortalecer la toma de decisiones en gestión de la calidad del aire; además, éstos son un insumo básico para el desarrollo de medidas y programas, que coadyuven a evitar y/o reducir la generación de emisiones de contaminantes atmosféricos.

El presente inventario de emisiones recopila información que permite determinar los tipos de fuentes de emisiones, cantidades de contaminantes emitidos, características espaciales de las fuentes, procesos y prácticas de control de emisiones que usan las fuentes ubicadas en el Área Metropolitana de Costa Rica. La información contenida en este documento puede ser utilizada para identificar las fuentes que están sujetas a posibles medidas de control, para medir la efectividad de los programas de control y predecir futuros niveles de calidad del aire a través de modelación y evaluar la relación costo-efectividad de posibles estrategias de control de la contaminación.

El presente inventario, se dirige a las autoridades ambientales encargadas de coordinar la gestión de la calidad del aire, así como a los investigadores y profesionistas dedicados a la generación de estrategias y proyectos orientados a su mejoramiento y finalmente a la ciudadanía en general, cumpliendo así con la función de mantener informada a la población sobre el estado de la calidad del aire en la zona que habitan.

Esperamos que estos resultados y su publicación contribuyan a la retroalimentación de experiencias que conlleven al beneficio de una gestión ambiental eficaz y al mejoramiento de la calidad del aire y la salud en particular de los habitantes del área metropolitana de Costa Rica.

Dr. Jorge Herrera Murillo

UNIVERSIDAD NACIONAL

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el esfuerzo conjunto del Ministerio de Salud, Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, la Municipalidad de San José y la Universidad Nacional en el marco de acciones derivadas del Plan para mejorar la calidad del aire del área metropolitana de Costa Rica. La realización de este inventario de emisiones fue posible gracias al apoyo económico brindado por la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, en el marco del Acuerdo de Cooperación del DR-CAFTA.

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a las siguientes instituciones por sus valiosas aportaciones de información para elaborar el presente inventario de emisiones:

-Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)

-Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

-Consejo Técnico de Aviación Civil (CETAC)

-Consejo de Transporte Público (CTP)

-Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA)

-Bomberos de Costa Rica

-Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC-MINAET)

-Dirección Sectorial Energía (DSE-MINAET)

-Registro Nacional

-Instituto Nacional de Seguros (INS)

-Programa PRUGAM

-Laboratorio Nacional de Materiales y Estructuras, UCR (LANAME)

-Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE)

-Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP)

-Dirección General de Aduanas, Ministerio de Hacienda

-Consejo de Salud Ocupacional, Ministerio de Trabajo

-Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)

Agradecemos a todas las personas que se unieron al esfuerzo de enriquecer el inventario de emisiones con sus valiosas sugerencias y comentarios, y en especial reconocemos la labor de:

-Ing. Jorge Sarmiento Rentería

Director de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias, Dirección de Gestión Ambiental del Aire, Secretaria de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, México

-Licda. María Guzmán

Dirección de Gestión de Calidad Ambiental. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, Costa Rica.

-Ing. Kathia Aguilar

Dirección de Gestión de Calidad Ambiental. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, Costa Rica.

1. Introducción

El presente informe contiene los resultados del primer inventario de emisiones (IEM) de contaminantes criterio realizado para el Área Metropolitana de Costa Rica. El IEM contiene las estimaciones de emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), gases orgánicos totales (GOT), gases orgánicos reactivos (GOR), monóxido de carbono (CO), amoniaco (NH_3) y partículas suspendidas con diámetros aerodinámicos menores a 10 micras (µm) (PM_{10}) y 2.5 µm ($PM_{2.5}$). En este documento se incluyen las estimaciones finales de emisiones, a escala municipal, para los 31 cantones que conforman el área metropolitana del país: San José, Desamparados, Moravia, Montes de Oca, Curridabat, Alajuelita, Aserrí, Mora, Santa Ana, Escazú, Vásquez de Coronado, Goicoechea, Tibás, Alajuela, Poás, Atenas, Grecia, Cartago, Paraíso, Oreamuno, El Guarco, La Unión, Heredia, Santo Domingo, San Isidro, San Pablo, Flores, Belén, San Rafael, Barva, Santa Bárbara.

1.1. Objetivos:

Los objetivos y usos finales del Primer Inventario de Emisiones de contaminantes criterio del Área Metropolitana de Costa Rica fueron definidos mediante la participación de las instituciones que conforman la comisión para la implementación del Plan para mejorar la calidad del aire del Área Metropolitana (UNA-MINAET-MOPT-MINSALUD-MSJ). Los principales objetivos del IEM son:

-Estimar las emisiones de contaminantes criterio generadas en el Área Metropolitana de Costa Rica durante el año 2007, a escala regional y municipal, contando con la mejor información disponible en las instituciones gubernamentales, con el fin de orientar las futuras políticas y planes de gestión de

calidad del aire del país tendientes a proteger la salud de los habitantes de la región.

-Identificar los sectores prioritarios de intervención para el control de emisiones de contaminantes criterio con el fin de asegurar una adecuada calidad del aire, actual y futura en el Área Metropolitana de Costa Rica.

Estas metas se lograron gracias al apoyo financiero de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) a través de los fondos provenientes de la implementación de la agenda ambiental asociada al Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica, Estados Unidos y República Dominicana.

1.2. Estructura del Informe:

Este informe presenta los antecedentes de la integración del IEM; describe la metodología utilizada y los resultados obtenidos para cada tipo de fuente (fijas, de área, móviles y naturales); analiza los resultados mediante una comparación de las estimaciones por cantón y tipo de fuente, y plantea recomendaciones que permitirán mejorar la calidad de las futuras actualizaciones al presente inventario.

Los contenidos del informe del IEM responden a la siguiente estructura:

-*Apartado 1. Introducción*. Presenta los antecedentes en torno al IEM, incluidos los objetivos del inventario.

-*Apartado 2. Alcance y Proceso*. Describe las características del inventario (contaminantes, fuentes, cobertura geográfica), la forma en que se evaluó la calidad de las estimaciones de emisiones, los procedimientos para el manejo de datos del IEM y otros aspectos importantes relacionados con las actualizaciones futuras del inventario.

-*Apartado 3. Inventario de Emisiones del Área Metropolitana de Costa Rica*. Presenta un resumen de las emisiones por contaminante, tipo de fuente y entidad político administrativa de el área metropolitana de Costa Rica.

-*Apartado 4. Emisiones de fuentes fijas.* Describe la metodología utilizada y los resultados obtenidos en el inventario de emisiones industriales del área metropolitana. Explica las emisiones totales por municipio y contaminante, así como las contribuciones relativas (porcentaje) por categoría de fuente.

-*Apartado 5. Emisiones de fuentes de área*. Describe la metodología utilizada y los resultados obtenidos en el inventario de emisiones de fuentes de área de estudio. Explica las emisiones totales por municipio y contaminante, así como las contribuciones relativas (porcentaje) por categoría de fuente.

-*Apartado 6. Emisiones de fuentes móviles.* Describe la metodología utilizada y los resultados obtenidos en el inventario de emisiones de fuentes de vehículos automotores que circulan por carreteras. Explica las emisiones totales por municipio y contaminante, así como las contribuciones relativas (porcentaje) por categoría de fuente.

-*Apartado 7. Emisiones de fuentes naturales*. Describe la metodología utilizada y los resultados obtenidos en el inventario de emisiones de fuentes naturales (emisiones de GOR producidas por la vegetación y emisiones de NOx provenientes del suelo). Explica las emisiones totales por municipio y contaminante.

-*Apartado 8. Incertidumbre*. Discute y analiza la incertidumbre de los datos aportados en el presente inventario y una descripción del procedimiento de cálculo de la misma.

-*Apartado 9. Conclusiones y Recomendaciones*. Se formulan recomendaciones para futuras mejoras del IEM, jerarquizadas en función de su potencial para aumentar la confiabilidad en las fuentes más significativas.

-*Apartado 10. Referencias*. Presenta la lista de todos los datos, informes, memorias técnicas y otras fuentes de información utilizadas en la integración del IEM.

-*Apéndice. Memorias técnicas e instrumentos aplicados*. Contiene las memorias técnicas más relevantes, que documentan las investigaciones secundarias realizadas para sustentar al IEM.

1.3. Descripción del área de estudio:

El Área Metropolitana comprende gran parte del Valle Central de Costa Rica, contando con aproximadamente unos 1967 km^2, con una altitud media de unos 1000 a 1500 msnm (1300 msnm promedio) y comprendiendo 31 cantones dentro de los cuales se encuentran las cabeceras de las cuatro provincias principales. Geográficamente la zona de estudio abarca la cuenca superior del río Grande de Tárcoles (valle occidental, San José, Heredia, Alajuela) y la cuenca superior del río Reventazón (valle oriental, Cartago, Paraíso, Orosi), ubicadas entre la Cordillera Volcánica Central al noreste y las estribaciones de la cordillera de Talamanca al suroeste, situada entre 10º 10´ - 9º 44´ de latitud Norte y los 84º 30´ - 83º 47´ de longitud Oeste (PRUGAM, 2010).

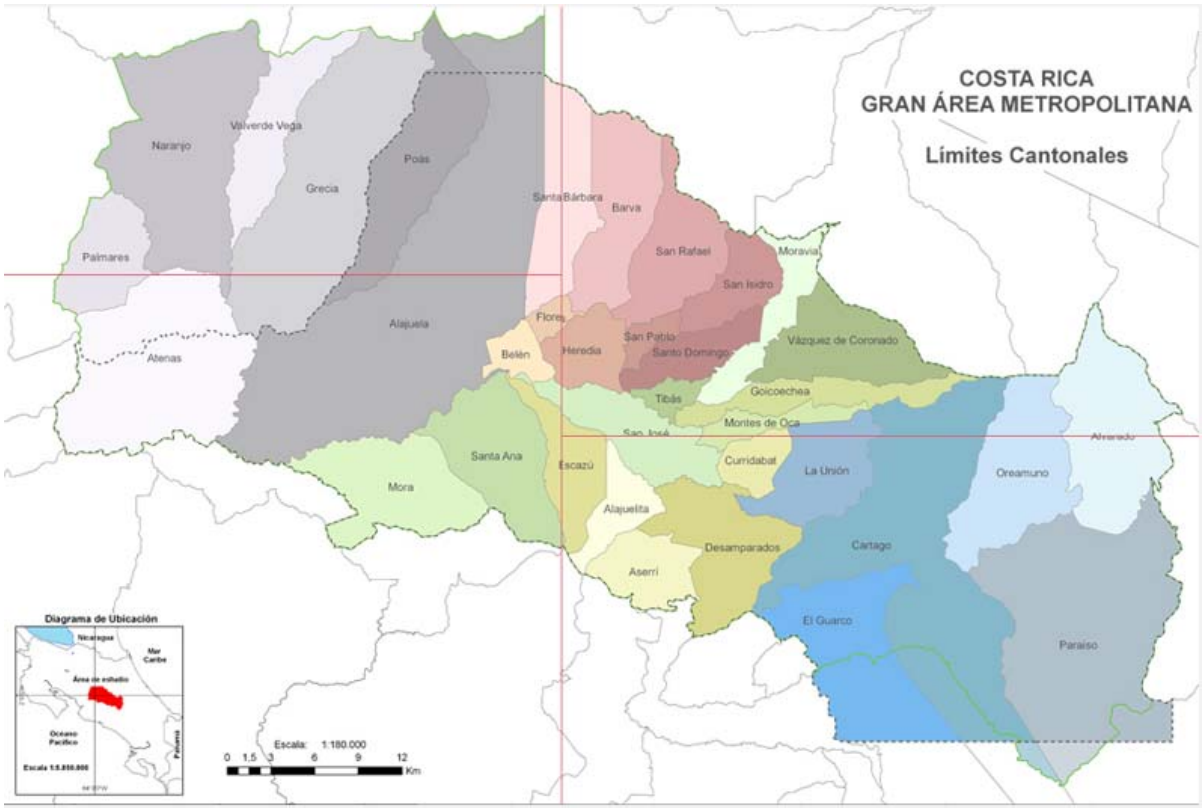


Figura 1.1. División político-administrativa del área de alcance del inventario. Fuente: PRUGAM, 2010.

1.3.1 Clima:

Los aspectos geográficos y climáticos son de importancia relevante en la dispersión y/o acumulación de contaminantes en el área metropolitana. Los dos valles principales tienen un comportamiento general similar, pero con distintos valores de parámetros climáticos para cada uno, basados en la influencia de los vientos alisios desde el Caribe sobre ellos. El valle oriental está más expuesto a los efectos de los vientos alisios, mientras que el valle occidental se encuentra protegido y solo tiene algunos cañones de acceso de los vientos alisios al mismo (IMN, 2007).

Su ubicación entorno a latitud 10° Norte, favorece una alta radiación solar constante casi todo el año, dependiente principalmente del grado de nubosidad,

estando promedialmente en unos 15 MJ/m^2 y un brillo solar promedio de 5 horas para el GAM (Wrigth, 2002).

Así mismo dicha latitud implica la afectación del país por los vientos alisios quienes soplan desde el mar Caribe en dirección suroeste, con alta intensidad en los meses de secas (diciembre a abril), descargando su humedad en la vertiente atlántica de la cordillera volcánica y produciendo una época seca en el Valle Central y el Pacífico, por su alta velocidad y baja humedad. Por el contrario al disminuir la fuerza de los mismos (mayo a noviembre), por efecto de la confluencia intertropical, permiten la entrada de masas de aire húmedo desde el Pacifico, con dirección noreste, que descargan lluvias en la zona central.

La velocidad de los vientos a nivel del suelo y en los valles es en general moderada en época lluviosa (usualmente de unos 10 km/h, menos de 15 km/h), como efecto de una brisa de arrastre desde el Pacífico, mientras que es algo más elevada en época seca con la influencia directa de los vientos alisios (usualmente más de 15 km/h, pudiendo llegar a unos 30 km/h) (IMN, 2007)

En el Área Metropolitana, las lluvias anuales tienen un promedio de 2300 mm, variando desde los1900 mm en el sector central a los más de 3000 en las montañas. Existirán variaciones de los efectos generales también según el valle considerado. La época seca va desde diciembre hasta abril, y la lluviosa desde mayo a noviembre. Se produce entre las últimas semanas de junio y las primeras de julio el veranillo de San Juan, que implicará por lo menos un par de semanas de calma en las lluvias por efecto del reforzamiento de los vientos alisios debido a la disminución de radiación en el hemisferio norte luego del solsticio. (IMN, 2007)

La temperatura dependerá principalmente de la altitud, teniendo que el valle occidental presenta un promedio de 1100 msnm, mientras que el valle oriental unos 1500 msnm, teniendo un promedio de 1300 msnm. En las zonas más bajas

del GAM las temperaturas se mantienen entre los 20 y 25 °C y no tiene grandes cambios a lo largo del año. Generalmente presentan un ciclo donde el mínimo se presenta en el amanecer en el entorno de los 18ºC y aumenta hasta medio día donde se da el máximo para luego ir disminuyendo hasta unos 20ºC al atardecer manteniéndose relativamente constante durante la noche. Este efecto varia en sus valores según la época, pudiendo ser algo más altos en la estación seca y más bajos en la lluviosa. Los máximos en general no exceden de los 29ºC. El valle occidental presenta temperaturas mayores, tanto para máximas como mínimas, que el valle oriental, teniendo amplitudes similares de unos 11ºC. En el sector montañoso, la temperatura máxima apenas alcanza los 23 ºC en los meses de marzo y abril y durante enero y febrero puede descender por debajo de los 10ºC. (IMN, 2007)

La humedad relativa promedio anual es de entre 75%, con una oscilación del 10%, a lo largo del año, con valores menores en la época seca y mayores en la época lluviosa. En las partes montañosas el promedio es del 87% con un comportamiento similar (IMN, 2007).

1.3.2. Población:

La población estimada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para Costa Rica en el año 2007, era de unos 4390000 habitantes, de los cuales se estimaba para el área del GAM por lo menos unos 2210000 habitantes fijos. Representando más del 50% de la población del país, en 4% del territorio del país, con una densidad cercana a los 1000 habitantes por kilómetro cuadrado. El crecimiento poblacional del país ha descendido estando entorno al 2%, caracterizado por la presencia de un componente principal de migración interna hacia el GAM, que crece con factores mayores (INEC, 2007)

1.3.3. Vivienda

En el caso particular del GAM, se estiman la existencia para el 2007 de unas 700000 viviendas, con un crecimiento medio del 2,3 %. La tendencia de crecimiento es preferencial para la periferia de San José, en cantones como lo son Tibás, Montes de Oca, Curridabat, Moravia, Desamparados, Escazú, Alajuelita y de igual forma en las cabeceras provinciales Alajuela, Heredia y Cartago (PRUGAM, 2010).

En general las viviendas tienen condiciones de uso superiores a los de otras regiones del país, tanto en calidad de materiales, servicios disponibles y espacio por ocupante. Esto no evita que exista alrededor de un 15% de la población en situación de asentamiento marginal o definidos como hogares pobres (INEC, 2007)

1.3.4. Industria

La estructura industrial de la GAM mantiene su predominancia económica, en base principalmente a sus condiciones de logística, su disponibilidad de mano de obra y materiales, así como a un crecimiento poblacional y de consumo sostenido. En la GAM se ubica cerca del 60% de la industria del país.

En esta región, se ha producido una distribución de las industrias en función de la ubicación de parques industriales y zonas francas, así como de áreas con accesibilidad a rutas principales o instalaciones comerciales (aeropuerto especialmente)

La estructura de empleos muestra una clara afectación de la actividad industrial, con el 20% de los empleos directos asociados a la misma, siendo el principal generador de trabajo la actividad terciaria, con más del 70%. Más de 95% de las empresas registradas son PYMEs, en su mayoría asociadas a comercio o servicios (MIDEPLAN, 2010).

1.3.5. Transporte

El crecimiento de la población en la GAM ha ocasionado un incremento de la flota vehicular particular en Costa Rica desde los años 90, a un ritmo cercano al 10% anual, sin crecimiento sustancial de las vías públicas, lo que ha contribuido a la dificultad en el transporte y el aumento de los tiempos de desplazamiento en la región (DSE, 2004).

A pesar de esto la mayoría de la población (más del 60%) utiliza transporte público, especialmente el autobús, pero el mismo no tiene integración, lo que redunda en una utilización ineficiente en cuanto a costos y tiempo, debido a que las líneas de servicio son en su mayoría radiales desde San José a los otros centros poblados de importancia.

La flota de buses es heterogénea, en algunos casos anticuados y contaminantes, así como inadecuada o sin la seguridad necesaria para el servicio, dando como resultado una baja calidad del servicio. Esto también favorece la utilización de otros medios de transportes secundarios como taxis, así como microbuses o transportes livianos (DSE, 2004).

El transporte público representa aproximadamente un 5% del parque automotor mientras que el de carga alcanza alrededor de un 24% (DSE, 2004).

1.3.6. Servicios

Los servicios como actividad comercial relacionada con la vida urbana y sus necesidades, presentan un crecimiento en el área del GAM asociado al incremento de población, y como tal ubicándose en las zonas de tránsito preferentemente. También se presentan desarrollos de servicios a nivel internacional a través de call center, software, procesamiento de datos, servicios turísticos, logística y servicios económicos (MEIC, 2010).

El crecimiento promedio del sector ronda el 6% anual, siendo el 70% del tipo micro empresas y un 25% pequeñas, con un valor económico del orden del 25%, un aporte de empleos del 15%, con un número de empresas estimado en unas 8300 (más de 80% en el GAM) (MEIC, 2010).

Los servicios públicos están afianzados en el GAM desde hace bastante tiempo, brindando cobertura de agua y energía eléctrica a más del 95% de la población. Esta región presenta importantes deficiencias en saneamiento y tratamiento de residuos en algunas áreas (INEC, 2007).

1.3.7. Vegetación y Actividad Agropecuaria

La vegetación característica de bosque tropical lluvioso de los valles centrales de Costa Rica, ha sido degradada con el tiempo en favor de la utilización de sus maderas y la actividad agropecuaria, mayormente para cultivos comerciales, en especial café.

La falta de manejo adecuado de la tierra, así como una mala planificación de cultivos o aplicación de procesos, unido a una intensa deforestación y urbanización descontrolada, ha propiciado un deterioro de la tierra agrícola de la GAM.

Se puede clasificar los tipos de vegetación existente en el GAM en función de su utilización en: zona urbana, pastizales o charrales, área agrícola o cafetalera, bosques, áreas protegidas. El área boscosa está asociada mayormente al área protegida en el entorno de las montañas, los parques nacionales y/o volcanes circundantes. El resto representa mayormente área urbana con parches de actividad agrícola o tierras sin uso (charrales). La actividad agrícola está ligada a la producción para el consumo local, aunque también se realiza el cultivo de café tradicional. En áreas de montaña o más aisladas se encuentran actividades ganaderas o de cría de animales, pollos y cerdos principalmente. Se estima que al

menos del 50% del área del GAM es utilizada en alguna actividad productiva agropecuaria (4). La actividad agropecuaria mantiene un nivel de mano de obra constante sin aumentos sustanciales en los últimos años (PRUGAM, 2010).

1.3.8. Consumo Energético

En términos generales Costa Rica tiene un crecimiento del 3% al año en el consumo de energía, viéndose una disminución promedial del 2,5% del consumo energético por unidad de PBI (DSE, 2008).

El consumo medio de energía para el 2007 correspondió a unos 5 BEP (Barriles Equivalentes de Petróleo) por habitante o unos 19 TJ cada 1.000 habitantes. Se sigue manteniendo una dependencia de los combustibles fósiles, que representan más del 60% de la energía utilizada (DSE, 2008).

El consumo principal de energía está asociado al sector transporte, con casi el 50% del consumo energético nacional y casi el 80% de los combustibles derivados del petróleo, siendo la gasolina y el diesel los más utilizados.

Mientras que las residencias tienden a usar LPG como combustible principal, la industria utiliza principalmente bunker. Se tiene una tasa de crecimiento del entorno del 5% anual para el consumo de combustibles derivados del petróleo (DSE, 2008).

El consumo de energía eléctrica también presenta un crecimiento del orden del 5% anual, en valores energéticos netos o de un 3% por cada 1.000 habitante. La base de generación es hidroeléctrica o renovables en más de un 80%, con menos de un 8% como energía térmica. El consumo de energía eléctrica se dirige principalmente a un uso residencial que representa un 40% del total, seguido por la industria y el comercio, con un 24% y 20% respectivamente (DSE, 2008)

2. Alcance y Proceso:

2.1. Características del inventario:

2.1.1. Cobertura geográfica y resolución espacial:

La cobertura geográfica del IEM corresponde a los 31 cantones que conforman el área metropolitana del país: San José, Desamparados, Moravia, Montes de Oca, Curridabat, Alajuelita, Aserrí, Mora, Santa Ana, Escazú, Vásquez de Coronado, Goicoechea, Tibás, Alajuela, Poás, Atenas, Grecia, Cartago, Paraíso, Oreamuno, El Guarco, La Unión, Heredia, Santo Domingo, San Isidro, San Pablo, Flores, Belén, San Rafael, Barva, Santa Bárbara.

2.1.2. Año base:

El año base del Inventario de Emisiones del Área Metropolitana de Costa Rica es 2007 porque, en general, se consideró que la mayoría de las dependencias gubernamentales contarían con información completa para ese año para integrar el inventario de emisiones.

2.1.3 Contaminantes:

El IEM incluye las emisiones estimadas para siete contaminantes: óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), gases orgánicos totales (GOT), gases orgánicos reactivos (GOR), monóxido de carbono (CO), partículas suspendidas (PM) y amoniaco (NH_3).

Los óxidos de nitrógeno (NOx) son un grupo genérico de contaminantes que incluye dos especies primarias: el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2). En general, los NOx son emitidos a la atmósfera a partir de procesos de combustión; son precursores de ozono, y también importantes precursores de PM

secundarias. Durante el proceso de combustión se emiten tanto NO como NO_2, aunque el producto principal de la combustión es el NO. Todas las especies de NOx suelen encontrarse en un estado de flujo rápido inmediatamente después de haberse emitido. La convención general de registro, seguida en el IEM, es que los NOx totales se registran con base en el peso molecular del NO_2 (USEPA, 1993).

Los óxidos de azufre (SOx) son un grupo genérico de contaminantes que incluye muy diversas especies de óxidos, pero la especie primaria es el dióxido de azufre (SO_2). Estos compuestos son emitidos a la atmósfera por las fuentes de consumo de combustibles que contienen azufre (carbón, combustóleo, gasolina y diesel), así como por diversos procesos metalúrgicos y químicos que entrañan el manejo de materiales sulfurados (por ejemplo, altos hornos, refinerías y plantas de producción de ácido sulfúrico). Los SOx son importantes precursores de PM secundarias. En algunos casos, el SO_2 emitido se oxida y se convierte en trióxido de azufre (SO_3) y luego en ácido sulfúrico (H_2SO_4) o sulfatos (SO_4^{2-}) en forma de aerosoles (Seinfeld, 1986). Sin embargo, la convención general de registro, seguida en el IEM, es que los SOx totales se registran con base en el peso molecular del SO_2.

Existen muchas fuentes que emiten gases orgánicos a la atmósfera. Sin embargo, en general los gases orgánicos son emitidos por fuentes de combustión o de evaporación. De manera colectiva, los compuestos comprendidos en las emisiones de hidrocarburos se conocen como gases orgánicos totales (GOT). Este concepto incluye a todos los compuestos carbonáceos excepto carbonatos, carburos metálicos, CO, dióxido de carbono (CO_2) y ácido carbónico. A veces se conoce a los GOT como compuestos orgánicos totales (COT) aunque sólo en el contexto de calidad del aire. Algunos de los compuestos en esta categoría de contaminantes incluyen algunos aldehídos como el formaldehído y el acetaldehído que son irritantes del tracto respiratorio y compuestos químicos carcinogénicos. El benceno,

que también es carcinogénico, puede estar presente. Las exposiciones de corta duración a estos compuestos pueden ocasionar irritación del tracto respiratorio. También existe el potencial para un incremento en los casos de cáncer cuando hay exposiciones largas a algunas especies de GOT (USEPA, 1991).

Desde una perspectiva de calidad del aire es importante señalar que algunos de los gases orgánicos totales que se emiten a la atmósfera o no tienen reactividad fotoquímica o la tienen muy baja. En consecuencia, no participan en la formación de ozono. La USEPA (United States Environmental Protection Agency) ha identificado a los siguientes compuestos cuya reactividad fotoquímica es nula o despreciable:

- Metano;
- Etano;
- Acetona;
- Percloroetileno (tetracloroetileno);
- Cloruro de metileno (diclorometano);
- Metil cloroformo (1,1,1- tricloroetano);
- Varios clorofluorocarburos (CFCs);
- Varios hidroclorofluorocarburos (HCFCs);
- Varios hidrofluorocarburos (HFCs) y
- Varios perfluorocarburos (PFCs).

Se puede encontrar información adicional sobre estos compuestos así como un listado de otros compuestos menos comunes que tampoco son reactivos en *el U.S. Code of Federal Regulations*. Este listado de compuestos no reactivos se actualiza periódicamente a medida que la USEPA designa nuevos compuestos. Los compuestos químicos considerados reactivos se conocen como gases orgánicos reactivos (GOR). Entonces, por definición los GOR son un subconjunto de los GOT. Los GOR son gases fotoquímicamente reactivos compuestos de hidrocarburos que

pueden contribuir a la formación de contaminación fotoquímica. A veces los GOR se denominan compuestos orgánicos volátiles (COVs). Los factores de emisión publicados en el AP-42 de la USEPA se presentan casi exclusivamente para GORs.

Otras definiciones de hidrocarburos que en ocasiones aparecen en la literatura sobre calidad del aire y sobre factores de emisión incluyen la de gases orgánicos no metano (NMOG, por sus siglas en inglés), hidrocarburos no metano (NMHC, por sus siglas en inglés), hidrocarburos totales (THC, por sus siglas en inglés) e hidrocarburos (HC). En general, las definiciones para NMOG, NMHC, THC e HC se usan sólo para procesos de combustión.

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro que resulta de la combustión incompleta de combustibles fósiles. Una cantidad significativa del CO emitido en áreas urbanas es producida por los vehículos automotores. Parece que cuando no fumadores se exponen a niveles de CO inferiores a 15 a 20 ppm no se producen efectos adversos sobre la salud. A niveles superiores a éstos la carboxihemoglobina en la sangre se eleva causando efectos adversos en el sistema nervioso y en el cardiovascular. Por otro lado y para empezar, los fumadores tienen un nivel más alto de carboxihemoglobina por lo que pueden experimentar efectos adversos aún a niveles ambientales inferiores de CO (USEPA, 1991).

Existen muchas formas distintas para clasificar a las partículas suspendidas (PM). El término partículas primarias se refiere a cualquier material sólido, líquido o gaseoso emitido directamente por una fuente de emisión y que, a temperatura y presión ambientales, se encuentre en estado sólido o líquido suspendido en la atmósfera; en tanto, las partículas secundarias corresponden a los aerosoles formados a partir de materiales gaseosos (por ejemplo, NOx, SOx y COV), como resultado de reacciones químicas atmosféricas (Seinfeld, 1986). El IEM incluye solamente las emisiones de partículas primarias.

Las emisiones de PM también se caracterizan por su tamaño. El IEM se centra en dos tamaños: PM_{10} y $PM_{2.5}$. El término PM_{10} describe las emisiones de partículas primarias de diámetro aerodinámico menor a 10 micras (µm), en tanto que el término $PM_{2.5}$ comprende las emisiones de partículas primarias con diámetro aerodinámico menor a 2.5 µm.

La mayoría de los factores de emisión de PM se expresan en términos de PM_{10}. Por su parte, la importancia de las $PM_{2.5}$ radica en su impacto sobre la visibilidad y la niebla regional.

Las emisiones de amoniaco se incluyen en el IEM puesto que el NH_3 suele reaccionar con SOx y NOx para formar especies importantes para la visibilidad, tales como el sulfato de amonio [$(NH_4)_2SO_4$] y el nitrato de amonio (NH_4NO_3). El NH_3 es emitido por un gran número de fuentes diferentes, pero las dos más importantes incluidas en el IEM son la ganadería y la aplicación de fertilizantes (Seinfeld, 1986).

2.1.4. **Tipos y categorías de fuentes**:

El IEM incluye las emisiones generadas por cinco tipos específicos de fuentes de emisión, a saber:

-*Fuentes fijas*. Son los establecimientos industriales estacionarios, regulados por el Ministerio de Salud, los cuales poseen un número de empleados mayor o igual a 40, la mayoría de ellos catalogados como industrias Tipo A.

-*Fuentes de área*. Las fuentes de área representan las emisiones de las fuentes que son demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes puntuales. En conjunto, sin embargo, las fuentes de área son emisoras significativas de contaminantes del aire los que deben incluirse

en un inventario de emisiones para asegurar que esté completo. Por lo general estas instalaciones no se incluyen en los inventarios de fuentes puntuales debido al enorme esfuerzo que se requeriría para recopilar los datos y estimar las emisiones de cada planta individual.

En lugar de hacer distinción entre plantas individuales y dispositivos emisores como se hace en los inventarios de fuentes puntuales, los inventarios de fuentes de área agrupan a las emisiones de fuentes similares en *categorías*. Un inventario de fuentes de área generalmente consiste de las siguientes grandes categorías:

- Combustión en fuentes estacionarias;
- Fuentes móviles que no circulan por carreteras;
- Uso de solventes;
- Almacenamiento y transporte de productos del petróleo;
- Fuentes industriales y comerciales ligeras;
- Fuentes agrícolas;
- Fuentes de manejo de residuos y
- Fuentes de área diversas.

Cada una de estas categorías está comprendida por otras categorías de fuentes más específicas (i. e., el uso de solventes orgánicos incluye el uso comercial o doméstico de solventes, el lavado en seco y la limpieza de superficies) que se definen por procesos de emisión semejantes o por una similitud en los métodos para la mejor estimación de las emisiones. Un inventario de área completo puede contener 150 o más categorías de fuente individuales. En general, el lavado en seco está representado por dos o más categorías de fuentes para tomar en cuenta los diferentes solventes que se usan (i.e., percloroetileno vs. solventes con base petróleo). De manera similar, el recubrimiento de superficies puede tener muchas categorías de fuente para tomar en cuenta las diferentes aplicaciones que existen

(e. g., latas metálicas, monedas, maquinaria, muebles de madera, etc.). Las emisiones de las categorías de fuente más grandes se producen por diversos mecanismos. La Tabla 2.1 presenta los diferentes mecanismos asociados con cada una de las grandes categorías de fuentes de área. También se incluyen ejemplos de categorías de fuentes específicas.

Tabla 2.1. Mecanismos de emisión para varias categorías de fuentes de área

Categoría de fuente	Combustión	Evaporación	Perturbación Mecánica	Proceso Biológico
Uso de combustibles en fuentes estacionarias	√ (Combustión Residencial)			
Fuentes móviles que no circulan por carreteras	√ (Equipo de construcción)	√ (Equipo Recreativo)		
Uso de disolventes		√ (Desengrasado)		
Almacenamiento y Transporte de derivados de petróleo		√ (Distribución de gasolina, diesel, fugas de gas)		
Fuentes industriales y comerciales ligeras			√ (Construcción de Edificios)	√ (Panaderías)
Fuentes agrícolas	√ (Quemas agrícolas)	√ (Aplicación de plaguicidas)	√ (Cultivo agrícola)	√ (Desechos animales)
Fuentes de manejos de residuos	√ (Quema de basura a cielo abierto)	√ (Plantas de tratamiento de aguas residuales)		
Fuentes de área diversas	√ (Incendios silvestres)		√ (Polvo de caminos)	√ (Residuos de animales)

-*Vehículos automotores*. Los vehículos automotores que circulan por carreteras son aquellos como los automóviles, los camiones y autobuses diseñados para operar en carreteras públicas. En la mayor parte de las áreas urbanas los vehículos automotores contribuyen en gran medida a las emisiones de GOT, CO, NOx, SOx, partículas, compuestos tóxicos del aire y especies que reducen la visibilidad. Debido a la gran magnitud de sus emisiones y a las consideraciones especiales que se requieren para hacer estimaciones de dichas emisiones, los vehículos automotores se tratan separadamente de otras fuentes de área.

Las emisiones de vehículos automotores consisten de un gran número de contaminantes resultantes de varios procesos diferentes. Las emisiones más comúnmente consideradas son las del escape, que resultan de la combustión y se emiten por el tubo de escape del vehículo y las que provienen de varios procesos de emisión evaporativa. Estos procesos, que generan sólo emisiones de GOT, incluyen:

· **Emisiones por remojo en caliente (hot soak)** – Emisiones que ocurren debido a la volatilización del combustible en el sistema de distribución después de apagar el motor. El calor residual de éste volatiliza el combustible.

· **Emisiones evaporativas durante la marcha** – Emisiones evaporativas provenientes de fugas del combustible, líquido o vapor, que ocurren cuando está operando el motor.

· **Emisiones diurnas** – Emisiones del tanque de combustible del vehículo debido a la mayor temperatura de la masa de líquido y a la presión de vapor. Estas emisiones resultan del aumento de la temperatura ambiente, de la entrada de calor

desde el sistema de escape del vehículo o del calor reflejado desde la superficie de la carretera.

· **Emisiones evaporativas en reposo** – Emisiones evaporativas que no son las de remojo en caliente, las diurnas ni las debidas a la recarga del tanque. Estas emisiones se presentan cuando el motor no está en operación y se deben sobre todo a fugas de combustible y a la permeación de vapor a través de las líneas del combustible.

· **Emisiones evaporativas durante la recarga de combustible** – Emisiones evaporativas desplazadas desde el tanque de combustible durante la recarga. Aunque el vehículo es la fuente de las emisiones, éstas ocurren mientras el vehículo está en reposo y en lugares conocidos, como las gasolineras. Por lo tanto, estas emisiones se tratan por lo general como una fuente de área. Los factores de emisión de la recarga pueden estimarse usando el modelo MOBILE o bien obtenerse de otras fuentes, como el AP-42.

-*Fuentes naturales*. Además de las actividades humanas, los fenómenos naturales y la vida, tanto animal como vegetal pueden desempeñar un papel importante en el problema de la contaminación del aire. En algunas áreas en las que las emisiones de fuentes naturales pueden ser significativas para el inventario global es importante comprender cúal es su contribución dado que, por lo general, la instrumentación de estrategias de control no puede reducirlas con facilidad. A continuación se describen dos fuentes naturales de importancia que a menudo se consideran en los inventarios de emisiones al aire.

Emisiones Biogénicas: Un gran número de investigadores han establecido que la vegetación (e. g., hierba, cultivos, arbustos, bosques, etc.) emiten cantidades significativas de hidrocarburos a la atmósfera. Varios estudios (e. g., Pierce et al., 1990; Robinson y Robbins, 1968) han demostrado que las emisiones biogénicas pueden compararse, o rebasar, las emisiones de hidrocarburos no metano (NMHC, por sus siglas en inglés) de fuentes antropogénicas en ciertas áreas.

Emisiones de Suelos: El óxido nitroso (N_2O) es producido de manera natural en los suelos por desnitrificación (i. e., la reducción de nitritos o nitratos a nitrógeno gaseoso como N_2 ó NOx) y por nitrificación (i. e., la oxidación de amoníaco a nitrato). Los fertilizantes nitrogenados comerciales constituyen una fuente adicional de nitrógeno, incrementando así las emisiones de N_2O del suelo. Las tasas de emisiones de NOx de los suelos también dependen de otras variables como el tipo de suelo, la humedad, la temperatura, la estación, el tipo de cultivo y otras prácticas agrícolas. Se estima que las emisiones de NOx de los suelos representan hasta el 16 por ciento de la cantidad global de NOx en la tropósfera y hasta el 8 por ciento de NOx en América del Norte (U.S. EPA, 1993).

La erosión del viento es otro fenómeno natural que genera emisiones. Sin embargo, debido a que dichas emisiones se asocian por lo general con tierras alteradas a veces se les trata como fuentes de área. Otras categorías más pequeñas de fuentes naturales incluyen a las termitas (CH_4), los relámpagos (NOx) y los volcanes y alguna otra actividad geotérmica (SOx).

Detalles adicionales sobre las categorías específicas de cada uno de estos tipos de fuente se presentan en los apartados correspondientes del informe.

2.1.5. Características Temporales:

Hay dos características principales relacionadas con el tiempo que deben considerarse para cada inventario: el periodo de tiempo y la variabilidad temporal. El periodo de tiempo se refiere al lapso representado por el inventario. Las emisiones del inventario se presentarán en unidades de masa del contaminante por periodo de tiempo del inventario (e. g., kg de CO/año). Sin embargo, en algunas aplicaciones especializadas se pueden requerir periodos más cortos (e. g., un día, un mes, la estación de ozono del verano, la estación calurosa, etc.).

Para el presente inventario se trabajo con estimaciones anuales para el 2007 y no se realizó ningún análisis sobre variaciones estacionales, mensuales, diarias u horarias.

2.1.6. Características espaciales:

En cualquier inventario hay dos características espaciales principales: el dominio del inventario y la resolución espacial. El dominio del inventario representa el área para la cual se van a inventariar las fuentes de contaminantes del aire. Dependiendo de la aplicación del inventario, puede ser necesario tratar aquellas fuentes externas al dominio definido del inventario que, debido al transporte meteorológico, tengan influencia sobre la calidad del aire al interior del dominio.

La resolución espacial indica con que especificidad debe definirse la localización geográfica de las fuentes de contaminación. A veces los inventarios básicos dan solamente los totales de contaminantes para todo el dominio del inventario. Los inventarios más complejos, en particular aquellos asociados con modelado de la calidad del aire, requieren con frecuencia una descripción más detallada de la distribución de las emisiones. En general la resolución de las fuentes de área,

naturales y vehiculares dentro del dominio de un inventario se hace usando las celdas de una cuadrícula.

El presente inventario abarcó los 31 municipios que conforman el área metropolitana de Costa Rica y tiene una resolución espacial de celda de 5 km x 5 km.

2.1.7. Resolución de las especies:

La resolución de especies se refiere a la división de un contaminante del inventario (e.g., GOT, partículas, etc.) en sus componentes químicos individuales [e. g., tolueno, plomo, carbono elemental (CE), carbono orgánico (C org.), etc.] o en grupos específicos (e. g., parafinas, compuestos aromáticos, etc.). La necesidad de una resolución de especies, así como la metodología específica, están determinadas por el propósito del inventario. La resolución de especies se hace sobre todo usando perfiles de especiación que describen la fracción de cada especie química individual.

En el presente inventario, únicamente, se trabajo con la especiación del material particulado en las fracciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$. Para el caso de los COT y GOR, se debe procurar profundizar en su especiación en futuras actualizaciones del presente inventario.

2.2. Manejo de los datos de emisiones:

El IEM ha permitido recopilar una considerable cantidad de datos de emisiones y otros relacionados con el inventario, a partir de un gran número de entidades públicas y privadas. Para compilar los datos, estimar las emisiones y desplegar los resultados en forma de cuadros y gráficas se utilizaron hojas de cálculo electrónicas diseñadas en el programa Microsoft Excel. Además, los datos

geocodificados necesarios para el análisis espacial de las emisiones estimadas se compilaron con un sistema de información geográfica (SIG).

En la organización de las emisiones de fuentes fijas se utilizaron diversos sistemas numéricos basados en los tipos y categorías de fuentes. En primer lugar, se recopilaron las emisiones de acuerdo con el código CIIU. Posteriormente se asignaron códigos a los tipos y categorías correspondientes a fuentes de área, vehículos automotores, móviles que no circulan por carreteras y naturales de acuerdo con las guías de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Los archivos finales del IEM serán compatibles con el Formato del Inventario Nacional de Emisiones (*National Emissions Inventory Format,* NIF) de la EPA. En el futuro es posible que también se utilice algún programa de base de datos para recopilar y resumir los datos del IEM; sin embargo, el desarrollo de dicha base de datos en este momento queda fuera del alcance de este proyecto.

2.3. Control de Calidad:

La meta general del inventario de emisiones en lo que a calidad se refiere es integrar un inventario de emisiones de alta calidad, preciso e integral para el área metropolitana de Costa Rica.

Se establecieron diversos objetivos específicos respecto de la calidad de los datos, que incluyen la estimación de emisiones a) para todos los tipos y todas las categorías principales de fuentes; b) a escala municipal, y c) con la mayor precisión posible, en función de los datos disponibles. Si bien estos objetivos son de carácter cualitativo, resultan adecuados para la primera iniciativa de inventario en el país.

Se aplicó, además, una estrategia de calificación de la confiabilidad para evaluar la calidad de las estimaciones individuales de emisiones por categoría de fuentes fijas, de área y móviles que no circulan por carreteras. Las calificaciones, aplicables

a la calidad tanto de los datos de actividad como de los factores de emisión utilizados para cada categoría de fuente, se muestran en la tabla 2.2 y se adaptaron a partir de un enfoque utilizado por la EPA para la estimación nacional de emisiones de dioxinas y furanos en Estados Unidos (Watson et al., 1984). El propósito de aplicar esta estrategia es identificar las prioridades para mejorar la estimación de emisiones en el futuro. Si bien existen otros factores importantes que deben considerarse al seleccionar las categorías de fuente o los datos de emisiones que son susceptibles de mejora —por ejemplo, la importancia relativa de las emisiones de cada categoría respecto del inventario general—, un parámetro adecuado para tomar estas decisiones es el grado de confiabilidad de la estimación generada mediante el proceso del IEM.

Tabla 2.2. Escala de calificación de la confiabilidad de los datos

Clasificación	Datos de actividad	Factores de Emisión
A	Basados en datos exhaustivos específicos para Costa Rica	Basados en datos exhaustivos específicos para Costa Rica
B	Basado en datos limitados o extrapolados específicos para Costa Rica	Basado en datos limitados específicos para Costa Rica
C	Basado en el discernimiento de expertos	Basado en el discernimiento de expertos
D	Basado en factores de Estados Unidos	Basado en factores de Estados Unidos
E	Datos insuficientes	No existen factores de emisión

3. INVENTARIO DE EMISIONES DEL AREA METROPOLITANA DE COSTA RICA

El inventario de emisiones, presenta las estimaciones de las toneladas de partículas menores a 10 µm (PM_{10}) y de las menores a 2.5 µm ($PM_{2.5}$), del dióxido de azufre (SO_2), del monóxido de carbono (CO), de los óxidos de nitrógeno (NOX), de los gases orgánicos totales (GOT), de los gases orgánicos reactivos (GOR) y las del amoniaco (NH_3), que se generaron en el Área Metropolitana de Costa Rica durante el año 2007.

3.1 Metodología para el cálculo de las emisiones:

El desarrollo del presente inventario se realizó conforme a las siguientes técnicas seleccionadas:

Muestreo en la fuente. Aplicando este método y con base en los resultados de las mediciones directas en las chimeneas del flujo volumétrico y las concentraciones de los contaminantes, se estiman las emisiones de aquellas industrias que están obligadas a realizar la medición anualmente y reportarlas de acuerdo con la legislación vigente.

Modelos de emisión. Se utilizó el modelo TANKS 3.1 para estimar las emisiones de los GOR que se liberan al aire durante el almacenamiento masivo de combustibles en tanques; el modelo GloBEIS 3 para calcular las emisiones de GOR y NO_x provenientes de la vegetación y del suelo; el modelo MOBILE 6, para el cálculo de

las emisiones de GOT, NOx, CO, PM_{10} y NH_3 de algunas categorías de fuentes móviles; y el modelo LANDFILL, para estimar las emisiones de GOR generadas en los rellenos sanitarios; y el FAEED 2.1, con el cual se calcularon las emisiones generadas por las aeronaves. Todos estos modelos fueron desarrollados por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América "US-EPA" y adaptados para utilizarse en la GAM, solamente en el desarrollo del modelo FAEED 2.1, además de la US-EPA, también participó la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos de Norteamérica.

Encuestas. Se implementó un formato para la obtención y actualización de los datos de actividad, utilizados en el cálculo de las emisiones (combustible, materias primas, productos, entre otros), tanto para el sector industrial como para algunas fuentes de área (gasolineras, hoteles, tintorerías, lavanderías, baños públicos, panaderías, hospitales, centros deportivos, por mencionar algunos).

Factores de emisión. La fuente de factores de emisión utilizada en este inventario fue el Air Chief Versión 8 (U.S. EPA, 2000).

Balance de materiales. Para el cálculo de las emisiones de dióxido de azufre de las fuentes móviles, se partió del principio de que todo el azufre contenido en el combustible vehicular menos el que reacciona para formar partículas de sulfato (SO_4^{-2}), se incorpora en la formación del dióxido de azufre.

Los resultados de las toneladas obtenidas por tipo de contaminante que se generaron en el año 2007 en la GAM, así como el procedimiento de cálculo, se

fundamentan detalladamente en el anexo A (Memorias de cálculo) del presente documento.

3.2 Emisiones Anuales en el Área Metropolitana de Costa Rica:

Las emisiones anuales de la GAM, en peso y porcentaje se presentan en la figura 3.1 y Tabla 3.1, en las cuales se observa que el contaminante más abundante en peso, generado antropogénicamente, sigue siendo el CO, emitiéndose a la atmósfera cerca de 133916 toneladas al año y es generado principalmente por las fuentes móviles; le sigue en orden de importancia las emisiones de GOT con más de 132632 toneladas anuales, siendo las fuentes de área las que generan el 48,7%. Así mismo en la figura 3.1, se puede apreciar la contribución de cada contaminante inventariado por tipo de fuente, observándose que el mayor emisor son las fuentes móviles.

Tabla 3.1. Inventario de emisiones anuales de la GAM, 2007.

Sector	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR	NH3
	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año	Ton/año
Fuentes Fijas	1216,9	403,5	52626,0	493,6	8345,6	15982	15186,6	98,7
Fuentes de Área	4747,5	1497,3	3370,4	5341,1	2059,0	64626,9	18202	3737,1
Fuentes Móviles	1090	869,7	3903,3	128081	40428,7	52023,2	32571,9	500,4
Fuentes Naturales	NA	NA	NA	715661	3323196	2153778	2153778	NA
Total	7054,4	2770,5	59899,7	849576,7	3374029	2286410	2219738,5	4336,2

Referente a la contaminación antropogénica por NOx, se estima que se liberaron al aire más de 50 833 toneladas y el 79,5% lo generaron las fuentes móviles; de las $PM_{10,}$ que es otro de los contaminantes que representan mayor problema, se tiene

que de las 7054 ton/año que se emiten, el 67,3% se desprenden de fuentes de área; del total de $PM_{10,}$ aproximadamente el 39% son partículas menores a 2.5 µm ($PM_{2.5}$); y con respecto al cálculo del amoniaco que se estima en 4336 toneladas, las fuentes de área son las principales emisoras, en particular por la categoría de emisiones domésticas.

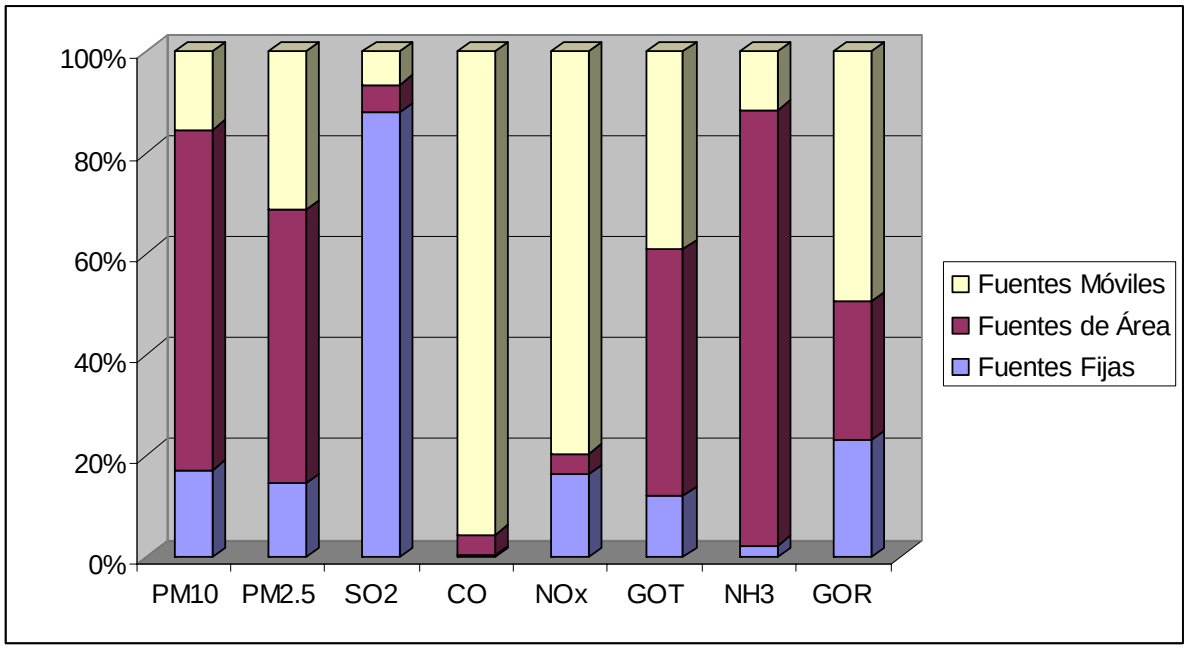


Figura 3.1. Contribución de emisiones por tipo de fuente en la GAM, año 2007.

Con base en las tablas 3.2 y 3.3, se tiene que las emisiones antropogénicas que más se generan en la GAM las emiten las fuentes móviles; de las emisones totales, los autos particulares generan el 27,6% de los NOx, el 28,2% de los GOT y el 39,1% de GOR; otra emisión importante la tienen los vehículos de carga liviana con el 27,0% de los NOx y el 20,1% de las PM2.5.

Las fuentes puntuales generan alrededor del 88% del SO_2 con 52626 ton/año, siendo el sector de fabricación de cemento el más contaminante. Las fuentes móviles generan el 6,6% del SO_2 y los vehiculos carga liviana son los de mayor emisión.

Los principales contaminantes emitidos por las fuentes de área son las PM_{10} que representan el 67,3% y las $PM_{2.5}$ el 54,04%, estas dos últimas generadas principalmente por las vialidades sin pavimentar.

En las tablas 3.2 y 3.3, se presentan las emisiones de la GAM desagregadas por sector.

Tabla 3.2 Inventario de emisiones de la GAM desagregado por sector, 2007.

FUENTES FIJAS	PM10 (Ton/año)	$PM_{2.5}$ (Ton/año)	SO_2 (Ton/año)	CO (Ton/año)	NOx (Ton/año)	GOT (Ton/año)	GOR (Ton/año)
PRODUC. PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS.	5,56	3,62	92,12	1,62	17,66	0,41	0,00
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PESCADO Y PRODUCTOS DE PESCADO.	2,02	1,32	33,45	0,59	6,41	0,15	0,00
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS.	6,38	4,16	105,70	1,85	20,27	0,47	0,00
ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL.	25,49	2,69	8,33	4,15	18,31	4,32	3,79
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS.	3,08	0,91	1,52	9,03	18,52	6,69	5,21
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.	181,43	0,44	0,03	4,76	6,00	1,22	0,56
ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES.	11,52	0,09	0,02	0,91	1,34	0,19	0,06
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PANADERÍA.	9,44	1,06	0,10	11,22	15,64	566,87	537,08
ELABORACIÓN DE AZÚCAR.	Nd	nd	Nd	nd	nd	Nd	Nd
ELABORACIÓN DE CACAO Y CHOCOLATE Y DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA.	15,99	0,19	0,70	1,24	4,54	2,45	2,17
ELAB. DE MACARRONES,FIDEOS,ALCUZCUZ Y PRODUC.FARINÁCEOS SIMILARES.	4,56	0,59	15,02	0,26	2,86	0,92	0,81
ELABORACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS N.C.P.	17,06	1,28	0,58	13,05	25,55	546,34	517,34
DESTILACIÓN, RECTIFICACIÓN Y MEZCLA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS	4,42	3,19	0,16	3,21	4,24	4,85	4,15
ELABORACIÓN DE BEBIDAS MALTEADAS Y DE MALTA.	29,27	21,12	1,07	21,27	28,08	32,15	27,52
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO	28,45	20,53	1,04	20,67	27,29	31,25	26,75

ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.							
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	4,72	3,40	0,17	3,43	4,52	5,18	4,43
PREPARACIÓN E HILATURA DE FIBRAS TEXTILES,TEJEDURA DE PRODUC.TEXTILES.	31,44	17,76	451,87	7,83	86,10	111,40	103,93
ACABADO DE PRODUCTOS TEXTILES.	20,44	11,55	293,79	5,09	55,98	72,43	67,57
FAB.DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	84,88	47,94	1220,08	21,13	232,47	300,80	280,62
FABRICACIÓN DE CUERDAS, CORDELES, BRAMANTES Y REDES.	11,79	6,66	169,47	2,94	32,29	41,78	38,98
FABRICACIÓN DE TEJIDOS Y ARTÍCULOS DE PUNTO Y GANCHILLO.	29,28	16,54	420,88	7,29	80,19	103,76	96,80
FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.	82,00	46,32	1178,61	20,42	224,57	290,57	271,08
ADOBO Y TEÑIDO DE PIELES; FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE PIEL.	0,63	0,02	0,15	0,14	0,69	2,40	2,26
FAB.DE MALETAS,BOLSOS DE MANO,SIMILARES Y DE ARTÍC.DE TALABARTERÍA	1,07	0,04	0,25	0,24	1,18	4,09	3,86
FABRICACIÓN DE CALZADO.	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03	2,83	2,69
ASERRADERO Y ACEPILLADURA DE MADERA.	15,85	0,07	0,48	0,42	2,01	2,14	1,99
FAB.DE PARTES Y PIEZAS DE CARPINTERÍA PARA EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES.	14,79	0,07	0,44	0,39	1,87	2,00	1,86
FABRICACIÓN DE RECIPIENTES DE MADERA.	0,17	0,02	0,09	0,09	0,46	27,47	26,09
FABRICACIÓN DE PASTA DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN.	10,20	0,05	0,31	0,27	1,29	1,38	1,28
FABRICACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN ONDULADO Y DE ENVASES DE PAPEL Y CARTÓN.	5,28	3,44	87,66	1,53	16,75	5,38	4,74
FABRICACIÓN DE OTROS ARTÍCULOS DE PAPEL Y CARTÓN.	6,70	4,36	111,19	1,95	21,25	6,82	6,02
EDICIÓN DE LIBROS, FOLLETOS, PARTITURAS Y OTRAS PUBLICACIONES.	0,08	0,00	0,00	0,02	0,09	24,13	22,92
EDICIÓN DE PERIÓDICOS, REVISTAS Y PUBLICACIONES PERIÓDICAS.	0,95	0,04	0,03	0,25	1,11	303,36	288,15
ACTIVIDADES DE IMPRESIÓN.	1,81	0,08	0,06	0,48	2,12	579,57	550,51
FAB.DE SUSTANCIAS QUÍMICAS,EXCEPTO ABONOS Y	2,46	0,33	0,33	3,39	5,31	315,41	299,22

COMPUESTOS DE NITRÓGENO.							
FABRICACIÓN DE ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	0,72	0,10	0,10	0,99	1,55	92,04	87,32
FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN FORMA PRIMARIAS Y DE CAUCHO SINTÉTICO.	7,20	0,88	3,72	7,63	14,18	423,51	401,38
FAB.DE PINTURAS,BARNICES Y PRODUC.DE REVESTIMIENTO SIMILARES Y OTROS.	0,82	0,38	141,37	0,18	1,92	4921,98	4675,84
FAB.DE PRODUC.FARMAC,SUSTANCIAS QUÍMICAS MEDIC.Y PRODUC.BOTÁNICOS.	7,42	0,04	1,97	0,41	2,18	3742,36	3555,20
FAB.DE JABONES Y DETERGENTES,PREPARADOS PARA LIMPIAR,PULIR Y OTROS.	4,64	0,36	0,31	3,49	5,04	158,64	150,27
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS N.C.P.	5,29	0,41	0,35	3,98	5,74	180,91	171,37
FAB.DE CUBIERTAS Y CÁMARAS DE CAUCHO.	14,79	9,63	245,05	4,24	46,66	268,07	253,64
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS DE CAUCHO.	13,21	8,60	218,95	3,79	41,69	239,52	226,62
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO.	13,02	0,50	0,58	3,91	12,09	1271,48	1207,30
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.	63,56	60,83	162,49	9,56	296,31	20,10	19,10
FAB.DE PRODUCTOS DE CERÁMICA NO REFRACTARIA PARA USO NO ESTRUCTURAL.	0,37	0,37	0,00	1,67	12,13	4,89	4,21
FAB.DE PRODUC.DE ARCILLA Y CERÁMICA NO REFRACTARIAS PARA USO ESTRUC.	0,03	0,03	0,00	0,12	0,86	0,35	0,30
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO. CALCULADAS CON FE DE COMBUSTIÓN	293,00	86,00	46122,00	123,00	4782,00	39,68	13,00
INDUSTRIAS BÁSICAS DE HIERRO Y ACERO.	6,10	1,47	28,56	6,25	7,31	16,42	15,28
FAB.DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y METALES NO FERROSOS.	18,73	1,57	0,25	15,42	26,54	447,55	423,09
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS PARA USO ESTRUCTURAL.	6,66	0,50	0,06	4,47	10,73	66,29	62,30
FAB DE ARTÍC DE CUCHILLERÍA,HERRAMIENTAS DE MANO Y ARTÍC DE FERRETERÍA	2,44	0,18	0,02	1,63	3,92	24,23	22,78
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS	8,36	0,63	0,07	5,61	13,47	83,20	78,20

ELABORADOS DE METAL N.C.P.							
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA AGROPECUARIA Y FORESTAL.	0,30	0,02	0,00	0,20	0,48	2,99	2,81
FABRICACIÓN DE MÁQUINAS HERRAMIENTA.	0,20	0,02	0,00	0,14	0,33	2,01	1,89
FAB.DE MAQ. PARA LA EXPLOTA.DE MINAS,CANTERAS Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.	3,06	0,23	0,03	2,05	4,93	30,46	28,63
FAB DE MAQ PARA LA ELAB DE PRODUC TEXTILES,PRENDAS DE VESTIR Y CUEROS.	2,82	0,21	0,03	1,89	4,54	28,04	26,36
FABRICACIÓN DE APARATOS DE USO DOMÉSTICO N.C.P.	6,40	0,48	0,06	4,29	10,31	63,66	59,83
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA DE OFICINA, CONTABILIDAD E INFORMÁTICA.	15,43	1,16	0,14	10,34	24,86	153,54	144,30
FABRICACIÓN DE MOTORES, GENERADORES Y TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS.	3,47	0,26	0,03	2,32	5,59	34,49	32,42
FABRICACIÓN DE HILOS Y CABLES AISLADOS.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,81
FABRICACIÓN DE ACUMULADORES Y DE PILAS Y BATERÍAS PRIMARIAS.	0,66	0,05	0,01	0,44	1,07	6,59	6,20
FABRICACIÓN DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS Y EQUIPO DE ILUMINACIÓN.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,78	6,44
FABRICACIÓN DE OTROS TIPOS DE EQUIPO ELÉCTRICO N.C.P.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,14	52,39
FAB DE TUBOS,VÁLVULAS ELECTRÓNICOS Y DE OTROS COMPONENTES ELECTRÓNICOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	0,98
FAB DE RECEPTORES: RADIO TELEVISIÓN,APARATOS DE GRABACIÓN Y REPRODUC.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,04	9,54
FABRICACIÓN DE EQUIPO MÉDICO Y QUIRÚRGICO Y DE APARATOS ORTOPÉDICOS	17,22	1,29	0,15	11,55	27,75	171,37	161,06
FABRICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE ÓPTICA Y EQUIPO FOTOGRÁFICO.	1,34	0,10	0,01	0,90	2,16	13,36	12,56
FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	0,85	0,06	0,01	0,57	1,37	8,45	7,94
FAB DE PARTES,PIEZAS,ACCESORIOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	2,78	0,21	0,02	1,86	4,48	27,64	25,98
CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO Y DEPORTE.	0,46	0,03	0,00	0,31	0,74	4,54	4,27

FABRICACIÓN DE MUEBLES.	1,71	0,13	0,02	1,15	2,76	17,05	16,02
FABRICACIÓN DE JOYAS Y ARTÍCULOS CONEXOS.	0,20	0,02	0,00	0,13	0,32	1,97	1,85
OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS N.C.P.	0,39	0,04	0,05	0,30	1,21	16,26	15,40
MANUFACTURAS DE ELEMENTOS DE CONCRETO	11,33	0,10	3,33	0,14	0,94	0,04	0,01
PLANTAS TERMOELÉCTRICAS	12,74	6,779	1500,57	87,59	2009,5	3,015	1,334
FUENTES MOVILES							
AUTOMOVILES	142	58	117	85631	14042	37309,5	25719
TAXIS	12	5	13	3672	887	501	196
MOTOCICLETAS	17	9	47	9520	576	2331	967
AUTOBUSES	105	92	592	2179	7074	605	331
CARGA LIVIANA	644	558	2574	23321	13720	5144	1587
CARGA PESADA	170	148	561	3758	4130	6133	3773
FUENTES DE AREA							
QUEMA RESIDENCIALES ESTACIONARIAS	5	7	5	29	69	13,18	6
QUEMA DE COMBUSTIBLES COMERCIAL	13	12	75	94	49	47,17	47
QUEMA DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES	390,2	349,6	2906,34	402,11	1271	25,01	11,87
QUEMA DE COMBUSTIBLES SECTOR PUBLICO	2	1	96	600	118	0,42	60
FERROCARRILES	0	0	1	2	18	0,778	1
AERONAVES	7	7	8	883	393	693,57	666
RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES ARQUITECTONICAS	0	0	0	0	0	3391,8	2950
PINTURA DE CARROCERÍAS	0	0	0	0	0	349,15	343
PINTURA DE TRÁFICO	0	0	0	0	0	0,77	0
USO DOMÉSTICO DE SOLVENTES	0	0	0	0	0	11422,25	7881
LAVADO EN SECO	0	0	0	0	0	1498,13	869
ARTES GRÁFICAS	0	0	0	0	0	997,58	998
ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE DERIVADOS DEL PETRÓLEO	0	0	0	0	0	1308,69	1219
PANADERPIAS	0	0	0	0	0	311,74	312
ESTERILIZACIÓN EN HOSPITALES	0	0	0	0	0	1,58	2
ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN	255	53	0	0	0	0	0
ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	923	205	0	0	0	132,9	133
MANEJO DE RESIDUOS	808	740	21	1827	128	44067,9	2393
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	0	0	0	0	0	157	144
INCENDIOS EN CONSTRUCCIONES	0	0	0	6	0	0,549	0
INCENDIOS FORESTALES	1	1	0	7	0	1,59	1
POLVO DE CAMINOS PAVIMENTADOS	295	0	0	0	0	0	0

POLVO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS	2047	122	0	0	0	0	0

Tabla 3.3. Inventario de emisiones porcentual de la GAM desagregado por sector

FUENTES FIJAS	PM10	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOx	GOT	GOR
PRODUC. PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS.	0,08	0,13	0,15	0,00	0,03	0,00	0,00
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PESCADO Y PRODUCTOS DE PESCADO.	0,03	0,05	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS.	0,09	0,15	0,18	0,00	0,04	0,00	0,00
ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL.	0,36	0,10	0,01	0,00	0,04	0,00	0,01
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS.	0,04	0,03	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.	2,57	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES.	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PANADERÍA.	0,13	0,04	0,00	0,00	0,03	0,43	0,82
ELABORACIÓN DE AZÚCAR.	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd
ELABORACIÓN DE CACAO Y CHOCOLATE Y DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA.	0,23	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
ELAB. DE MACARRONES,FIDEOS,ALCUZCUZ Y PRODUC.FARINÁCEOS SIMILARES.	0,06	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00
ELABORACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS N.C.P.	0,24	0,05	0,00	0,00	0,05	0,41	0,79
DESTILACIÓN, RECTIFICACIÓN Y MEZCLA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS	0,06	0,11	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
ELABORACIÓN DE BEBIDAS MALTEADAS Y DE MALTA.	0,41	0,76	0,00	0,00	0,06	0,02	0,04
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	0,40	0,74	0,00	0,00	0,05	0,02	0,04
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	0,07	0,12	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
PREPARACIÓN E HILATURA DE FIBRAS TEXTILES,TEJEDURA DE PRODUC.TEXTILES.	0,45	0,64	0,76	0,00	0,17	0,08	0,16
ACABADO DE PRODUCTOS TEXTILES.	0,29	0,42	0,49	0,00	0,11	0,05	0,10
FAB.DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	1,20	1,73	2,05	0,00	0,46	0,23	0,43
FABRICACIÓN DE CUERDAS, CORDELES, BRAMANTES Y REDES.	0,17	0,24	0,28	0,00	0,06	0,03	0,06

FABRICACIÓN DE TEJIDOS Y ARTÍCULOS DE PUNTO Y GANCHILLO.	0,42	0,60	0,71	0,00	0,16	0,08	0,15
FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.	1,16	1,67	1,98	0,00	0,44	0,22	0,41
ADOBO Y TEÑIDO DE PIELES; FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE PIEL.	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FAB.DE MALETAS,BOLSOS DE MANO,SIMILARES Y DE ARTÍC.DE TALABARTERÍA	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
FABRICACIÓN DE CALZADO.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ASERRADERO Y ACEPILLADURA DE MADERA.	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FAB.DE PARTES Y PIEZAS DE CARPINTERÍA PARA EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES.	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FABRICACIÓN DE RECIPIENTES DE MADERA.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04
FABRICACIÓN DE PASTA DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN.	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FABRICACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN ONDULADO Y DE ENVASES DE PAPEL Y CARTÓN.	0,07	0,12	0,15	0,00	0,03	0,00	0,01
FABRICACIÓN DE OTROS ARTÍCULOS DE PAPEL Y CARTÓN.	0,09	0,16	0,19	0,00	0,04	0,01	0,01
EDICIÓN DE LIBROS, FOLLETOS, PARTITURAS Y OTRAS PUBLICACIONES.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03
EDICIÓN DE PERIÓDICOS, REVISTAS Y PUBLICACIONES PERIÓDICAS.	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,44
ACTIVIDADES DE IMPRESIÓN.	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,84
FAB.DE SUSTANCIAS QUÍMICAS,EXCEPTO ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,24	0,45
FABRICACIÓN DE ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,13
FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN FORMA PRIMARIAS Y DE CAUCHO SINTÉTICO.	0,10	0,03	0,01	0,00	0,03	0,32	0,61
FAB.DE PINTURAS,BARNICES Y PRODUC.DE REVESTIMIENTO SIMILARES Y OTROS.	0,01	0,01	0,24	0,00	0,00	3,71	7,11
FAB.DE PRODUC.FARMAC,SUSTANCIAS QUÍMICAS MEDIC.Y PRODUC.BOTÁNICOS.	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	2,82	5,40
FAB.DE JABONES Y DETERGENTES,PREPARADOS PARA LIMPIAR,PULIR Y OTROS.	0,07	0,01	0,00	0,00	0,01	0,12	0,23
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS N.C.P.	0,08	0,01	0,00	0,00	0,01	0,14	0,26
FAB.DE CUBIERTAS Y CÁMARAS DE CAUCHO.	0,21	0,35	0,41	0,00	0,09	0,20	0,39
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS DE CAUCHO.	0,19	0,31	0,37	0,00	0,08	0,18	0,34
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO.	0,18	0,02	0,00	0,00	0,02	0,96	1,83
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.	0,90	2,19	0,27	0,00	0,58	0,02	0,03

FAB.DE PRODUCTOS DE CERÁMICA NO REFRACTARIA PARA USO NO ESTRUCTURAL.	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01
FAB.DE PRODUC.DE ARCILLA Y CERÁMICA NO REFRACTARIAS PARA USO ESTRUC.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO. CALCULADAS CON FE DE COMBUSTIÓN	4,15	3,10	77,33	0,00	9,41	0,03	0,02
INDUSTRIAS BÁSICAS DE HIERRO Y ACERO.	0,09	0,05	0,05	0,00	0,01	0,01	0,02
FAB.DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y METALES NO FERROSOS.	0,27	0,06	0,00	0,00	0,05	0,34	0,64
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS PARA USO ESTRUCTURAL.	0,09	0,02	0,00	0,00	0,02	0,05	0,09
FAB DE ARTÍC DE CUCHILLERÍA,HERRAMIENTAS DE MANO Y ARTÍC DE FERRETERÍA	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ELABORADOS DE METAL N.C.P.	0,12	0,02	0,00	0,00	0,03	0,06	0,12
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA AGROPECUARIA Y FORESTAL.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FABRICACIÓN DE MÁQUINAS HERRAMIENTA.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FAB.DE MAQ. PARA LA EXPLOTA.DE MINAS,CANTERAS Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04
FAB DE MAQ PARA LA ELAB DE PRODUC TEXTILES,PRENDAS DE VESTIR Y CUEROS.	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04
FABRICACIÓN DE APARATOS DE USO DOMÉSTICO N.C.P.	0,09	0,02	0,00	0,00	0,02	0,05	0,09
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA DE OFICINA, CONTABILIDAD E INFORMÁTICA.	0,22	0,04	0,00	0,00	0,05	0,12	0,22
FABRICACIÓN DE MOTORES, GENERADORES Y TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS.	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05
FABRICACIÓN DE HILOS Y CABLES AISLADOS.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FABRICACIÓN DE ACUMULADORES Y DE PILAS Y BATERÍAS PRIMARIAS.	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
FABRICACIÓN DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS Y EQUIPO DE ILUMINACIÓN.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
FABRICACIÓN DE OTROS TIPOS DE EQUIPO ELÉCTRICO N.C.P.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,08
FAB DE TUBOS,VÁLVULAS ELECTRÓNICOS Y DE OTROS COMPONENTES ELECTRÓNICOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FAB DE RECEPTORES: RADIO TELEVISIÓN,APARATOS DE GRABACIÓN Y REPRODUC.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
FABRICACIÓN DE EQUIPO MÉDICO Y QUIRÚRGICO Y DE APARATOS ORTOPÉDICOS	0,24	0,05	0,00	0,00	0,05	0,13	0,24
FABRICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02

ÓPTICA Y EQUIPO FOTOGRÁFICO.							
FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
FAB DE PARTES,PIEZAS,ACCESORIOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04
CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO Y DEPORTE.	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
FABRICACIÓN DE MUEBLES.	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02
FABRICACIÓN DE JOYAS Y ARTÍCULOS CONEXOS.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS N.C.P.	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
MANUFACTURAS DE ELEMENTOS DE CONCRETO	0,16	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
PLANTAS TERMOELÉCTRICAS	0,18	0,24	2,52	0,00	3,95	0,00	0,00
FUENTES MOVILES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AUTOMOVILES	2,01	2,09	0,20	0,65	27,63	28,16	39,09
TAXIS	0,17	0,18	0,02	0,03	1,75	0,38	0,30
MOTOCICLETAS	0,24	0,32	0,08	0,07	1,13	1,76	1,47
AUTOBUSES	1,49	3,32	0,99	0,02	13,92	0,46	0,50
CARGA LIVIANA	9,13	20,14	4,32	0,18	26,99	3,88	2,41
CARGA PESADA	2,41	5,34	0,94	0,03	8,13	4,63	5,73
FUENTES DE AREA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QUEMA RESIDENCIALES ESTACIONARIAS	0,07	0,25	0,01	0,00	0,14	0,01	0,01
QUEMA DE COMBUSTIBLES COMERCIAL	0,18	0,43	0,13	0,00	0,10	0,04	0,07
QUEMA DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES	5,53	12,62	4,87	0,00	2,50	0,02	0,02
QUEMA DE COMBUSTIBLES SECTOR PUBLICO	0,03	0,04	0,16	0,00	0,23	0,00	0,09
FERROCARRILES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
AERONAVES	0,10	0,25	0,01	0,01	0,77	0,52	1,01
RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES ARQUITECTONICAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,56	4,48
PINTURA DE CARROCERÍAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,52
PINTURA DE TRÁFICO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
USO DOMÉSTICO DE SOLVENTES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,62	11,98
LAVADO EN SECO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	1,32
ARTES GRÁFICAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,52
ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE DERIVADOS DEL PETRÓLEO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	1,85
PANADERIAS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,47
ESTERILIZACIÓN EN HOSPITALES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN	3,62	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	13,09	7,40	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20
MANEJO DE RESIDUOS	11,46	26,70	0,04	0,01	0,25	33,26	3,64

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,22
INCENDIOS EN CONSTRUCCIONES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
INCENDIOS FORESTALES	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
POLVO DE CAMINOS PAVIMENTADOS	4,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
POLVO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS	29,02	4,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

3.3 Emisiones por contaminante:

La importancia de desagregar las emisiones por contaminante, básicamente obedece a la necesidad de conocer que fuente es la generadora más representativa de las emisiones de cada contaminante y con ello dirigir acciones directas sobre esta emisión para mejorar la calidad del aire.

La siguiente sección describe a mayor detalle las emisiones por cada uno de los contaminantes estimados, así como sus principales generadores.

Partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros (PM_{10} y $PM_{2.5}$)

En la GAM, la generación de partículas se debe principalmente a las vialidades sin pavimentar, sector que forma parte de las fuentes de área. En total, se tienen 7054,4 toneladas anuales de PM_{10}, de éstas, las vialidades sin pavimentar aportan el 29% y las vialidades pavimentadas el 4,2%. Otros sectores de importancia son las fuentes fijas (25,8%), las actividades agrícolas y el tratamiento de residuos con el 13,1 y el 11,5%, así como los vehículos carga liviana con el 9,1%. En el presente inventario, se tiene que el 33,2% de las PM_{10} en el 2007 son de origen geológico, asumiendo que las partículas generadas por las vialidades pavimentadas y no pavimentadas corresponden a este tipo de partículas. El factor de actividad para el cálculo de emisiones de partículas resuspendidas en las vialidades son los kilómetros recorridos por los vehículos sobre ellas, los cuales van en aumento conforme crece la flota vehicular, con lo cual, es de esperar que las partículas de

éste tipo vayan en aumento. La distribución de partículas por sector se muestra en las siguientes figuras.

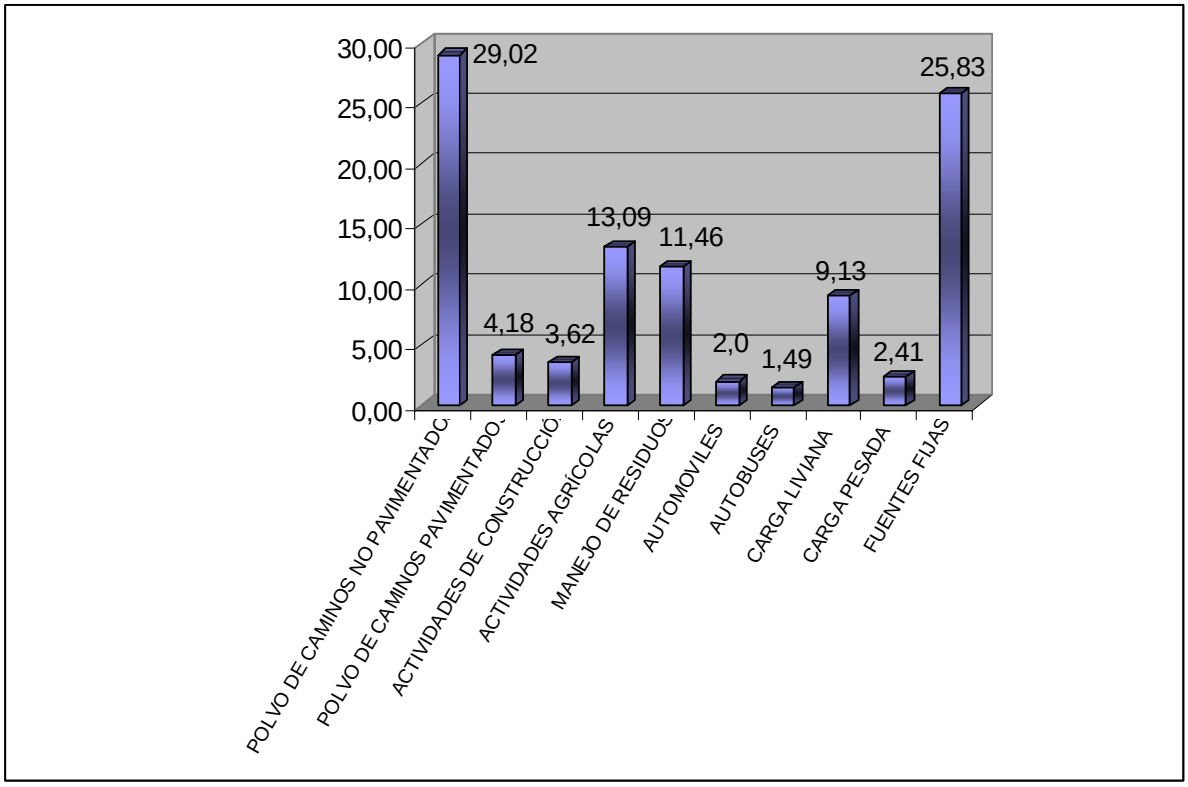


Figura 3.2. Principales emisores de partículas PM10 por sector en la GAM, 2007

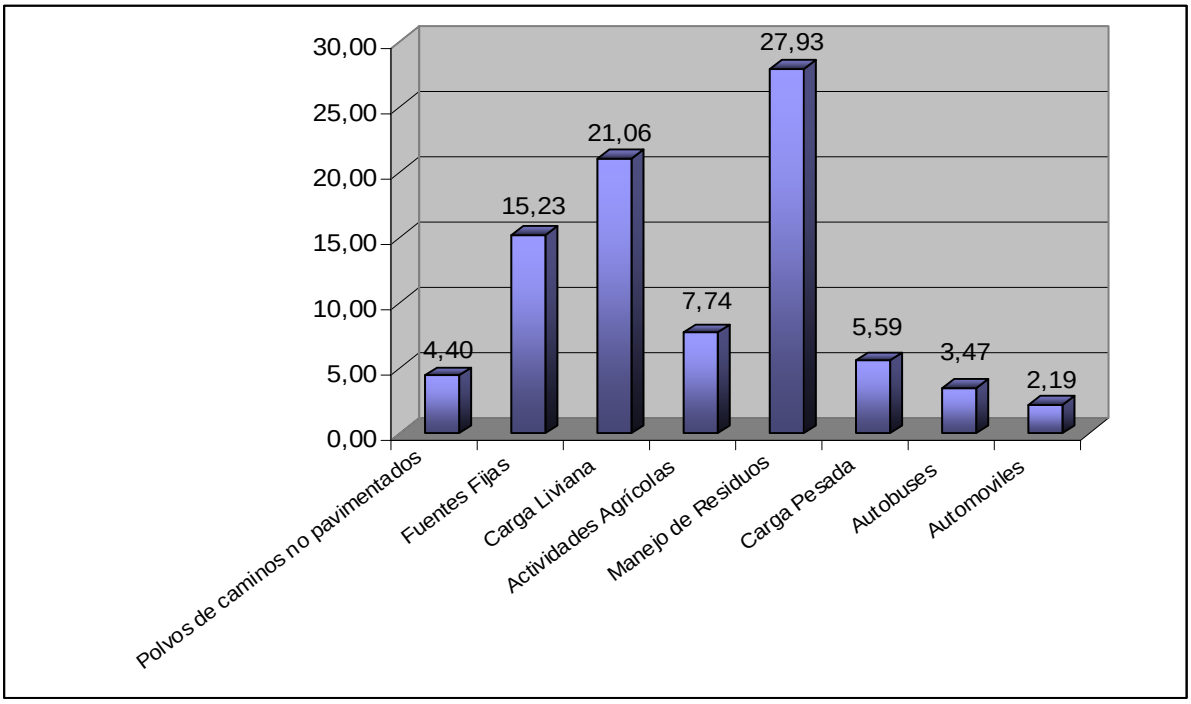


Figura 3.3. Principales emisores de partículas PM2,5 por sector en la GAM, 2007

Las $PM_{2.5,}$ se estimaron en 2770,5 toneladas anuales, siendo los principales generadores las actividades de manejo de residuos, especialmente la quema de basura a cielo abierto con un 27,9%. Le sigue en orden de importancia los vehículos de carga liviana, con una aportación del 21% y en conjunto las fuentes puntuales generan el 15,3%. Cabe resaltar que las emisiones de $PM_{2.5}$ de los vehiculos de carga liviana, pesada y autobuses provienen de la combustión del diesel.

Dióxido de Azufre:

La industria emitió el 85,7% de las 59900 toneladas totales de SO_2 que se generaron en la GAM, siendo las ramas más contaminantes, la industria de fabricación de cemento y vidrio. Las fuentes móviles en su categoría de autos de carga liviana contribuyeron con el 4,3%, azufre que proviene de la gasolina y el diesel que consumen según sea su tipo de motor.

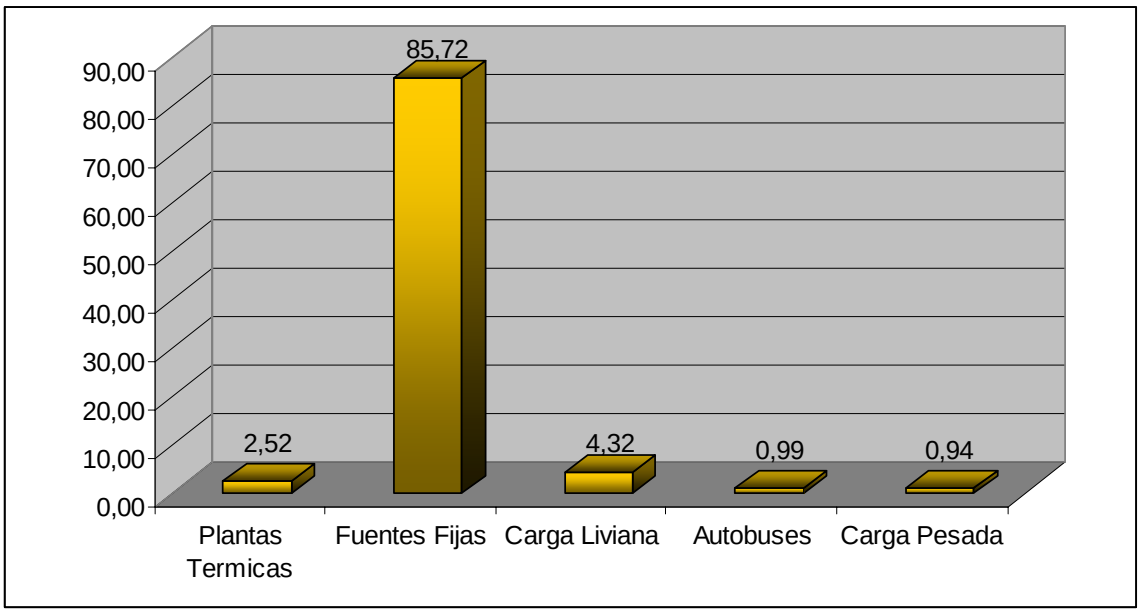


Figura 3.4. Principales emisores de dióxido de azufre por sector en la GAM, 2007

Monóxido de carbono (CO)

Como se puede apreciar en la figura 3.5, el 96,7% del CO fue emitido por las fuentes móviles. Se tiene que de las 133 915,7 toneladas anuales, los sectores de mayor importancia son los autos particulares con el 64,7%, los vehículos carga liviana y las motocicletas con el 17,6% y 7,2% respectivamente. Estas emisiones se generan debido a la combustión incompleta del combustible en los vehículos.

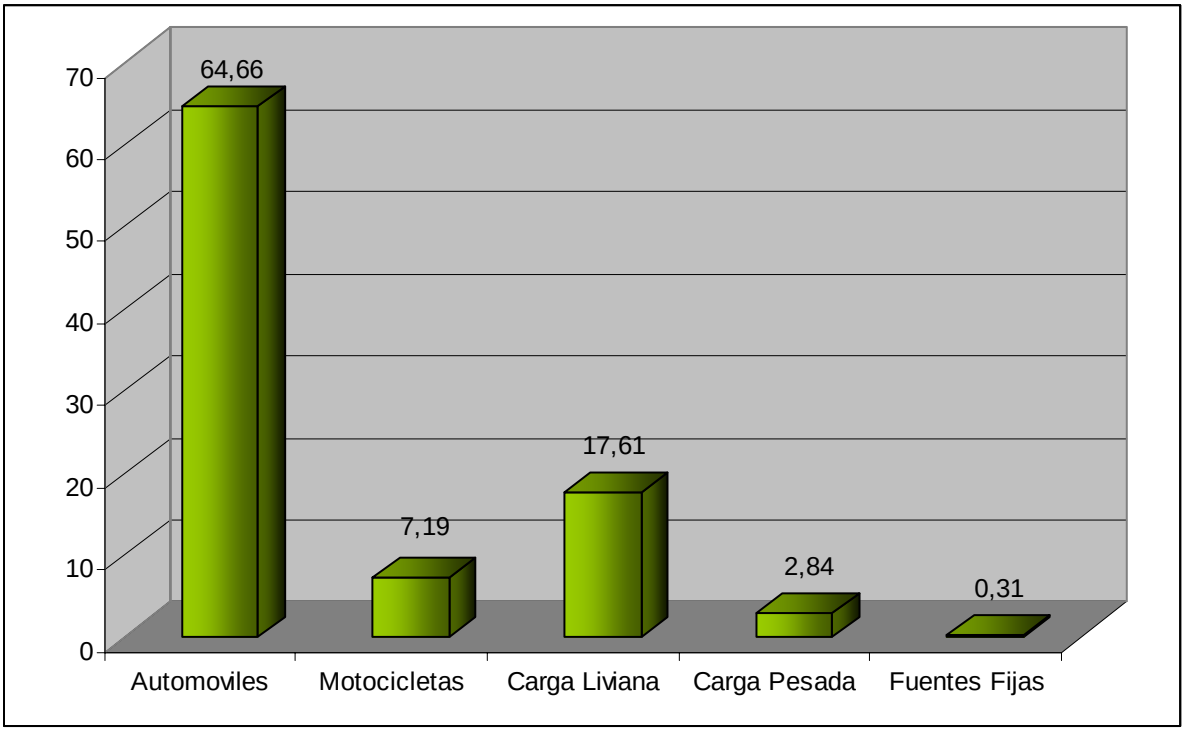


Figura 3.5. Principales emisores de monóxido de carbono por sector en la GAM, 2007

Óxidos de nitrógeno (NOx)

Los óxidos de nitrógeno, al igual que el CO, fueron generados principalmente por las fuentes móviles, contribuyendo con el 79,5% de las 50 833 toneladas anuales que se emitieron de este contaminante, siendo los autos particulares los que más aportaron con el 27,6%, le siguen en orden de importancia los vehículos carga liviana que generaron el 26,9%, con una menor emisión se tiene a los autobuses, así como la generación de energía que participan con el 13,9 y 4% cada uno respectivamente. Los NOx se generaron fundamentalmente por la oxidación del nitrógeno del aire a altas temperaturas durante la ignición del combustible.

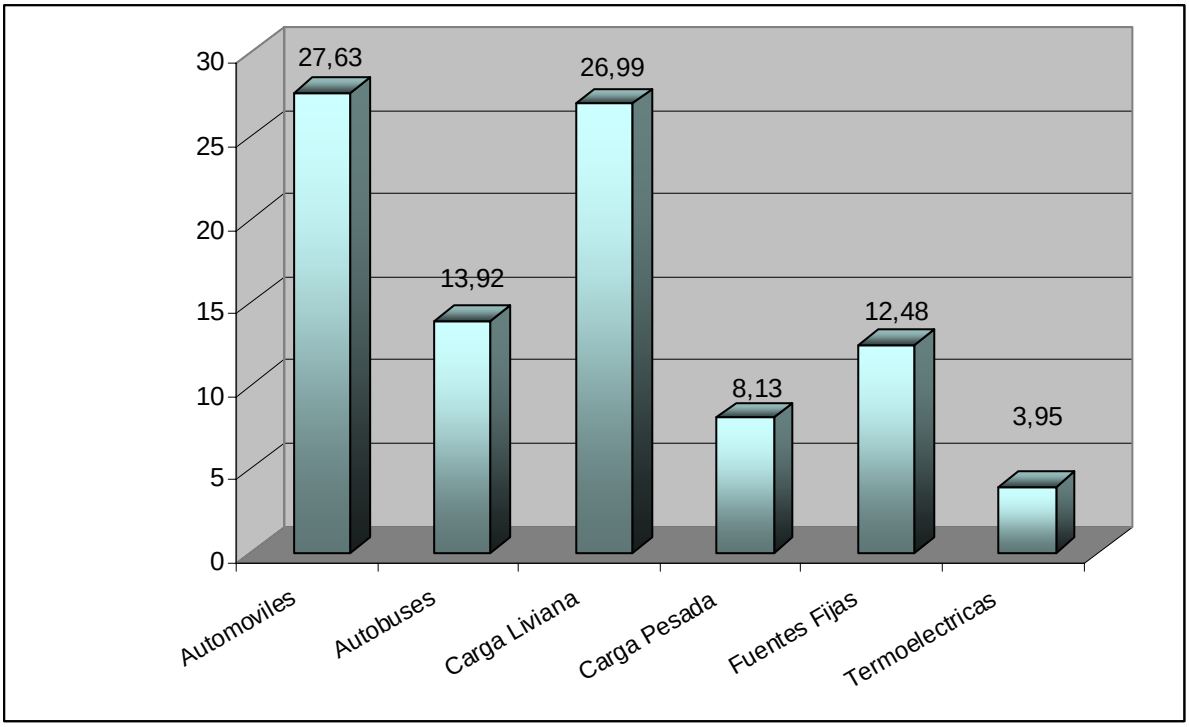


Figura 3.6. Principales emisores de NOx por sector en la GAM, 2007

Gases Orgánicos Reactivos (GOR)

Se estimaron 52920 toneladas anuales de éstos contaminantes, donde las fuentes móviles y de área son las que generaron las mayores emisiones, con 49,5% y 27,4% respectivamente. Entre los sectores más contaminantes se tienen a los autos particulares y a las fuentes fijas, lo cual representó el 39,1% y 23,1% del total respectivamente; también se puede mencionar al consumo de solventes para uso doméstico, los que en conjunto generaron el 12%. Es importante mencionar que los COV, son un conjunto de compuestos con alto índice de reactividad, que al interaccionar con los NOx en presencia de energía solar contribuyen a la formación del ozono.

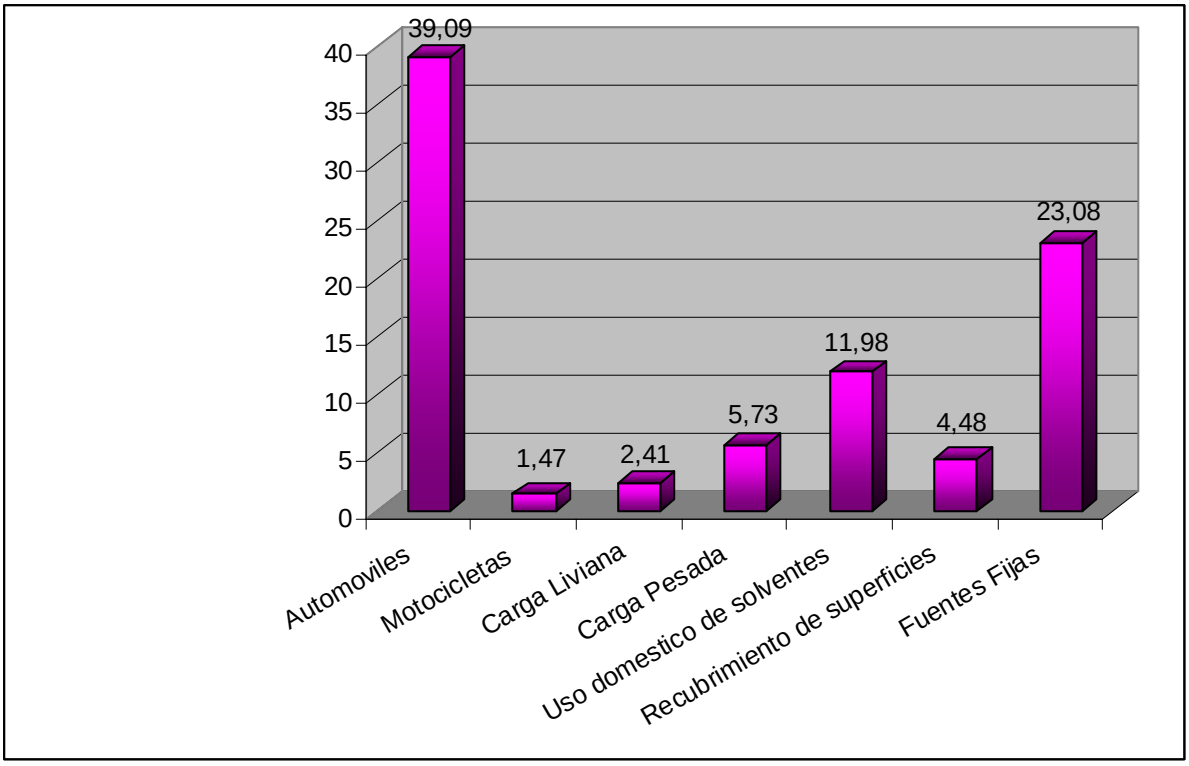


Figura 3.7. Principales emisores de GOR por sector en la GAM, 2007

4. FUENTES FIJAS

Con base en los registros de la Caja Costarricense de Seguro Social, existen 3463 industrias manufactureras con domicilio en los 31 cantones que conforman el Área Metropolitana de Costa Rica. Sin embargo, no todas estas industrias están incluidas en esta categoría del inventario, debido a que se realizó la diferenciación entre fuentes fijas y fuentes de área, utilizando como criterio el número de trabajadores reportados en su planilla. De esta forma, para efectos del inventario, se considera como una fuente fija a toda aquella industria que posea 40 o más trabajadores. Aquellas industrias con un número inferior de empleados al límite establecido se trasladan a la categoría de fuentes de área. Como resultado de esta clasificación se obtuvo un total de 419 industrias a ser evaluadas bajo la categoría de fuentes fijas.

De las fuentes fijas incluidas en el inventario un 33,4% se encuentran localizadas en el cantón central de la provincia de San José, seguidas de los cantones de Heredia, Alajuela, Cartago y Belén con 12.6, 10.0, 6.7 y 6.0% respectivamente (Ver Tabla 4.1).

Como primer paso, las industrias y la estimación de sus emisiones se agruparon considerando la clasificación propuesta por el código CIIU (Ver Tabla 4.2.)

4.1. Metodología de las fuentes puntuales

Las fuentes para obtener la información básica para calcular las emisiones de éste inventario fueron la aplicación de una encuesta (anexo) a un grupo seleccionado de industrias así como la base de reportes operacionales de emisiones del Ministerio de Salud, mediante el empleo de las siguientes técnicas de estimación:

• El **muestreo en la fuente**, a través de la medición directa en las chimeneas de la concentración de contaminantes (principalmente los que se generan por

combustión) y el flujo volumétrico del gas, se estiman las emisiones liberadas al aire.

Tabla 4.1. Distribución de las fuentes fijas consideradas en el inventario por cantones

Provincia	Cantón	Número de Fuentes Fijas
Alajuela	Alajuela	42
	Atenas	1
	Grecia	8
	Poás	1
Cartago	Cartago	28
	El Guarco	6
	La Unión	6
	Oreamuno	1
	Paraíso	1
Heredia	Barva	1
	Belén	25
	Flores	12
	Heredia	53
	San Pablo	1
	Santa Bárbara	1
	Santo Domingo	9
	San Isidro	0
	San Rafael	0
San José	Alajuelita	0
	Aserrí	1
	Central	140
	Coronado	1
	Curridabat	16

	Desamparados	10
	Escazú	3
	Goicoechea	11
	Montes de Oca	10
	Mora	1
	Moravia	4
	Santa Ana	9
	Tibás	17
	Total	**419**

• El uso de **factores de emisión**, los cuales son relaciones entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y un dato de actividad que normalmente es la cantidad de producción, el consumo de combustibles y de materia prima. La fuente de factores de emisión utilizada en éste inventario fue el AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors y el FIRE del Air Chief 8.0 (USEPA, 2000).

• El **balance de materiales**, con el cual, bajo el principio de que el material que entra debe ser igual al que se utiliza en el proceso, más el que se emite. Esta técnica, se utilizó para estimar las emisiones asociadas con la evaporación de solventes y emisiones de compuestos que contienen azufre. En todo momento se realizaron cálculos de ingeniería, que consistieron en aplicar una serie de procedimientos matemáticos para llegar a la estimación de las emisiones.

4.2. Emisiones anuales de las fuentes fijas:

En la tabla 4.3. se desglosan las emisiones industriales anuales y se indica el número de industrias por código CIIU y por contaminante. En conjunto, la industria de la GAM emite alrededor de 78 357 toneladas al año de contaminantes criterio,

de las cuales el 67,2% son emisiones de SO_2, el 19,4 % de GOR, 10.7% de NOx, 1,55% de PM_{10}, 0.63% de CO y el 0.51% de $PM_{2.5}$ esto se puede observar en la figura 4.1.

Tabla 4.2. Descripción de la clasificación de las fuentes fijas de acuerdo con el código CIIU.

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
PRODUC. PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS.	1511	6
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PESCADO Y PRODUCTOS DE PESCADO.	1512	1
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS.	1513	14
ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL.	1514	2
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS.	1520	7
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.	1531	12
ELABORACION DE ALMIDONES Y PRODUCTOS DERIVADOS DEL ALMIDÓN	1532	0
ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES.	1533	3
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PANADERÍA.	1541	19
ELABORACIÓN DE AZÚCAR.	1542	2
ELABORACIÓN DE CACAO Y CHOCOLATE Y DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA.	1543	5
ELAB. DE MACARRONES, FIDEOS , ALCUZCUZ Y PRODUC. FARINÁCEOS SIMILARES.	1544	1
ELABORACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS N.C.P.	1549	21
DESTILACIÓN, RECTIFICACIÓN Y MEZCLA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS	1551	2
ELABORACION DE VINOS	1552	0
ELABORACIÓN DE BEBIDAS MALTEADAS Y DE MALTA.	1553	3
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	1554	7
ELABORACION DE PRODUCTOS DE TABACO	1600	2
PREPARACIÓN E HILATURA DE FIBRAS TEXTILES, TEJEDURA DE PRODUC. TEXTILES.	1711	6
ACABADO DE PRODUCTOS TEXTILES.	1712	3
FAB.DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	1721	11
FABRICACION DE TAPICES Y ALFOMBRAS	1722	0

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
FABRICACIÓN DE CUERDAS, CORDELES, BRAMANTES Y REDES.	1723	1
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS TEXTILES	1729	1
FABRICACIÓN DE TEJIDOS Y ARTÍCULOS DE PUNTO Y GANCHILLO.	1730	6
FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.	1810	11
ADOBO Y TEÑIDO DE PIELES; FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE PIEL.	1820	2
FAB.DE MALETAS,BOLSOS DE MANO,SIMILARES Y DE ARTÍC.DE TALABARTERÍA	1912	2
FABRICACIÓN DE CALZADO.	1920	1
ASERRADERO Y ACEPILLADURA DE MADERA.	2010	6
FAB. DE HOJAS DE MADERA PARA ENCHAPADO, TABLEROS	2021	0
FAB.DE PARTES Y PIEZAS DE CARPINTERÍA PARA EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES.	2022	6
FABRICACIÓN DE RECIPIENTES DE MADERA.	2023	3
FABRICACION DE ARTICULOS DE CORCHO, PAJA YMATERIALES	2029	0
FABRICACIÓN DE PASTA DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN.	2101	3
FABRICACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN ONDULADO Y DE ENVASES DE PAPEL Y CARTÓN.	2102	6
FABRICACIÓN DE OTROS ARTÍCULOS DE PAPEL Y CARTÓN.	2109	3
EDICIÓN DE LIBROS, FOLLETOS, PARTITURAS Y OTRAS PUBLICACIONES.	2211	2
EDICIÓN DE PERIÓDICOS, REVISTAS Y PUBLICACIONES PERIÓDICAS.	2212	1
EDICION DE GRABACIONES	2213	0
OTRAS ACTIVIDADES DE EDICION	2219	0
ACTIVIDADES DE IMPRESIÓN.	2221	19
ACTIVIDADES DE SERVICIO RELACIONADAS CON LA IMPRESIÓN	2222	0
REPRODUCCION DE GRABACIONES	2230	0
FABRICACION DE PRODUCTOS DE LA REFINACION DEL PETROLEO	2320	0
FAB.DE SUSTANCIAS QUÍMICAS, EXCEPTO ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	2411	4
FABRICACIÓN DE ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	2412	1
FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN FORMA PRIMARIAS Y DE CAUCHO SINTÉTICO.	2413	11
FABRICACION DE PLAGUICIDAS Y OTROS PRODUCTOS DE USO AGROPECUARIO	2421	0
FAB.DE PINTURAS,BARNICES Y PRODUC.DE REVESTIMIENTO SIMILARES Y OTROS.	2422	5

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
FAB.DE PRODUC.FARMAC,SUSTANCIAS QUÍMICAS MEDIC.Y PRODUC.BOTÁNICOS.	2423	22
FAB.DE JABONES Y DETERGENTES,PREPARADOS PARA LIMPIAR,PULIR Y OTROS.	2424	3
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS N.C.P.	2429	9
FABRICACION DE FIBRAS MANUFACTURADAS	2430	0
FAB.DE CUBIERTAS Y CÁMARAS DE CAUCHO.	2511	4
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS DE CAUCHO.	2519	4
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO.	2520	25
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.	2610	2
FAB.DE PRODUCTOS DE CERÁMICA NO REFRACTARIA PARA USO NO ESTRUCTURAL.	2691	3
FABRICACION DE PRODUCTOS DE CERAMICA REFRACTARIA	2692	0
FAB.DE PRODUC.DE ARCILLA Y CERÁMICA NO REFRACTARIAS PARA USO ESTRUC.	2693	2
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO. CALCULADAS CON FE DE COMBUSTIÓN	2694	13
FABRICACION DE ARTICULOS DE HORMIGON, CEMENTO Y YESO	2695	0
CORTE, TALLADO Y ACABADO DE PIEDRA	2696	0
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS	2699	0
INDUSTRIAS BÁSICAS DE HIERRO Y ACERO.	2710	5
FAB.DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y METALES NO FERROSOS.	2720	2
FUNDICION DE HIERRO Y ACERO	2731	0
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS PARA USO ESTRUCTURAL.	2811	13
FABRICACION DE TANQUES, DEPOSITOS Y RECIPIENTES DE METAL	2812	0
FORJA, PRENSADO, ESTAMPADO Y LAMINADO DE METAL	2891	0
TRATAMIENTO Y REVESTIMIENTO DE METALES	2892	1
FAB DE ARTÍC DE CUCHILLERÍA,HERRAMIENTAS DE MANO Y ARTÍC DE FERRETERÍA	2893	5
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ELABORADOS DE METAL N.C.P.	2899	15
FABRICACION DE MOTORES Y TURBINAS	2911	0
FABRICACION DE BOMBAS Y COMPRESORES	2912	0
FABRICACION DE COJINES, ENGRAJES, TRENES DE ENGRAJES	2913	0
FABRICACION DE EQUIPO DE ELEVACION	2915	0

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
FABRICACION DE OTROS TIPOS DE MAQUINARIA	2919	0
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA AGROPECUARIA Y FORESTAL.	2921	1
FABRICACIÓN DE MÁQUINAS HERRAMIENTA.	2922	1
FAB.DE MAQ. PARA LA EXPLOTA.DE MINAS,CANTERAS Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.	2924	0
FAB DE MAQ PARA LA ELAB DE PRODUC TEXTILES,PRENDAS DE VESTIR Y CUEROS.	2926	1
FABRICACION DE OTROS TIPO DE MAQUINARIA	2929	0
FABRICACIÓN DE APARATOS DE USO DOMÉSTICO N.C.P.	2930	6
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA DE OFICINA, CONTABILIDAD E INFORMÁTICA.	3000	5
FABRICACIÓN DE MOTORES, GENERADORES Y TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS.	3110	7
FABRICACION DE APARATOS DE DISTRIBUCION Y CONTROL DE ENERGÍA ELECTRICA	3120	0
FABRICACIÓN DE HILOS Y CABLES AISLADOS.	3130	1
FABRICACIÓN DE ACUMULADORES Y DE PILAS Y BATERÍAS PRIMARIAS.	3140	1
FABRICACIÓN DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS Y EQUIPO DE ILUMINACIÓN.	3150	1
FABRICACIÓN DE OTROS TIPOS DE EQUIPO ELÉCTRICO N.C.P.	3190	11
FAB DE TUBOS,VÁLVULAS ELECTRÓNICOS Y DE OTROS	3210	2
FABRICACION DE TRANSMISORES DE RADIO Y TELEVISION	3220	0
FAB DE RECEPTORES: RADIO TELEVISIÓN,APARATOS DE GRABACIÓN Y REPRODUC.	3230	3
FABRICACIÓN DE EQUIPO MÉDICO Y QUIRÚRGICO Y DE APARATOS ORTOPÉDICOS	3311	5
FABRICACION DE INSTRUMENTOS PARA MEDIR	3312	0
FABRICACION DE EQUIPO PARA EL CONTROL DE PROCESOS IND	3313	0
FABRICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE ÓPTICA Y EQUIPO FOTOGRÁFICO.	3320	3
FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	3410	2
FABRICACION DE CARROCERIAS	3420	0
FAB DE PARTES,PIEZAS,ACCESORIOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	3430	2
CONSTRUCCION Y REPARACION DE BUQUES	3511	0
CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO Y DEPORTE.	3512	2
FABRICACION DE LOCOMOTORAS	3520	0
FABRICACION DE AERONAVES	3530	0

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
FABRICACION DE BICICLETAS	3592	0
FABRICACION DE OTROS TIPO DE VEHICULOS DE TRANSPORTE	3599	0
FABRICACIÓN DE MUEBLES.	3610	6
FABRICACIÓN DE JOYAS Y ARTÍCULOS CONEXOS.	3691	1
FABRICACION DE INSTRUMENTOS MUSICALES	3692	0
FABRICACION DE ARTICULOS DE DEPORTE	3693	0
FABRICACION DE JUGUETES	3694	0
OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS N.C.P.	3699	8
RECICLAMIENTO DE DESPERDICIOS METALICOS	3710	0
RECICLAMIENTO DE DESPERDICIOS NO METALICOS	3720	1
	TOTAL	**419**

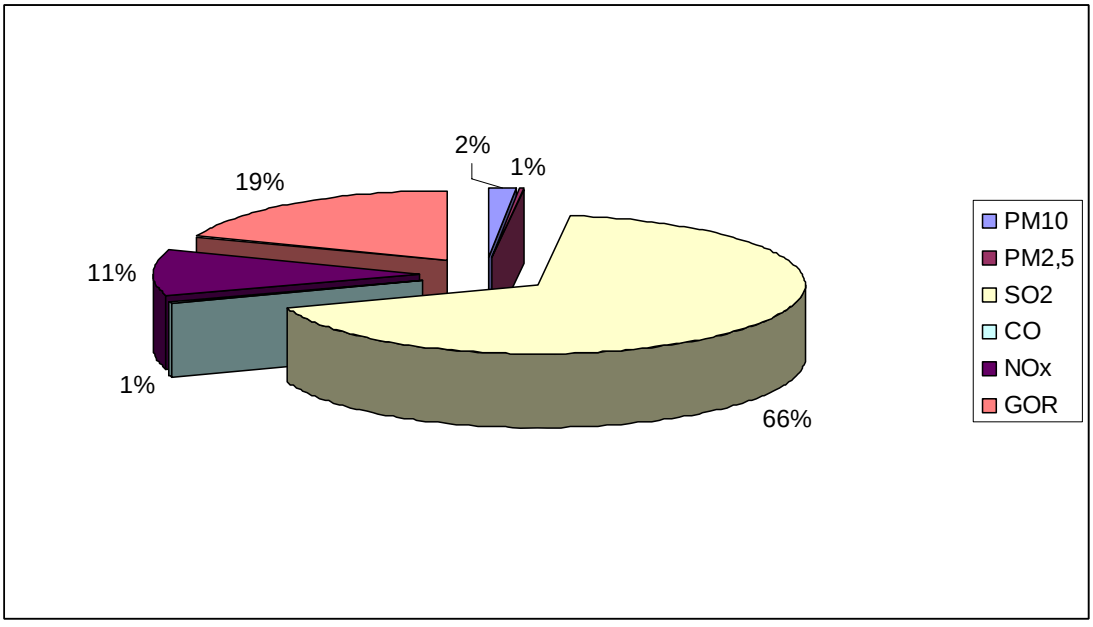


Figura 4.1. Contribución porcentual por contaminante a las emisiones de fuentes fijas en el Área Metropolitana de Costa Rica, 2007.

En la tabla 4.3, se puede observar que el contaminante más importante emitido por el sector de productos alimenticios, bebidas y tabaco, son los GOR, siendo la industria de elaboración de productos de panadería, la más contaminante con 536,3 ton/año.

Tabla 4.3. Emisiones totales por código CIIU para las fuentes fijas del Área Metropolitana de Costa Rica, 2007

DESCRIPCION DEL CODIGO CIIU	INDUSTRIAS	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOx	GOT	GOR	PM_{10} PROC	GOR PROC
PRODUC. PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS.	5	5,562	3,624	92,121	1,616	17,663	0,412	0,000	0,000	0,000
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PESCADO Y PRODUCTOS DE PESCADO.	1	2,019	1,316	33,449	0,587	6,413	0,149	0,000	0,000	0,000
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS.	13	6,382	4,158	105,701	1,854	20,267	0,472	0,000	0,000	0,000
ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL.	2	4,063	2,690	8,330	4,151	18,307	0,328	0,253	21,429	3,541
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS.	6	1,047	0,906	1,518	9,031	18,518	1,208	0,664	2,035	4,545
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.	9	0,438	0,438	0,034	4,756	5,996	0,631	0,317	180,990	0,245
ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES.	2	0,088	0,088	0,021	0,906	1,338	0,123	0,064	11,430	0,000
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PANADERÍA.	15	1,064	1,063	0,101	11,216	15,643	1,517	0,772	8,371	536,312
ELABORACIÓN DE AZÚCAR.	1	nd	nd	nd	nd	Nd	nd	nd	nd	nd
ELABORACIÓN DE CACAO Y CHOCOLATE Y DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA.	5	0,229	0,189	0,697	1,240	4,536	0,168	0,112	15,763	2,054
ELAB. DE MACARRONES,FIDEOS,ALCUZCUZ Y PRODUC.FARINÁCEOS SIMILARES.	1	0,906	0,590	15,022	0,260	2,860	0,067	0,806	3,649	0,000
ELABORACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS N.C.P.	17	1,305	1,283	0,582	13,052	25,551	1,775	0,924	15,755	516,416
DESTILACIÓN, RECTIFICACIÓN Y MEZCLA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS	2	4,046	3,186	0,161	3,209	4,237	0,480	0,244	0,371	3,908
ELABORACIÓN DE BEBIDAS MALTEADAS Y DE MALTA.	4	26,810	21,116	1,065	21,265	28,076	3,181	1,618	2,460	25,901
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	7	26,061	20,526	1,035	20,671	27,291	3,092	1,572	2,391	25,177
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	2	4,319	3,401	0,171	3,426	4,523	0,512	0,261	0,396	4,172

DESCRIPCION DEL CODIGO CIIU	INDUSTRIAS	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOx	GOT	GOR	PM_{10} PROC	GOR PROC
PREPARACIÓN E HILATURA DE FIBRAS TEXTILES,TEJEDURA DE PRODUC.TEXTILES.	5	27,262	17,757	451,868	7,827	86,097	2,002	1,658	4,174	102,272
ACABADO DE PRODUCTOS TEXTILES.	2	17,725	11,545	293,788	5,089	55,977	1,302	1,078	2,714	66,494
FAB.DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	8	73,611	47,944	1220,084	21,134	232,469	5,406	4,476	11,271	276,145
FABRICACIÓN DE CUERDAS, CORDELES, BRAMANTES Y REDES.	1	10,225	6,660	169,474	2,936	32,291	0,751	0,622	1,566	38,358
FABRICACIÓN DE TEJIDOS Y ARTÍCULOS DE PUNTO Y GANCHILLO.	6	25,393	16,539	420,878	7,290	80,192	1,865	1,544	3,888	95,259
FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.	10	71,109	46,315	1178,608	20,415	224,566	5,222	4,324	10,888	266,758
ADOBO Y TEÑIDO DE PIELES; FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE PIEL.	2	0,030	0,023	0,148	0,140	0,693	0,017	0,014	0,598	2,248
FAB.DE MALETAS,BOLSOS DE MANO,SIMILARES Y DE ARTÍC.DE TALABARTERÍA	2	0,052	0,039	0,253	0,238	1,182	0,029	0,023	1,020	3,832
FABRICACIÓN DE CALZADO.	1	0,002	0,001	0,003	0,005	0,033	0,001	0,001	0,012	2,691
ASERRADERO Y ACEPILLADURA DE MADERA.	6	0,090	0,069	0,475	0,418	2,005	0,046	0,038	15,755	1,949
FAB.DE PARTES Y PIEZAS DE CARPINTERÍA PARA EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES.	5	0,084	0,065	0,443	0,390	1,871	0,043	0,036	14,702	1,819
FABRICACIÓN DE RECIPIENTES DE MADERA.	2	0,020	0,015	0,091	0,092	0,458	0,011	0,009	0,151	26,077
FABRICACIÓN DE PASTA DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN.	3	0,058	0,045	0,305	0,269	1,291	0,030	0,025	10,141	1,255
FABRICACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN ONDULADO Y DE ENVASES DE PAPEL Y CARTÓN.	6	5,283	3,439	87,662	1,534	16,753	0,389	4,743	0,000	0,000
FABRICACIÓN DE OTROS ARTÍCULOS DE PAPEL Y CARTÓN.	2	6,700	4,362	111,189	1,946	21,249	0,493	6,015	0,000	0,000
EDICIÓN DE LIBROS, FOLLETOS, PARTITURAS Y OTRAS PUBLICACIONES.	1	0,003	0,003	0,002	0,020	0,088	0,003	0,002	0,072	22,915

DESCRIPCION DEL CODIGO CIIU	INDUSTRIAS	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOx	GOT	GOR	PM_{10} PROC	GOR PROC
EDICIÓN DE PERIÓDICOS, REVISTAS Y PUBLICACIONES PERIÓDICAS.	1	0,040	0,039	0,030	0,249	1,111	0,044	0,027	0,908	288,120
ACTIVIDADES DE IMPRESIÓN.	15	0,077	0,075	0,058	0,477	2,122	0,084	0,051	1,734	550,463
FAB.DE SUSTANCIAS QUÍMICAS,EXCEPTO ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	4	0,347	0,333	0,334	3,387	5,307	0,444	0,234	2,110	298,983
FABRICACIÓN DE ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	1	0,101	0,097	0,098	0,988	1,549	0,130	0,068	0,616	87,250
FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN FORMA PRIMARIAS Y DE CAUCHO SINTÉTICO.	10	0,997	0,881	3,722	7,633	14,182	1,002	0,532	6,204	400,851
FAB.DE PINTURAS,BARNICES Y PRODUC.DE REVESTIMIENTO SIMILARES Y OTROS.	4	0,588	0,382	141,374	0,184	1,921	0,044	0,036	0,230	4675,8
FAB.DE PRODUC.FARMAC,SUSTANCIAS QUÍMICAS MEDIC.Y PRODUC.BOTÁNICOS.	20	0,079	0,044	1,974	0,413	2,180	0,041	0,441	7,338	3554,758
FAB.DE JABONES Y DETERGENTES,PREPARADOS PARA LIMPIAR,PULIR Y OTROS.	3	0,385	0,361	0,309	3,493	5,035	0,458	0,236	4,256	150,033
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS N.C.P.	8	0,440	0,412	0,352	3,983	5,742	0,522	0,269	4,853	171,097
FAB.DE CUBIERTAS Y CÁMARAS DE CAUCHO.	4	14,785	9,630	245,054	4,241	46,656	1,086	0,899	0,000	252,740
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS DE CAUCHO.	4	13,210	8,604	218,948	3,790	41,686	0,970	0,803	0,000	225,815
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO.	17	0,567	0,500	0,579	3,910	12,086	0,637	0,373	12,454	1206,931
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.	2	63,563	60,826	162,492	9,558	296,309	0,000	19,098	0,000	0,000
FAB.DE PRODUCTOS DE CERÁMICA NO REFRACTARIA PARA USO NO ESTRUCTURAL.	2	0,371	0,371	0,001	1,668	12,130	0,455	0,294	0,000	3,919
FAB.DE PRODUC.DE ARCILLA Y CERÁMICA NO REFRACTARIAS PARA USO ESTRUC.	1	0,026	0,026	0,000	0,118	0,856	0,032	0,021	0,000	0,277
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO. CALCULADAS CON FE DE COMBUSTIÓN	13	293	86	46.122	123	4.782	26	13	0	0

DESCRIPCION DEL CODIGO CIIU	INDUSTRIAS	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOx	GOT	GOR	PM_{10} PROC	GOR PROC
INDUSTRIAS BÁSICAS DE HIERRO Y ACERO.	4	2,494	1,470	28,560	6,247	7,312	0,336	0,200	3,609	15,076
FAB.DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y METALES NO FERROSOS.	2	1,578	1,569	0,247	15,419	26,544	2,192	1,151	17,153	421,939
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS PARA USO ESTRUCTURAL.	12	0,529	0,501	0,059	4,466	10,733	0,707	0,389	6,132	61,912
FAB DE ARTÍC DE CUCHILLERÍA,HERRAMIENTAS DE MANO Y ARTÍC DE FERRETERÍA	3	0,193	0,183	0,021	1,633	3,924	0,258	0,142	2,242	22,635
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ELABORADOS DE METAL N.C.P.	11	0,664	0,628	0,073	5,606	13,472	0,887	0,488	7,696	77,710
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA AGROPECUARIA Y FORESTAL.	1	0,024	0,023	0,003	0,201	0,483	0,032	0,018	0,276	2,788
FABRICACIÓN DE MÁQUINAS HERRAMIENTA.	1	0,016	0,015	0,002	0,135	0,325	0,021	0,012	0,186	1,873
FAB.DE MAQ. PARA LA EXPLOTA.DE MINAS,CANTERAS Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.	1	0,243	0,230	0,027	2,052	4,931	0,325	0,179	2,817	28,446
FAB DE MAQ PARA LA ELAB DE PRODUC TEXTILES,PRENDAS DE VESTIR Y CUEROS.	1	0,224	0,212	0,025	1,889	4,541	0,299	0,165	2,594	26,193
FABRICACIÓN DE APARATOS DE USO DOMÉSTICO N.C.P.	6	0,508	0,481	0,056	4,289	10,308	0,679	0,374	5,889	59,458
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA DE OFICINA, CONTABILIDAD E INFORMÁTICA.	5	1,225	1,160	0,136	10,344	24,860	1,638	0,901	14,202	143,403
FABRICACIÓN DE MOTORES, GENERADORES Y TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS.	6	0,275	0,261	0,030	2,324	5,585	0,368	0,202	3,191	32,217
FABRICACIÓN DE HILOS Y CABLES AISLADOS.	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,812
FABRICACIÓN DE ACUMULADORES Y DE PILAS Y BATERÍAS PRIMARIAS.	1	0,053	0,050	0,006	0,444	1,067	0,070	0,039	0,610	6,157
FABRICACIÓN DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS Y EQUIPO DE ILUMINACIÓN.	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,442
FABRICACIÓN DE OTROS TIPOS DE EQUIPO ELÉCTRICO N.C.P.	11	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52,386

DESCRIPCION DEL CODIGO CIIU	INDUSTRIAS	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOx	GOT	GOR	PM_{10} PROC	GOR PROC
FAB DE TUBOS,VÁLVULAS ELECTRÓNICOS Y DE OTROS COMPONENTES ELECTRÓNICOS	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,975
FAB DE RECEPTORES: RADIO TELEVISIÓN,APARATOS DE GRABACIÓN Y REPRODUC.	3	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,541
FABRICACIÓN DE EQUIPO MÉDICO Y QUIRÚRGICO Y DE APARATOS ORTOPÉDICOS	3	1,367	1,294	0,151	11,546	27,747	1,828	1,006	15,851	160,057
FABRICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE ÓPTICA Y EQUIPO FOTOGRÁFICO.	3	0,107	0,101	0,012	0,900	2,163	0,142	0,078	1,236	12,478
FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	2	0,067	0,064	0,007	0,569	1,367	0,090	0,050	0,781	7,888
FAB DE PARTES,PIEZAS,ACCESORIOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	2	0,220	0,209	0,024	1,862	4,475	0,295	0,162	2,556	25,813
CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO Y DEPORTE.	2	0,036	0,034	0,004	0,306	0,736	0,048	0,027	0,420	4,244
FABRICACIÓN DE MUEBLES.	6	0,136	0,129	0,015	1,148	2,760	0,182	0,100	1,577	15,922
FABRICACIÓN DE JOYAS Y ARTÍCULOS CONEXOS.	1	0,016	0,015	0,002	0,133	0,319	0,021	0,012	0,182	1,839
OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS N.C.P.	5	0,048	0,044	0,052	0,302	1,205	0,054	0,033	0,341	15,367
MANUFACTURAS DE ELEMENTOS DE CONCRETO	1	0,232	0,103	3,327	0,140	0,940	0,022	0,013	11,096	0,000
	419	**720,8**	**396,7**	**51125,4**	**406,3**	**6.345,1**	**74,16**	**74,34**	**483,33**	**15110,9**
PLANTAS TERMOELÉCTRICAS	2	12,740	6,779	1500,568	87,589	2009,487	1,611	1,334	0,000	0,000
TOTAL	**421**	**733,6**	**403,5**	**52626,0**	**493,6**	**8354,6**	**75,8**	**75,7**	**483,3**	**15110,9**

En el sector manufacturero textil de prendas de vestir e industria del cuero; se observa que la rama industrial de fabricación de artículos confeccionados de materiales textiles, es la que presenta las mayores emisiones en todos los contaminantes, siendo el SO_2 el que más se generan, seguido de las emisiones de GOR. Lo anterior es debido a que la mayoría de los equipos de combustión en está rama industrial, utilizan combustibles líquidos, los cuales contienen mayor cantidad de azufre que los gaseosos.

En el sector de sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, del hule y del plástico, se observa que la mayor emisión de contaminantes es aportada por la rama industrial de fabricación de barnices y pinturas seguidos de productos farmacéuticos y la industria de fabricación de plástico, teniendo que el contaminante principal son los GOR, estos se debe a la utilización de solventes orgánicos como materia prima, así como a la utilización de resinas, plastificantes, polímeros y otros insumos propios de la industria química.

A continuación, para el sector Industrias metálicas básicas, en la tabla 4.3, se observa que la mayor emisión está dada por la rama fabricación de productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos, teniendo como principal contaminante a los COT. Por otro lado en la rama Industria básica del hierro y del acero se tienen emisiones altas de NOx y PM_{10} que son contaminantes que se emiten en mayor cantidad respectivamente, después de los GOR.

En la tabla 4.3., se puede observar que las ramas de fabricación de equipo médico y quirúrgico junto con el de fabricación de muebles de oficina presentan la mayor emisión de GOR del sector; esto se debe principalmente a la actividad de recubrimiento en superficies y al uso de solventes adelgazantes y de limpieza. Como segundo contaminante generado tenemos a los NOx, éstos son emitidos en mayor proporción por la rama 3311 (equipo médico, quirúrgico y aparatos), la cual contribuye con una emisión de 27,8 ton/año, lo cual representa el 42% del total de NOx en este sector.

4.3. Emisiones de las fuentes puntuales por tipo de contaminante:

Para conocer con mayor detalle los giros o subsectores que generan emisiones, a continuación se presenta un análisis de acuerdo a la emisión de cada contaminante, destacando las industrias más emisoras en cada uno de ellos.

Partículas PM10 y PM2.5

La contribución a las emisiones de PM_{10} por las fuentes puntuales se concentra principalmente en 4 subsectores: productos minerales no metálicos, textiles e industria del cuero, productos alimenticios y sustancias químicas; estos giros aportan el 95% del total de las emisiones de las fuentes puntuales.

La contribución a las partículas PM2.5, a semejanza de las PM10, son generadas principalmente por los mismos subsectores que las PM10 aportando un 94,1% de las emisiones.

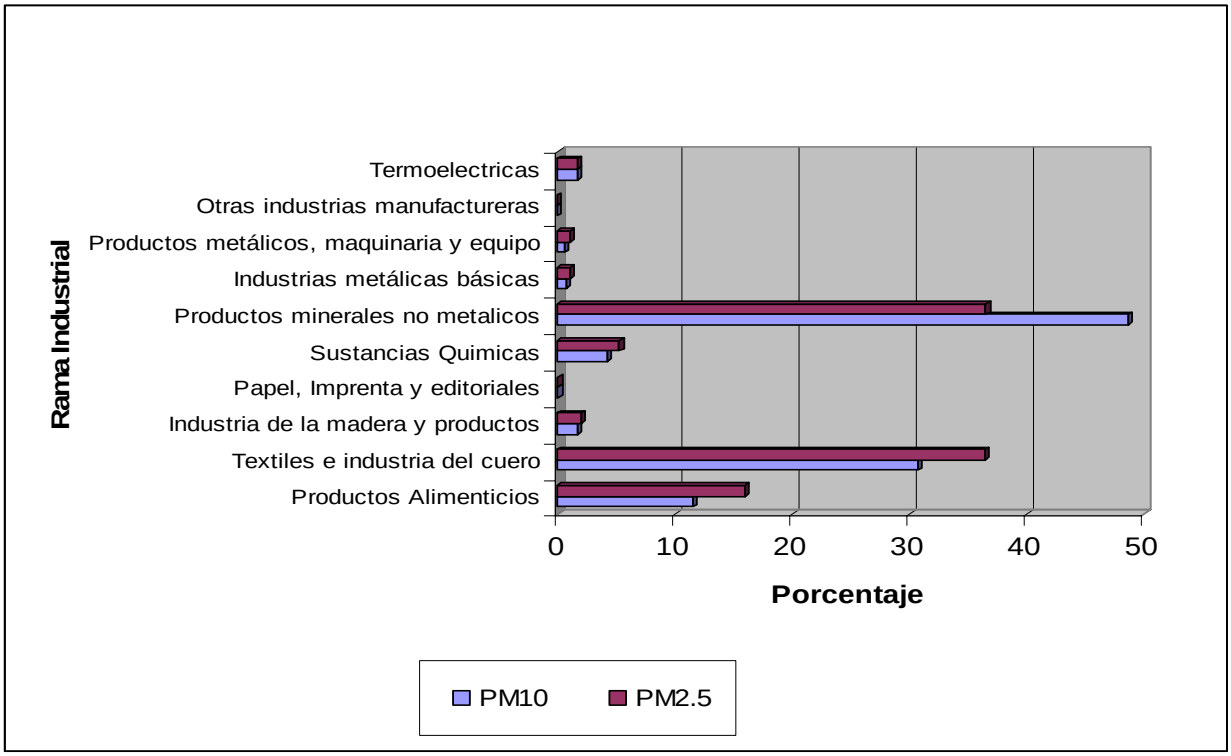


Figura 4.2. Porcentaje de contribución de cada giro industrial a la emisión de partículas en la GAM, 2007.

Si se analiza la tabla 4.3 se puede observar que el 12% del sector industrial (54 industrias), contribuyen con cerca del 79% de las emisiones de PM10 y con el 74% de las emisiones de PM2.5, lo cual indica que los esfuerzos para controlar la emisión de éste contaminante, deben estar dirigidos hacia éstas empresas.

Dióxido de Azufre:

En la figura 4.3 se puede observar que los giros más emisores de dióxido de azufre en la GAM son: industria de productos minerales no metálicos, textiles e industria del cuero junto con las termoeléctricas, generando en total 51520 ton/año. Éstos 3 giros representan el 97,9% de las emisiones de éste contaminante y los restantes giros contribuyen con tan sólo 1102 ton/año.

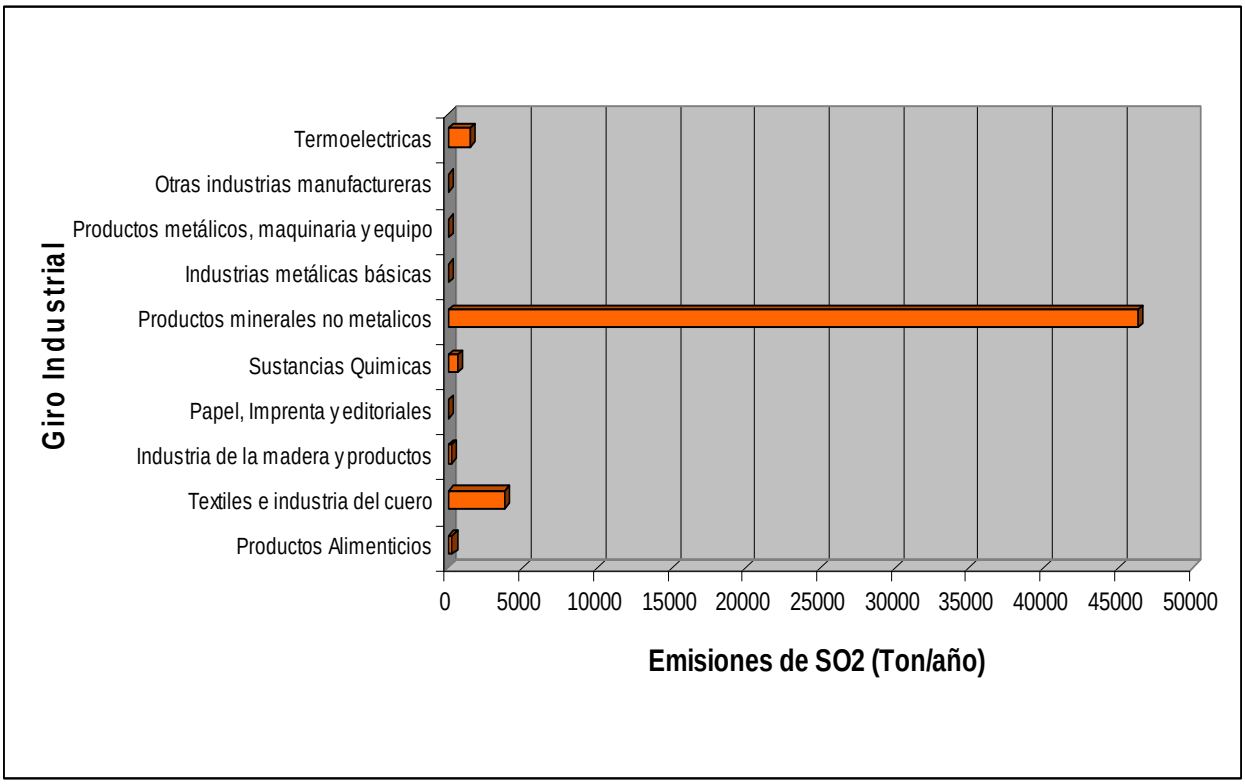


Figura 4.3. Emisiones de dióxido de azufre generadas por cada giro industrial en la GAM, 2007.

De la emisión de SO_2 de las fuentes puntuales, se tiene que el 13% de la industria (52 industrias) contribuyen con el 95% de las emisiones de este contaminante. Estas 52 empresas consumen combustibles líquidos, ya sea diesel con 0.25% de azufre en peso, o búnker con aproximadamente 1.7% de azufre en peso.

Óxidos de Nitrógeno:

Los giros que más emiten óxidos de nitrógeno (Figura 4.4) son, el de productos minerales no metálicos con 5091 ton/año, que representa el 60,9% de los NOx emitidos por las fuentes puntuales, seguido de la generación eléctrica que aporta un 24% de las emisiones.

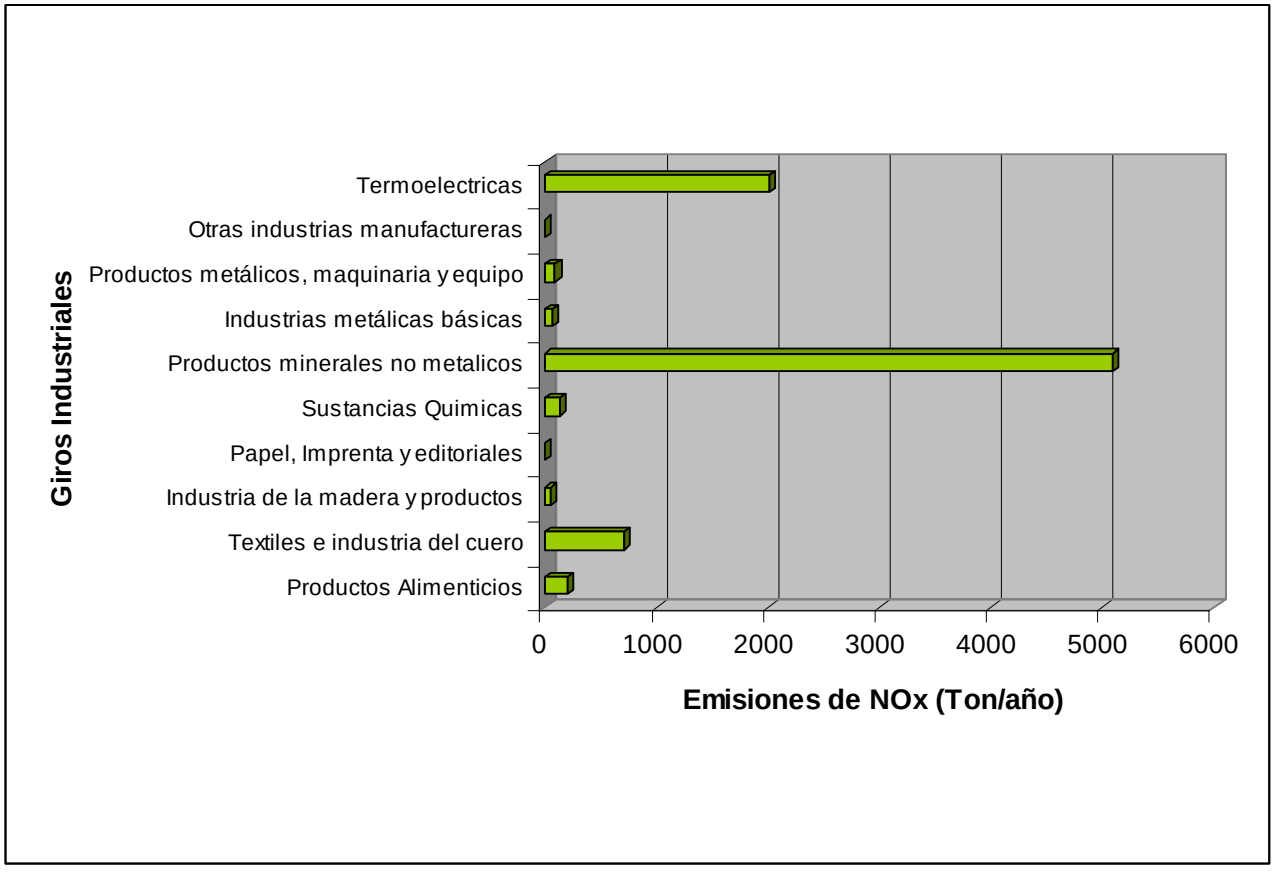


Figura 4.4. Emisiones de óxidos de nitrógeno generadas por cada giro industrial en la GAM, 2007.

En la tabla 4.3, se observa que el 4% de la industria contribuye con el 61% de las emisiones de NOx. Esto nos indica que tan sólo 21 industrias consumen la mayor parte del combustible que se distribuye en la GAM.

Gases Orgánicos Reactivos

En la figura 4.5 se puede observar que los principales giros industriales que contribuyen la emisión de Gases Orgánicos Reactivos (GOR), son la industria química, seguida de los productos alimenticios; éstos giros contribuyen con 7482 Ton/año y representan alrededor del 71,2% de las emisiones industriales, destacando la industria química con más de 6352 ton/año; los giros restantes contribuyen con 3029 ton/año. El comportamiento anterior es similar al de las emisiones de GOT; esto se debe a que los GOR forman parte de los GOT.

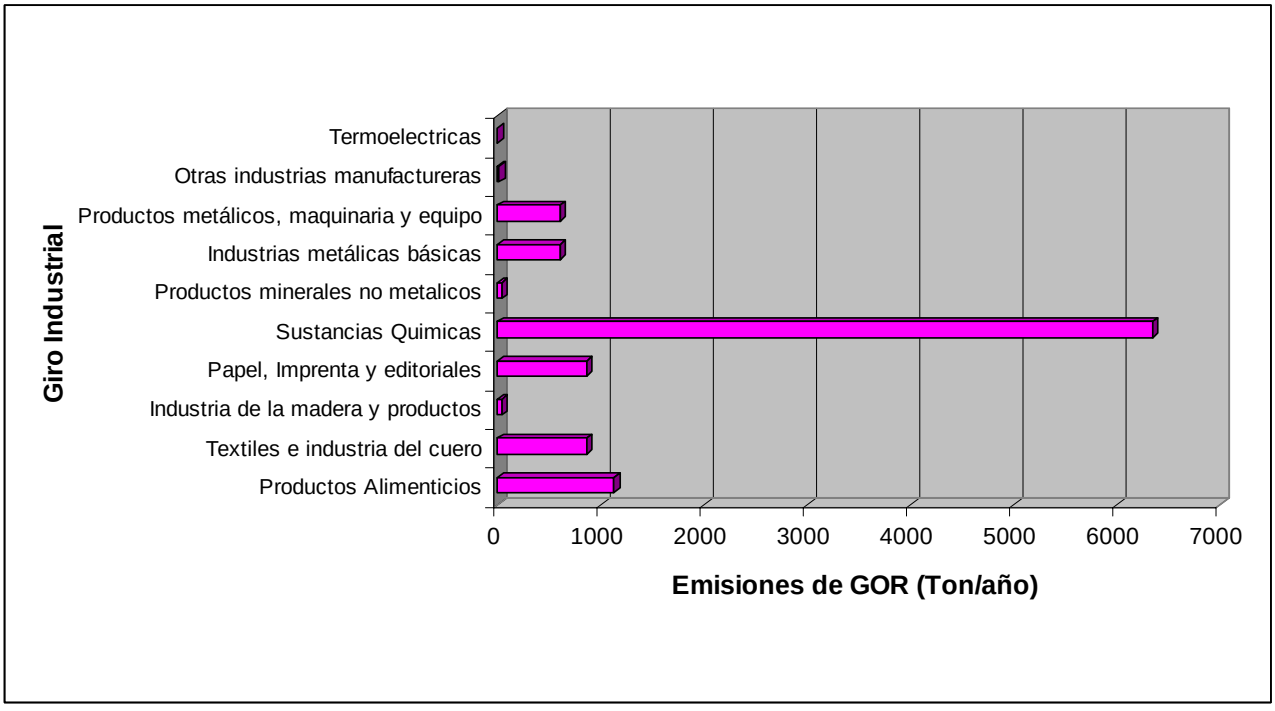


Figura 4.5. Emisiones de Gases Orgánicos Reactivos generadas por cada giro industrial en la GAM, 2007.

4.3. Distribución de las emisiones de fuentes fijas por Municipio del Área Metropolitana

Las emisiones totales estimadas para la industria por municipio del Área Metropolitana se muestran en la tabla 4.4, y cabe mencionar, que el 29,6% de los contaminantes criterio que se emiten en el Área Metropolitana por fuentes fijas, se generan por las industrias ubicadas en el cantón central de San José, seguidos del cantón central de Cartago y Belén con un aporte de 13,1 y 11,2%.

Tabla 4.4. Distribución Geográfica de las emisiones de fuentes fijas de la GAM, 2007

Provincia	Cantón	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_x	GOT	GOR	$PM_{10\ p}$	GOR $_p$
Alajuela	Atenas	1,911	1,245	31,67	0,549	6,036	0,14	0,116	0,293	7,169
	Central	29,52	10,32	2453	30,66	340,8	3,97	3,655	134,6	862,3
	Grecia	3,158	2,152	47,15	3,573	15,15	0,633	0,553	3,811	61,34
	Poás	15,92	10,37	263,8	4,57	50,26	1,17	0,97	2,437	59,7
Cartago	Central	125,2	95,89	9397,3	52,9	563	6,9	6,61	55,98	812,76
	El Guarco	7,85	5,55	81,77	5,72	23,12	1,1	0,878	3,74	72,07
	La Unión	4,8	3,13	78,94	1,642	15,87	0,39	0,325	3,63	121,87
	Oreamuno	0,246	0,16	4,079	0,072	0,782	0,018	0	0	0
	Paraíso	40,84	11,96	6439,7	17,17	667,7	3,58	3,32	0	0
Heredia	Barva	0,026	0,026	0	0,118	0,856	0,032	0,021	0	0,277
	Belén	65,88	29,47	6978	74,43	796,6	10,37	10,2	63,27	757,2
	Central	59,69	37,08	2384	47,36	362,2	6,27	6,31	88,45	2353
	Flores	29,63	23,18	21,91	23,35	34,78	3,53	3,39	3,76	105,54
	San Isidro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	San Pablo	0,002	0,002	0,01	0,01	0,052	0,001	0,001	0,017	2,941

Provincia	Cantón	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_x	GOT	GOR	$PM_{10\ p}$	GOR $_p$
	San Rafael	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sta. Bárbara	0,002	0,002	0,01	0,01	0,052	0,001	0,001	0,017	2,941
	Sto. Domingo	0,354	0,334	69,2	2,9	6,88	0,447	0,375	4,866	201,4
San José	Alajuelita	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aserrí	16,46	10,72	272,89	4,727	51,99	1,209	1,001	2,521	61,765
	Central	191,3	85,94	13030	82,55	2170	17,63	17,08	63,77	6727
	Curridabat	4,31	3,17	47,46	6,71	17,21	1,07	0,45	7,19	472,69
	Desamparados	47,07	14,24	7835,9	22,54	749,2	4,27	4,07	1,38	32,36
	Escazú	0,5	0,3	7,2	0,62	2,2	0,1	0	0,5	4,7446
	Goicoechea	20,5	15,9	34,1	16,9	30,7	2,6	2,3	10,1	686,61
	Montes de Oca	9,7	6,4	155,9	5,6	34,5	1,1	0,92	4,5	856
	Mora	0,07	0,069	0,031	0,702	1,375	0,096	0,07	0,848	27,79
	Moravia	0,1	0,1	1,3	0,5	1,3	0,1	0	0,5	14,492
	Tibás	39	25,2	1645,8	80,3	2267	7,3	7,12	19,5	592
	Santa Ana	18,32	9,68	1345	6,49	143,4	1,487	1,432	7,65	213,3
	Vásquez de Coronado	1,203	0,947	0,048	0,954	1,26	0,258	0,073	0,11	1,1621
Total		**733,56**	**403,54**	**52626,4**	**493,63**	**8354,3**	**75,77**	**71,24**	**483,44**	**15110,66**

El análisis de las emisiones de fuentes fijas por municipio y contaminante, indica una mayor generación de emisiones de dióxido de azufre en 8 cantones de la GAM que representan el 95,5% del total de este contaminante, siendo los principales generadores San José, Cartago y Desamparados (figura 4.6).

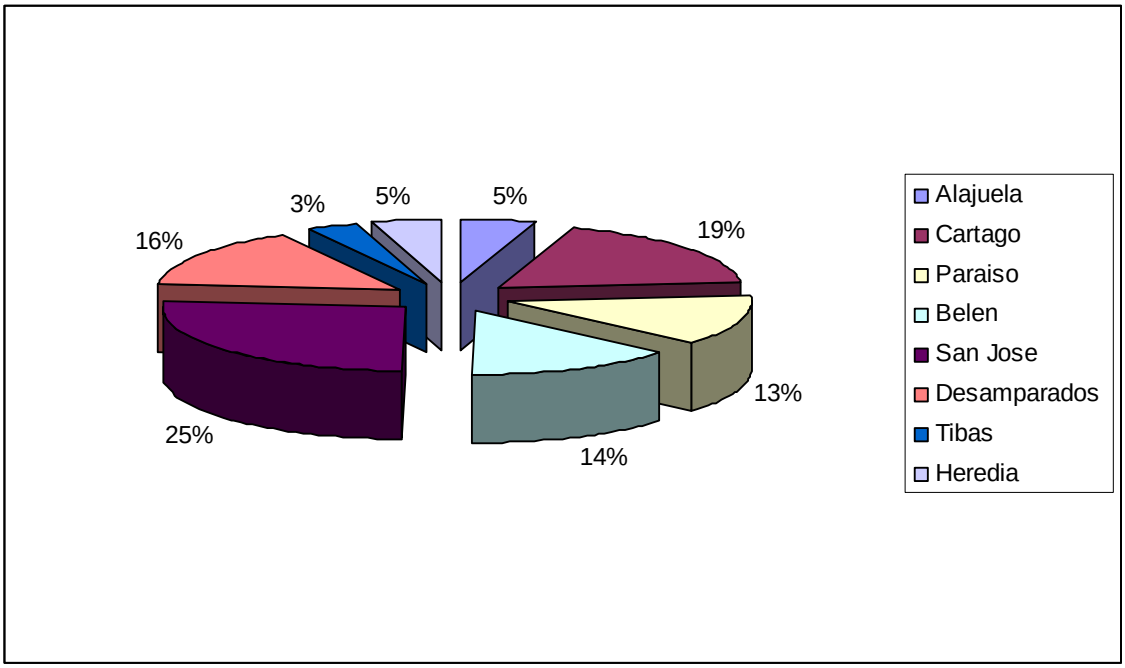


Figura 4.6. Contribución porcentual a las emisiones de SO_2 por fuentes fijas generadas en los municipios de la GAM, 2007.

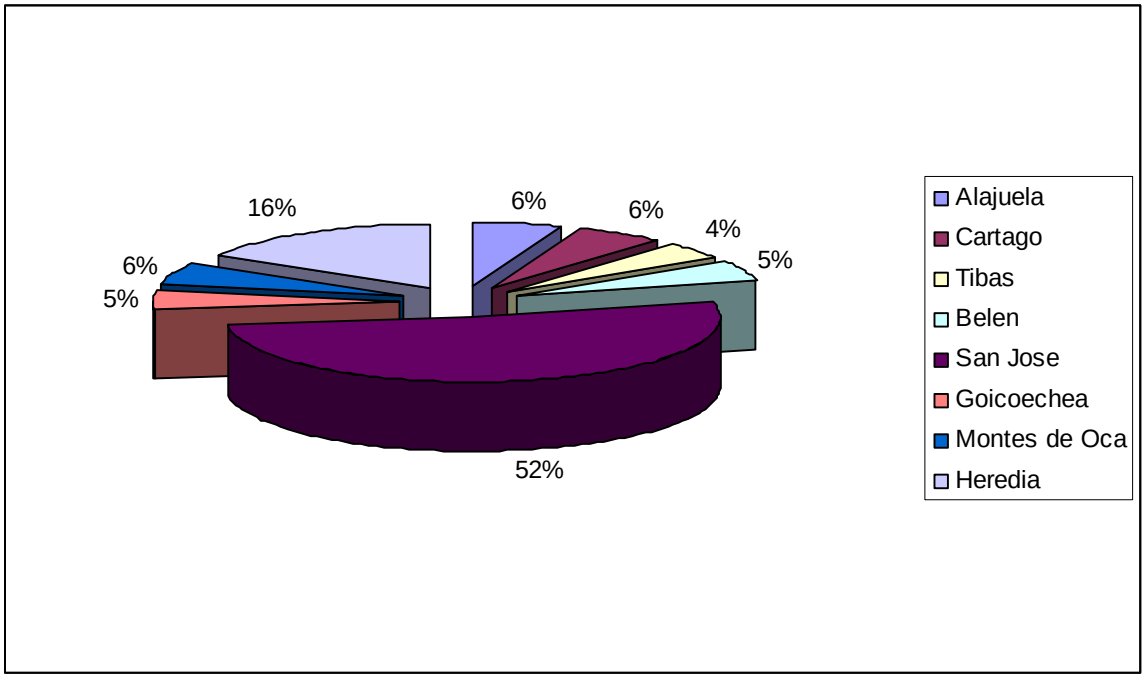


Figura 4.7. Contribución porcentual a las emisiones de GOR por fuentes fijas generadas en los municipios de la GAM, 2007.

Al analizar la distribución geográfica de otro contaminante criterio como los GOR (figura 4.7) se puede observar, que el aporte del cantón de San José totaliza un 52% seguido de Heredia, Alajuela, Montes de Oca y Cartago con un 15, 5,41, 5,36 y 5,14 respectivamente, indicando que se pueden presentar variaciones al analizar la distribución de varios contaminantes dependiendo del tipo de industria ubicada en cada cantón.

5. FUENTES DE AREA

Las fuentes de área del Área Metropolitana de Costa Rica, son numerosas y dispersas como para que sus emisiones sean incluidas individualmente en el inventario, por lo que se agrupan en categorías de emisión, las cuales están integradas por subcategorías, que a su vez puede incluir varias modalidades, las categorías de emisión de las fuentes de área se muestra en la Tabla 5.1.

5.1. Metodología de las fuentes de área

En general, se aplicó la metodología de estimación de emisiones propuesta en los manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México (Radian Internacional, 1997). Los procedimientos para estimar las emisiones de este sector son variados, debido a que las fuentes emisoras involucran tanto procesos de combustión, como de degradación biológica, fugas de combustibles y evaporación de solventes, entre otros. En la mayoría de las categorías de fuentes de área se estimaron las emisiones de los compuestos orgánicos totales y volátiles, sólo en aquellas actividades donde se realizan procesos de combustión se estimaron las partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros, dióxido de azufre, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, así como el amoniaco y las emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ resuspendidas por el tránsito de vehículos en las carreteras. En los cálculos de emisiones se utilizaron factores de emisión *per cápita*, por nivel de actividad y factores provenientes de modelos, tales como: el Landfill1, Tanks 2 y Faeed 3, desarrollados por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (US-EPA). En la medida que los factores de emisión y los modelos lo permiten, estos fueron corregidos con los parámetros meteorológicos y condiciones existentes en el Área Metropolitana de Costa Rica.

Tabla 5.1 Descripción de las fuentes de área incluidas en el Inventario de Emisiones

Categoría	Subcategoría	Modalidad
Quemado de combustibles en fuentes estacionarias	Combustión Residencial	GLP, Leña, Queroseno
	Combustión Comercial	GLP, Leña, Diesel, Fuel Oil
	Combustión Industrial	GLP, Leña, Queroseno, Fuel Oil, Bagazo, Diesel, Gasoleo
	Combustión en Sector Público	Diesel, Fuel Oil
	Combustión en Sector Transporte	GLP
Fuentes móviles que no circulan por carreteras	Ferrocarriles	Diesel
	Operación de Aeronaves	AV Gas
	Terminal de autobuses de pasajeros	Diesel (Terminales y Paradas de autobuses a cielo abierto)
Uso de disolventes	Recubrimiento de superficies arquitectónicas	Base agua, Base disolvente
	Pintado de Carrocerías	Disolventes en general
	Pintura de Tráfico	Disolventes en general
	Uso doméstico de disolventes	Productos en aerosol
		Productos domésticos
		Productos de cuidado personal
		Productos de cuidado automotor
		Adhesivos y selladores
		Pesticidas comerciales
		Productos misceláneos
	Lavado en seco	Percloroetileno
	Artes Gráficas	Disolventes en general
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	Distribución de gasolina	Pipas en tránsito, con carga
		Pipas en tránsito, sin carga
		Recarga de tanques de almacenamiento
		Respiración de tanques de almacenamiento
		Recarga de combustible en vehículos
		Derrames en recarga de vehículos
	Carga de combustibles en aeronaves	AV Gas
	Distribución y almacenamiento de GLP	
	-Terminales de almacenamiento	Descarga de semirremolques
		Almacenamiento
		Carga de auto-tanques
		Carga de tanques portátiles
	-Distribución	Descarga en tanques estacionarios
		Distribución y venta de recipientes portátiles

Fuentes Industriales ligeras y comerciales	Panaderías Esterilización en Hospitales Actividades de construcción	Fermentación Uso de disolventes Polvo
Actividades Agrícolas	Plaguicidas Aplicación de fertilizantes Desechos de animales Labranza Agrícola	Ingredientes activos e inertes Amoníaco Amoníaco Partículas
Manejo de Residuos	Quema de basura domiciliaria a cielo abierto Rellenos sanitarios Tratamiento de aguas residuales	Desechos ordinarios Municipales no peligrosos Domésticas e industriales
Fuentes de área misceláneas	Emisiones domésticas de amoníaco Incendio de construcciones Incendio Forestales Polvo de caminos pavimentados Polvo de caminos no pavimentados	Pañales Mascotas Respiración Humana Transpiración Humana Desechos Humanos Uso doméstico de amoníaco Humo de cigarrillos Por tipo de estructura y área quemada Por tipo de vegetación Tránsito intenso, Tránsito escaso Tránsito intenso, Tránsito escaso

La información disponible fue analizada con el objetivo de determinar el nivel de actividad asociado al factor de emisión y/o la aplicación del modelo respectivo a la fuente emisora. La información fue obtenida de varias instituciones, entre ellas, la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección Sectorial Energía del MINAET, Consejo de Transporte Público del MOPT, Refinadora Costarricense de Petróleo, Dirección General de Aviación Civil del MOPT, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, entre otras.

5.2. Emisiones anuales de las fuentes de área:

En el Área Metropolitana de Costa Rica, las fuentes de área en el año 2007, emitieron aproximadamente 103581,5 toneladas de contaminantes, de los cuales, los más abundantes son los GOT, que representan el 62,4%, mientras que los NOx y el NH_3, en conjunto representan sólo el 5,6%. En la figura 5.1 se muestran las emisiones de los contaminantes criterio en porcentaje y peso.

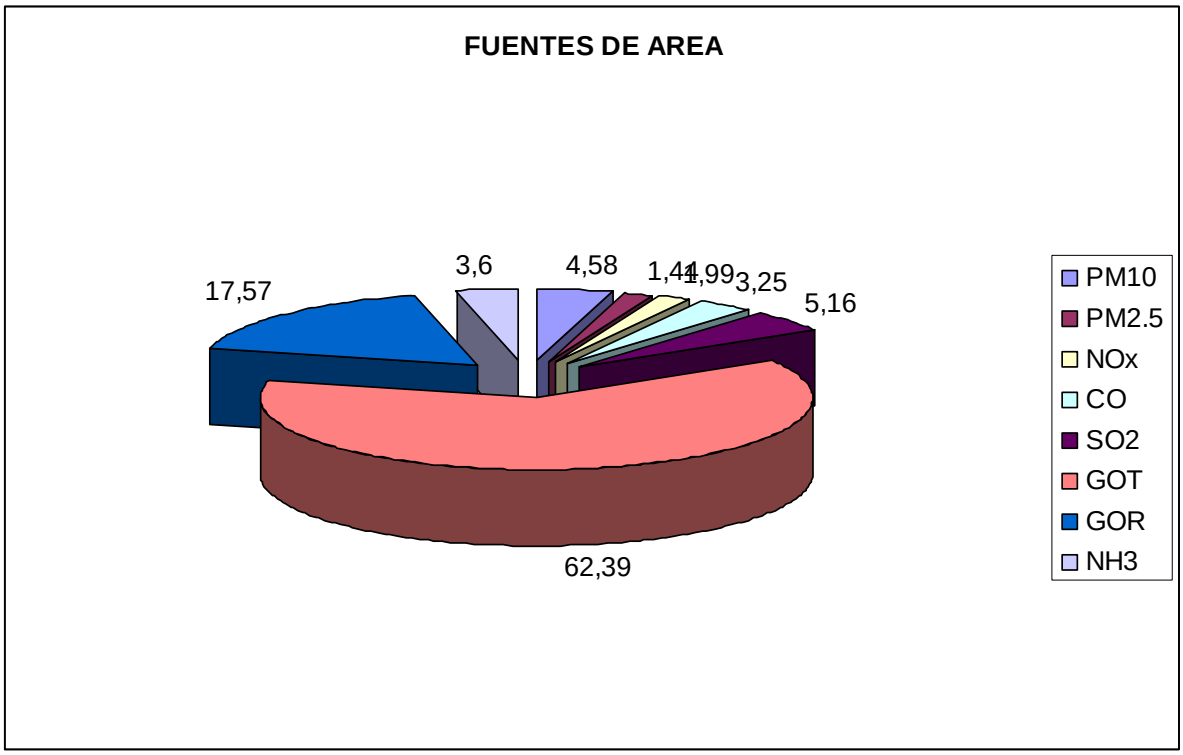


Figura 5.1. Distribución de contaminantes emitidos por fuentes de área en el Área Metropolitana de Costa Rica, 2007

Es importante mencionar, que de las 64627 toneladas de COT que generan las fuentes de área, el 28% son compuestos orgánicos volátiles y aproximadamente el 59% corresponden a metano; y de las 4 747 toneladas de partículas menores a 10 µm (PM10) que emiten las fuentes de área, el 32% son menores a 2.5 µm, y las vialidades no pavimentadas son los principales emisores. Para mayor detalle sobre las emisiones contaminantes generadas por cada una de las fuentes que integran este sector, ver la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Inventario de emisiones de fuentes de área

Categorías	PM $_{10}$ Ton/año	PM $_{2,5}$ ton/año	NOx ton/año	SO_2 ton/año	CO ton/año	NH_3 ton/año	GOT ton/año	GOR ton/año
Quemado de combustibles en fuentes estacionarias								
Combustión residencial								
GLP	2,09	2,09	66,34	0,75	9,18		2,532	1,636
Leña	2,52	2,43	0,23	0,033	19,05		10,54	4,37
Queroseno	0,024	0,018	1,93	4,15	0,54		0,109	0,076
Total	**4,634**	**4,538**	**68,5**	**4,933**	**28,77**		**13,181**	**6,082**
Combustión Comercial								
Diesel	1,95	1,49	35,51	69,53	8,88		0,8	0,6
Fuel Oil	0,117	0,043	1,04	5,456	0,09		0,022	0,021
GLP	0,366	0,366	11,63	0,131	1,61		0,444	0,287
Leña	10,99	10,59	1,01	0,144	82,96		45,9	19,05
Total	**13,423**	**12,489**	**49,19**	**75,261**	**93,54**		**47,166**	**19,958**
Combustión Industrial								
Bagazo	90,991	90,991	80,29					
Gasoleo	65,03	33,29	185,8	2898,34	46,45		5,19	3,64
Leña	234,1	225,4	135,06	6,75	1224,52		19,81	8,22
Queroseno	0,044	0,01	0,96	1,25	0,2		0,011	0,008
Total	**390,16**	**349,691**	**402,11**	**2906,34**	**1271,17**		**25,011**	**11,868**
Combustión Sector Público								
Diesel	0,24	0,057	5,66	9,23	1,18		0,067	0,047
Fuel Oil	1,85	0,687	16,43	86,28	1,49		0,353	0,338
Total	**2,09**	**0,744**	**22,09**	**95,51**	**2,67**		**0,42**	**0,385**
Combustión Sector Transporte								
GLP			96,2		597,3		91,79	59,3
Total			**96,2**		**597,3**		**91,79**	**59,3**
TOTAL DE CATEGORIA	**410,312**	**367,462**	**638,09**	**3082,044**	**1993,45**		**177,568**	**97,593**
Almacenamiento y Transporte de Derivados del Petróleo								
Distribución de Gasolina								
Transporte							0,06	0,06
Descarga de Pipas en estaciones de servicio							546,24	546,24
Respiración de Tanques Subterráneos							62,62	62,62
Recarga de gasolina en vehículos							563,04	563,04

Categorías	PM $_{10}$ Ton/año	PM $_{2,5}$ ton/año	NOx ton/año	SO_2 ton/año	CO ton/año	NH_3 ton/año	GOT ton/año	GOR ton/año
Derrames							41,75	41,75
Total							**1213,71**	**1213,71**
Recarga de combustibles en aeronaves								
Recarga de AV Gas							3,76	3,76
Total							**3,76**	**3,76**
Distribución de GLP								
Almacenamiento							18,8	18,5
Carga de Autotanques							1,04	1,03
Descarga de Semiremolques							18,8	18,5
Llenado de Recipientes Portátiles							29,89	29,41
Estaciones de servicio							21,65	21,3
Tanques estacionarios							1,05	1,03
Total							**91,23**	**89,77**
TOTAL DE CATEGORIA							**1308,7**	**1307,24**
Fuentes móviles que no circulan por carreteras								
Ferrocarriles								
Diesel	0,436	0,407	18,394	1,327	2,334		0,778	0,756
Total	**0,436**	**0,407**	**18,394**	**1,327**	**2,334**		**0,778**	**0,756**
Aeronaves								
Aeropuerto Tobías Bolaños	2,392	2,313	27,264	0,00032	143,71		70,74	67,91
Aeropuerto Internacional Juan Santamaría	4,256	4,115	365,98	0,0073	881,7		622,83	597,92
Total	**6,648**	**6,428**	**393,244**	**0,00762**	**1025,41**		**693,57**	**665,83**
Terminales de autobuses								
Terminales de autobuses	2,27	2,04	881,74	265,7	479,9	0,198	113,36	105,97
Total	**2,27**	**2,04**	**881,74**	**265,7**	**479,9**	**0,198**	**113,36**	**105,97**
TOTAL DE CATEGORIA	**9,354**	**8,875**	**1293,378**	**267,0346**	**1507,644**	**0,198**	**807,708**	**772,556**
Uso de disolventes								
Artes Gráficas							997,58	997,58
Lavandería en Seco							1498,13	868,91
Pintado de carrocerías							349,15	341,67
Pintado de superficies arquitectónicas							3391,76	2950,33
Vialidades demarcadas							0,721	0,712
Señales de Tránsito							0,053	0,0521
Uso doméstico de solventes							11422,25	7881,35
TOTAL DE CATEGORIA							**17659,64**	**13040,6**
Actividades Agrícolas								

Categorías	PM $_{10}$ Ton/año	PM $_{2,5}$ ton/año	NOx ton/año	SO_2 ton/año	CO ton/año	NH_3 ton/año	GOT ton/año	GOR ton/año
Plaguicidas							132,9	132,9
Fertilizantes						169,26		
Desechos de animales						1213,4		
Labranza Agrícola	922,95	204,62						
TOTAL DE CATEGORIA	**922,95**	**204,62**				**1382,66**	**132,9**	**132,9**
Fuentes industriales ligeras y comerciales								
Panaderías							311,74	311,74
Esterilización en hospitales							1,58	1,58
Actividades de construcciòn	254,71	52,94						
TOTAL DE CATEGORIA	**254,71**	**52,94**					**313,32**	**313,32**
Manejo de Residuos								
Quema de basura domiciliaria a cielo abierto	807,9	739,9	127,2	21,3	1807,2		1010,3	637,8
Tratamiento de aguas residuales							157	144
Rellenos Sanitarios					20,2		43057,6	1754,7
TOTAL DE CATEGORIA	**807,9**	**739,9**	**127,2**	**21,3**	**1827,4**		**44224,9**	**2536,5**
Fuentes de área misceláneas								
Uso doméstico de amoníaco								
Pañales						90,05		
Emisiones debidas a gatos						256,3		
Emisiones debidas a perros						1251,5		
Respiración Humana						3,99		
Transpiración Humana						623,5		
Desechos Humanos						57,36		
Uso doméstico de amoníaco						57,36		
Humo de cigarrillos						14,2		
Total						**2354,26**		
Incendios Forestales	0,77	0,73	0,19		6,49		1,59	1,11
Incendios en construcciones	0,39	0,364	0,147		6,19		0,549	0,38
Polvo en caminos pavimentados	294,6							
Polvo en caminos no pavimentados	2046,5	122,4						
TOTAL DE CATEGORIA	**2342,26**	**123,494**	**0,337**		**12,68**	**2354,26**	**2,139**	**1,49**
TOTAL GENERAL	**4747,5**	**1497,3**	**2059,0**	**3370,4**	**5341,2**	**3737,1**	**64626,9**	**18202**

5.3. Emisiones de las fuentes de área por contaminante

A continuación se describe a mayor detalle las emisiones de los contaminantes criterio evaluados, así como sus principales generadores.

5.3.1. Partículas PM_{10} y $PM_{2,5}$

Las emisiones de partículas dentro de las fuentes de área son principalmente de origen geológico, siendo las vialidades no pavimentadas, la quema de basura a cielo abierto y la labranza agrícola las que contribuyen con el 79,6% y 71,3% de PM_{10} y $PM_{2.5}$ respectivamente. Por otra parte, en las emisiones generadas por combustión (se incluye al diesel, GLP, Fuel Oil, Leña, etc), sólo son importantes las emisiones de $PM_{2.5}$ con el 23,5% y en el caso del material que se consume en la quema de basura a cielo abierto, aporta cerca del 17% y del 49,4% de las emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ respectivamente (ver figura 5.2).

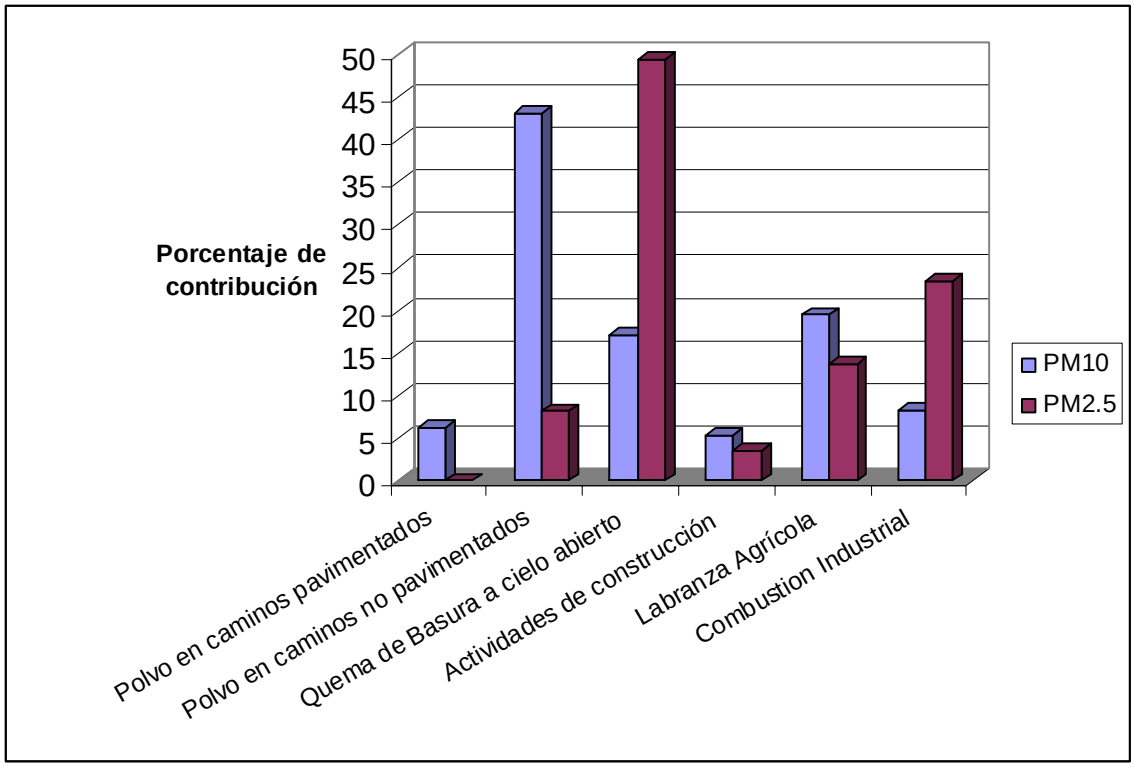


Figura 5.2. Principales contribuidores a las emisiones de PM_{10} y $PM_{2,5}$

5.3.2. Óxidos de nitrógeno

De aproximadamente 2059 toneladas de NOx que se emiten en las fuentes de área, el 31% se generan durante el proceso de combustión en fuentes estacionarias, donde se consume principalmente diesel, fuel oil, GLP y leña. Las fuentes móviles que no circulan por carreteras emiten el 62,8% (terminales de autobuses 68% y la operación de aeronaves el 30%); cabe mencionar que las emisiones generadas en la operación de ferrocarriles y por eventos no predecibles como son los incendios forestales y estructurales, suman menos del 2%.

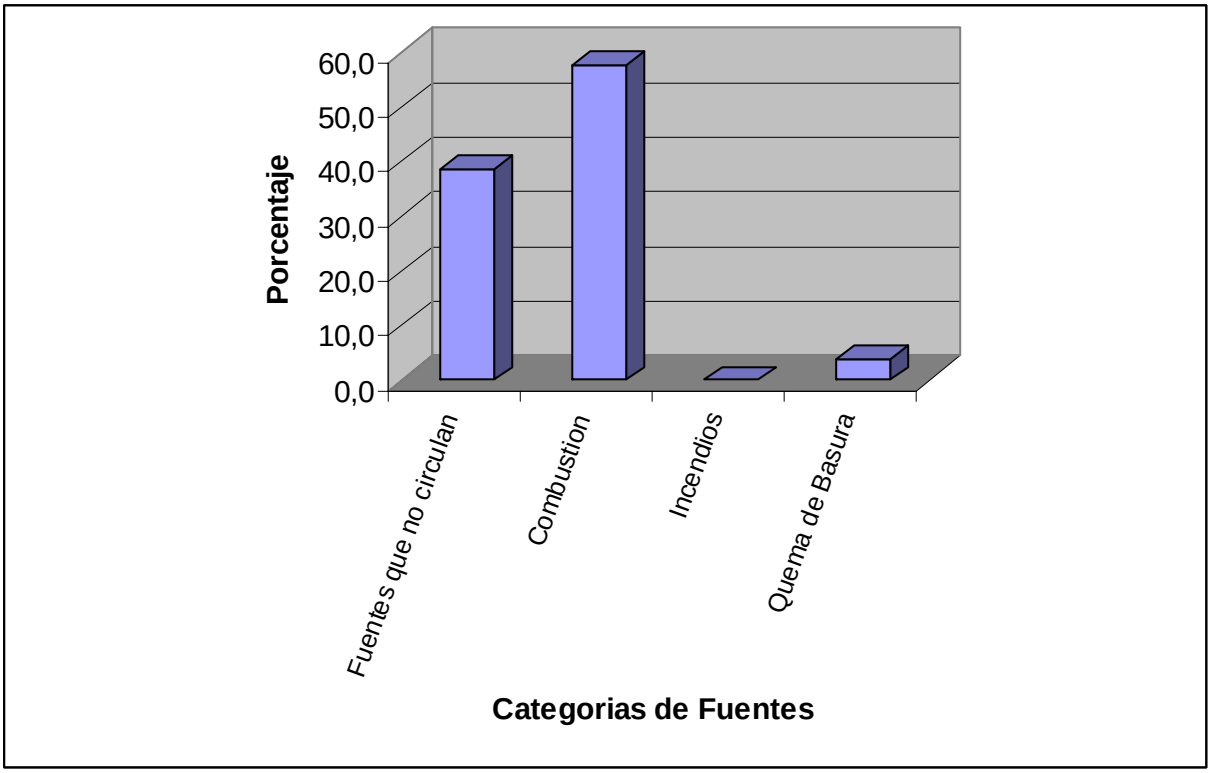


Figura 5.3. Principales contribuidores a las emisiones de NO_x

5.3.3. Gases orgánicos totales y reactivos

De las emisiones de GOT en fuentes de área, el 66,7% se genera por la degradación de residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios y su mayoría es CH_4 (72%); otra

cantidad importante de COT proviene de los diferentes productos comerciales utilizados para el cuidado personal, de los adhesivos y selladores, catalogados como *uso de solvente,* los cuales en conjunto emiten el 27%. Por el almacenamiento, transporte y uso de derivados del petróleo, se emitió el 2%, en su mayoría por emisiones evaporativas generadas por componentes de la gasolina (Figura 5.4).

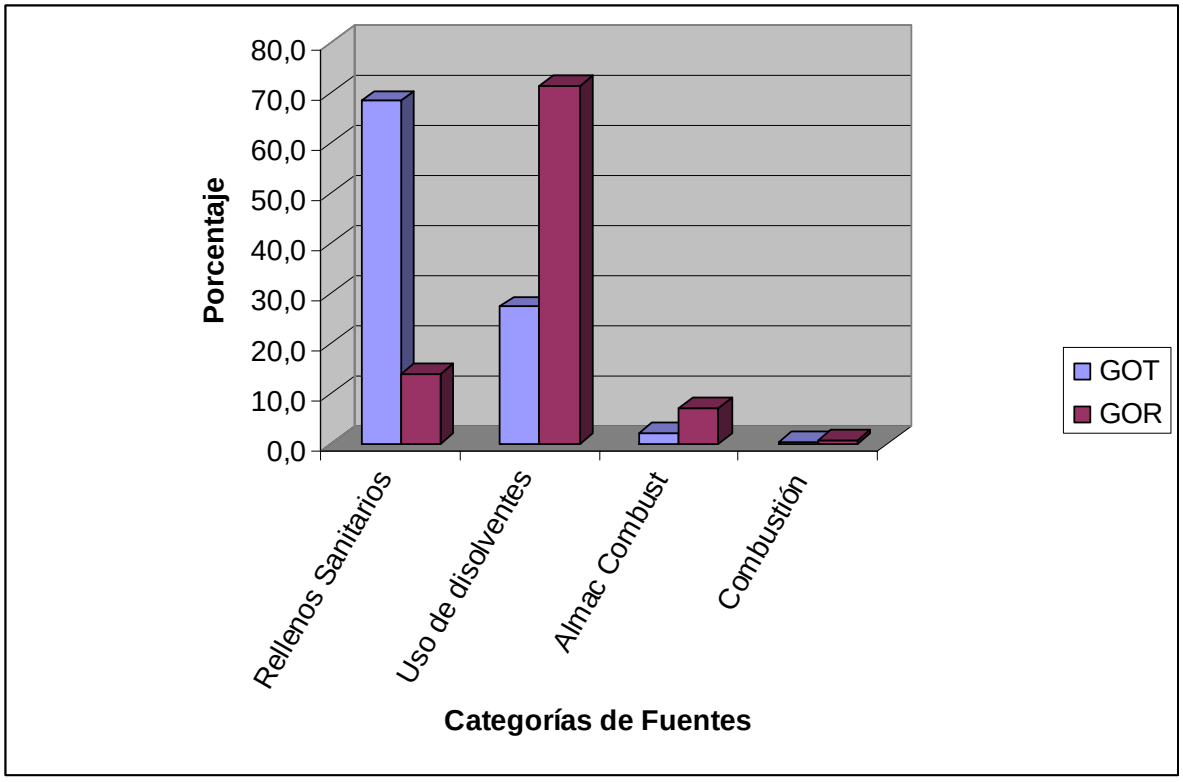


Figura 5.4. Principales contribuidores a las emisiones de GOT y GOR

5.3.4. Monóxido de Carbono

Las emisiones de CO generadas en fuentes de área provienen mayoritariamente de los procesos de combustión (39,1%) incluyendo leña, diesel, fuel oil, GLP como combustible. Otras categorías que presentan contribuciones importantes son la quema de basura a cielo abierto y las fuentes móviles que no circulan en carreteras contabilizando un 33,2% y 27,4% respectivamente, tal como se puede observar en la figura 5.5.

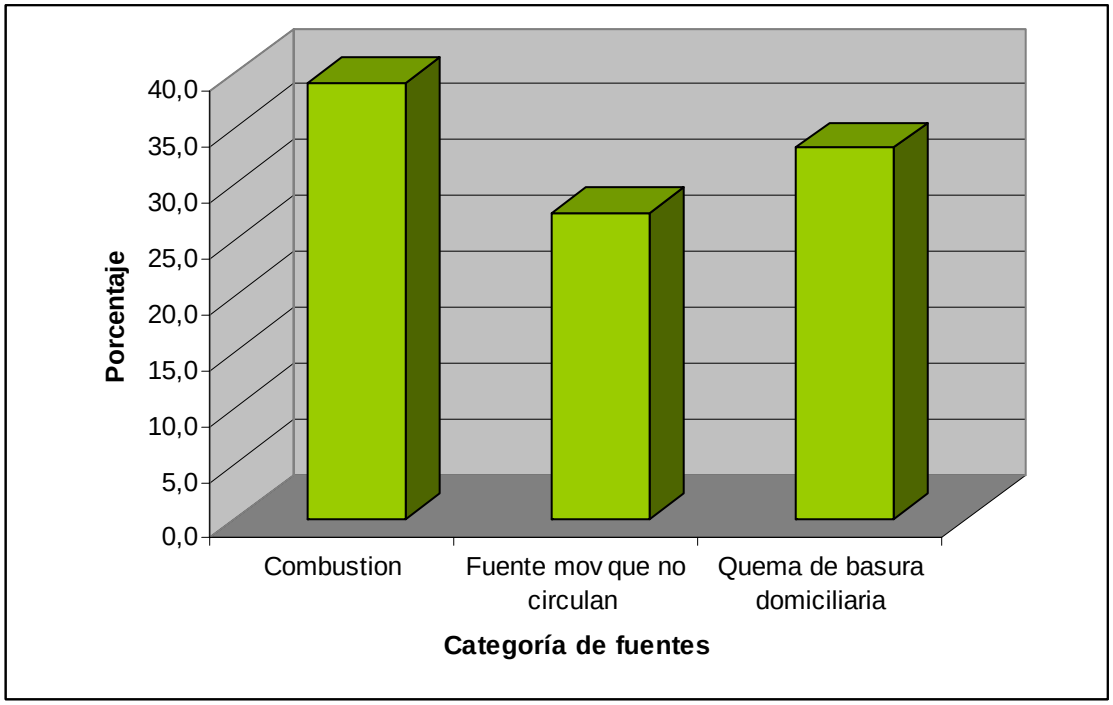


Figura 5.5. Principales contribuidores a las emisiones de CO

5.4 Emisiones por categoría de las fuentes de área

A continuación se analizan algunas categorías que incluyen fuentes emisoras de alta contribución o que tienen un potencial importante para afectar la calidad del aire.

Emisiones por combustión de fuentes estacionarias

En esta categoría se incluye las emisiones generadas por la combustión de 37 868 m^3 de GLP y 165053 kg de leña, volumen que se utilizó en el sector habitacional. Para el caso del sector comercial (ejemplo: hoteles, restaurantes, tintorerías, etc), se tiene un consumo de 14795 m^3 de diesel, 157,4 m^3 de Fuel oil, 6639 m^3 de GLP y 718,9 toneladas de leña; los cuales fueron utilizados en calderas pequeñas, hornos entre otros. Además se incluyen las emisiones de algunas industrias, que no fueron incluidas en el inventario de fuentes puntuales.

Los consumos de combustibles mencionados, fueron obtenidos a partir del balance y distribución de energía en el país reportado por la Dirección Sectorial Energía del MINAET. El contaminante más abundante en esta categoría que se muestra en la figura 5.6 es el SO_2, y la aportación de éste contaminante es mucho mayor para el sector comercial e industrial debido al uso de cantidades mayores de diesel y fuel oil, los cuales poseen importantes concentraciones de azufre. En el caso de las emisiones que se originan en el sector residencial, el principal aporte se da en las emisiones de NOx cercano al 52%, las cuales son importantes debido a que se considera precursor de ozono.

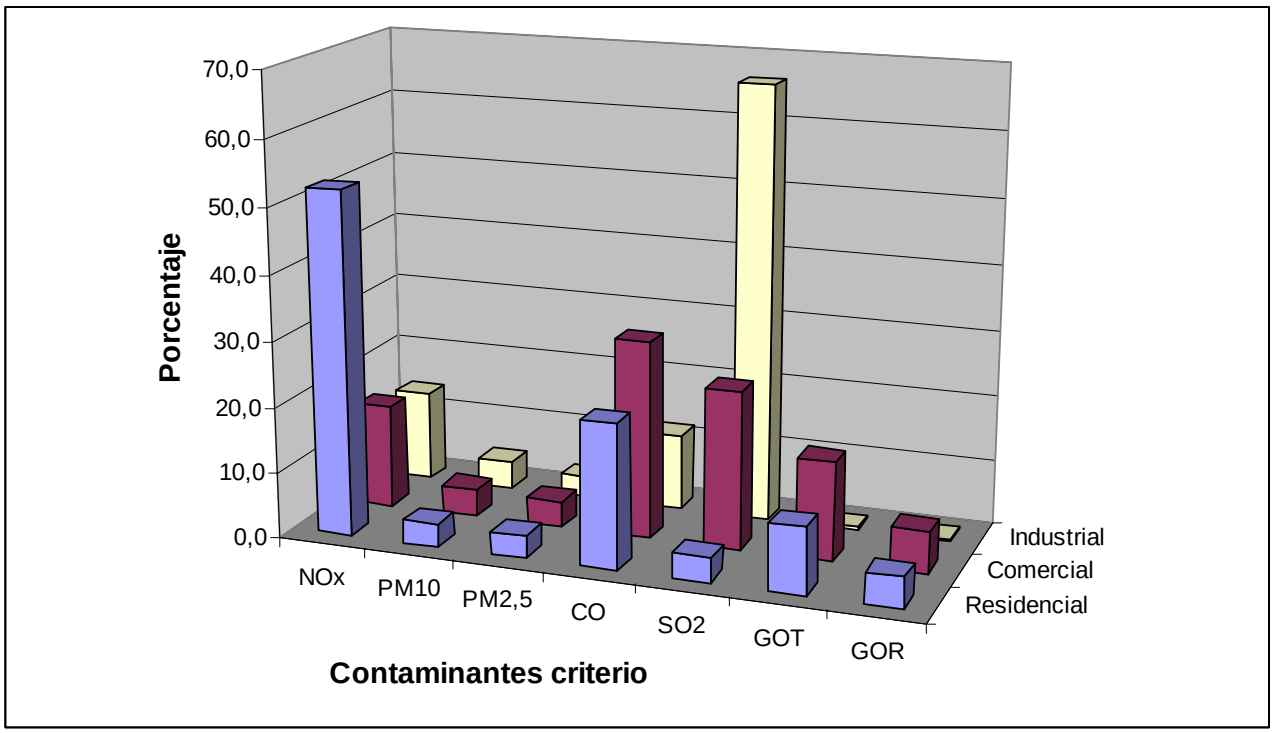


Figura 5.6. Emisiones por combustión en fuentes estacionarias

Emisiones por uso de disolventes

En el área metropolitana de Costa Rica se realizan numerosas actividades que utilizan disolventes en pequeñas cantidades, o productos que los contienen y que posteriormente se evaporan, entre las más importantes por su emisión de GOT se pueden mencionar: el

uso comercial y doméstico de solventes; productos para la limpieza de superficies industriales, los recubrimientos de superficies arquitectónica, la limpieza en seco, así como el sector de artes gráficas. Como se puede apreciar en la figura 5.7., de las categorías mencionadas el sector que genera más emisiones es el uso comercial y doméstico de solventes.

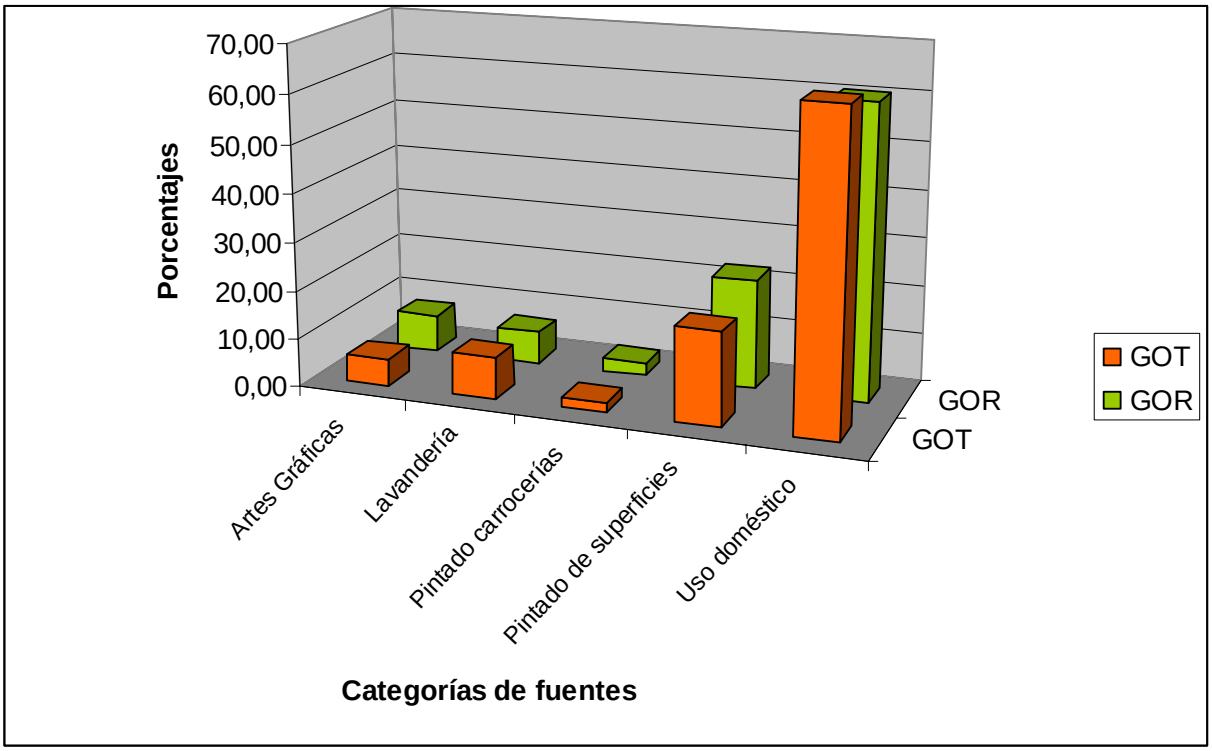


Figura 5.7. Emisiones de GOT y GOR por uso de disolventes

Emisiones por manejo de residuos sólidos

En el país persiste un modelo de manejo de residuos sólidos que consiste en recolectar en forma indiscriminada los materiales, transportarlos y verterlos en rellenos sanitarios en el mejor de los casos, o bien en botaderos o vertederos. El 92 % de las municipalidades con elevada población urbana (más de un 70 % de población urbana) están disponiendo sus RSD en rellenos sanitarios (Estado de la Nación, 2008).

De los residuos sólidos generados en el Área Metropolitana, el 5% es recuperado mientras que el 95% restante es quemado a cielo abierto o colocado en rellenos sanitarios como

sitios de disposición final, en el cual y debido a la actividad microbiana, se genera CH_4 y otros gases como producto de la descomposición anaerobia de la basura.

Para el año 2007, existían en el país 4 rellenos sanitarios operando, cuya vida media es 15 a 20 años, el relleno sanitario de Río Azul agotó su capacidad y desde julio del 2007 se inició su proceso de cierre técnico. En la tabla 5.3 se muestran las emisiones de CO, GOT y GOR generadas en los rellenos sanitarios presentes en el Área Metropolitana de Costa Rica.

Tabla 5.3. Emisiones generadas por los rellenos sanitarios en el Área Metropolitana de Costa Rica estimadas con el Modelo LANDFILL v 3.02, 2007.

Relleno Sanitario	CO (ton/año)	GOT (ton/año)	GOR (ton/año)
Los Mangos	4,5	9666,4	398,4
Los Pinos	0,69	1448,7	39,8
EBI La Uruca	3,40	7244,5	298,5
Rìo Azul	11,6	24698	1018
Total	20,2	43057,6	1754,7

Fuentes de área misceláneas

El amoniaco (NH_3), como parte del ciclo del nitrógeno, es uno de los principales contribuyentes de la formación de aerosoles en la atmósfera; por ejemplo, el ión amonio reacciona rápidamente con nitratos, sulfatos o con otros aniones para formar partículas. La estimación de éste compuesto es importante debido a que pueden influenciar los

niveles amonio presentes en las partículas generadas en el Área Metropolitana (Herrera y Rodríguez, 2008). Las emisiones de amoniaco individualmente se consideran pequeñas, sin embargo, debido a la gran cantidad de estas fuentes en el área metropolitana, el amoniaco generado ascienden a más de 3 737 toneladas al año y vale la pena mencionar, que el amoniaco doméstico representa el 77% del total en el área metropolitana (ver figura 5.8).

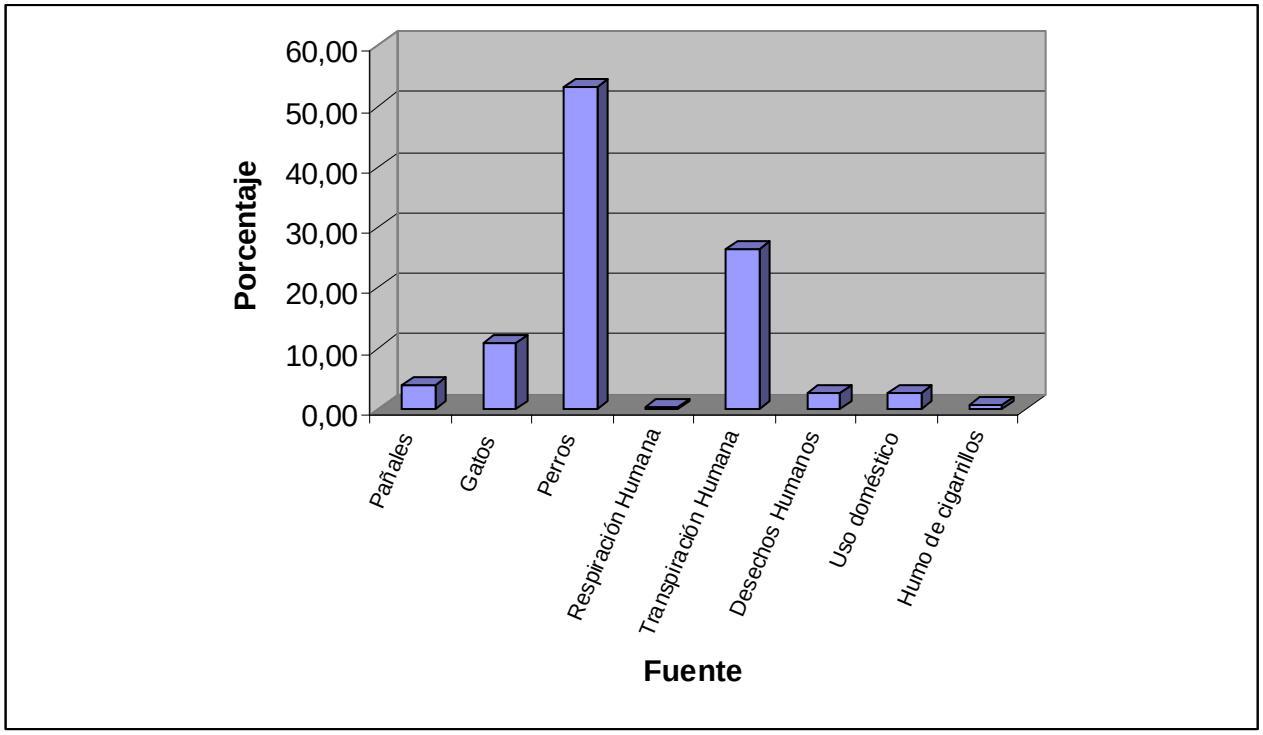


Figura 5.8. Contribución de las fuentes a las emisiones domésticas de amoníaco

El material particulado es uno de los principales problemas de la contaminación del aire, debido a las implicaciones para la salud humana originadas por la exposición a este contaminante. Cabe mencionar que en algunos estudios realizados durante el año 2007, por el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional (Herrera y Rodríguez, 2007), orientados a conocer la composición química de las partículas presentes en el Área Metropolitana, se ha encontrado que aproximadamente el 37% de PM_{10} son de origen geológico, los cuales provienen principalmente de las vialidades sin pavimentar y

del polvo resuspendido en vialidades pavimentadas y áreas sin vegetación. Con base en lo anterior, en ésta sección se estimaron las emisiones correspondientes a las vialidades y en el capítulo de fuentes naturales se evaluaron las generadas por la erosión eólica.

6. FUENTES MOVILES

Se consideran como fuentes móviles en carreteras a todas aquellas unidades motrices que sirven como medio de transporte. Durante el año 2007, estas fuentes consumieron 66 201 TJ de energía para impulsarse mediante un proceso de combustión, donde la energía química del combustible se transforma en energía mecánica; esta energía representa el 44,5% del total que se consumió en el país. El diesel y la gasolina representaron las dos categorías de fuentes más utilizadas en el sector transporte (tabla 5.1), con un 45,7% y 42,6% respectivamente durante ese mismo año (DSE, 2008)

Las fuentes móviles se caracterizan por ir de un lugar a otro y por lo tanto contaminan a lo largo de su recorrido. De los diversos contaminantes generados durante este proceso, en el presente inventario se evaluaron los siguientes: PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, CO, NO_X, GOT, GOR y NH_3.

Tabla 6.1. Consumo energético de las fuentes móviles por tipo de combustible en Costa Rica, año 2007

Tipo de combustible	Consumo Energético	
	TJ	%
Diesel	30252	45,7
Gasolina Regular	18997	28,7
Gasolina Súper	9226	13,9
Jet Fuel	7448	11,3
AV Gas	66	0,1
GLP	212	0,3

Fuente: Dirección Sectorial Energía, 2008

6.1. Metodología utilizada para la estimación de la emisión de fuentes móviles:

Para estimar las emisiones de las fuentes móviles carreteras se utilizó la metodología establecida en el Manual VI "Desarrollo de Inventario de Emisiones de Vehículos Automotores" del Programa de Inventarios de Emisiones para México. Esta metodología recomienda la utilización de factores de emisión, aplicados a los datos de actividad, que en el caso de las fuentes móviles son los Kilómetros Recorridos por los Vehículos (KRV).

Los factores que se utilizaron para estimar las emisiones de GOT, GOR, CO, NO_X, PM_{10}, $PM_{2.5}$ y NH_3, se obtuvieron del modelo MOBILE6, desarrollados por la US-EPA y adaptado a las condiciones de Costa Rica. Para estimar las emisiones de SO_2 se utilizó un balance de materiales a partir del consumo de combustible y su contenido de azufre en peso.

La flota vehicular considerada en este inventario también fue obtenida a partir de diferentes fuentes de información, como son:

-Departamento de Marchamos del Instituto Nacional de Seguros

-Registro Nacional

Los KRV recorridos por cada tipo de vehículo fueron calculados en base a una estimación de los kilómetros recorridos anualmente reportados en el *Estudio Encuesta del recorrido medio anual de los vehículos en circulación en Costa Rica Año 2009*, realizado por la Dirección Sectorial Energía del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (DSE, 2009).

Para el presente estudio, la actividad se obtuvo como un promedio de las siguientes cuatro técnicas de cálculo de KRV: 1) estimación según sticker y odómetro, 2) estimación según declaración de la marca del odómetro cuando se compró el automotor y el día de la entrevista, 3) estimación según declaración del rendimiento del vehículo en kilómetros por galón y 4) estimación según llamada posterior al conductor.

6.2. Flota Vehicular:

La flota vehicular que se utilizó para evaluar las emisiones del presente inventario, se estimó en cerca de 729 805 vehículos, la cual corresponde al total de los vehículos que circulan por el país. Del total de la flota vehicular del país, se consideró que un 57% de las unidades (415 986) circula dentro del área metropolitana (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Composición de la flota vehicular que circula en el Área Metropolitana de Costa Rica para el año 2007

Año Modelo	Automóviles	Carga Liviana	Carga Pesada	Taxis	Autobuses	Motocicletas	Bicimotos	Microbuses	Total
2008	5995	2272	189	130	211	7938	30	12	16778
2007	10604	3576	240	325	505	11758	65	34	27107
2006	8863	2816	135	423	355	7308	91	11	20001
2005	8047	1952	147	367	439	2677	52	2	13683
2004	7514	1799	206	210	337	1521	30	2	11620
2003	9111	2431	492	178	518	1211	11	1	13953
2002	10638	2056	274	395	464	1025	10	1	14863
2001	11686	1948	520	439	495	640	18	3	15749
2000	12103	2500	1086	543	516	592	7	3	17350
1999	12053	2698	1060	276	466	532	4	2	17091
1998	11525	2414	1024	213	354	931	5	1	16466
1997	14622	1758	836	453	400	703	3	3	18778
1996	15286	1601	975	457	421	874	6	1	19619
1995	19113	2776	1220	764	495	908	15	1	25293
1994	22158	2957	847	874	392	1232	10	0	28470
1993	22064	2879	860	6	249	823	6	0	26887
1992	22230	2214	597	2	182	585	4	1	25815
1991	17293	2784	539	2	136	494	10	1	21257

1990	11283	3536	717	0	100	493	12	0	16141
1989	10628	3300	700	0	22	352	7	0	15010
1988	13234	2967	633	1	6	246	10	1	17098
1987	11199	4931	574	1	2	249	1	0	16956
1986	5572	3503	402	0	3	161	0	0	9642
1985	3736	1535	503	0	0	162	3	0	5939
1984	3128	865	290	0	1	85	2	0	4371
1983	1218	260	86	0	0	80	1	0	1645
anteriores	10886	6470	1455	0	2	896	19	1	19729
Total	311788	70801	16605	6059	7071	44475	408	79	415986

Este porcentaje se calculó a partir de la relación de las ventas de combustible en las estaciones de servicio del área metropolitana con respecto a las ventas en todas las estaciones del país. Los datos de venta de combustible fueron aportados por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.

En el cálculo de las emisiones es de gran importancia considerar el año modelo de los vehículos, ya que esto nos permite conocer mejor el volumen de emisiones generadas por estrato vehicular y con ello proponer acciones para reducir las emisiones en forma específica. Se observa que en el caso de la gasolina cerca del 23% son modelos 1990 (Tabla 6.3) y anteriores, 13% corresponden a los modelos 1991-1992 y alrededor del 64% corresponden a modelos 1993 y posteriores, los cuales ya cuentan con convertidores catalíticos de tres vías y otros dispositivos anticontaminantes.

Por lo que respecta a las unidades que utilizan diesel como combustible, haciendo una separación por estratos tecnológicos tenemos que poco más el 45,4% de las unidades corresponden a unidades año modelo 1993 y anteriores, casi el 16% son vehículos modelo 1994 a 1997 que cuentan con la tecnología EPA 94; y el 38,6% restante son vehículos modelo 1998 y posteriores, los cuales cuentan con tecnología EPA 98.

Tabla 6.3. Composición de la Flota vehicular del Área Metropolitana de Costa Rica por tipo de combustible, año 2007

Año	Automóviles		Carga Liviana		Carga Pesada		Taxis			Motocicletas		Bicimotos		Microbuses		Autobuses	
Modelo	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	GLP	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Diesel	Gasolina	Gasolina	Diesel
anteriores	10865	21	770	5700	0	1455	0	0	0	896	0	19	0	1	0	0	2
1983	1216	2	31	229	0	86	0	0	0	80	0	1	0	0	0	0	0
1984	3121	7	103	762	0	290	0	0	0	85	0	2	0	0	0	0	1
1985	3728	8	183	1352	0	503	0	0	0	162	0	3	0	0	0	0	0
1986	5561	11	417	3086	0	402	0	0	0	161	0	0	0	0	0	0	3
1987	11177	22	587	4344	0	574	1	0	0	249	0	1	0	0	0	0	2
1988	13208	26	353	2614	0	633	1	0	0	246	0	10	0	1	0	0	6
1989	10606	22	393	2908	0	700	0	0	0	352	0	7	0	0	0	0	22
1990	11261	22	421	3115	0	717	0	0	0	493	0	12	0	0	0	0	100
1991	17258	35	331	2453	0	539	2	0	0	494	0	10	0	1	0	0	136
1992	22186	44	264	1951	0	597	2	0	0	585	0	4	0	1	0	0	182
1993	22020	44	343	2536	0	860	6	1	0	823	0	6	0	0	0	0	249
1994	22114	44	352	2605	0	847	793	70	6	1232	0	10	0	0	0	0	392
1995	19075	38	330	2446	0	1220	693	62	5	908	0	15	0	1	0	0	495
1996	15255	31	190	1410	0	975	414	37	3	874	0	6	0	1	0	0	421
1997	14592	30	209	1549	0	836	411	37	3	703	0	3	0	3	0	0	400

1998	11502	23	287	2127	0	1024	193	17	1	931	0	5	0	1	0	0	354
1999	12029	24	321	2377	0	1060	251	22	2	532	0	4	0	2	0	0	466
2000	12079	24	298	2203	0	1086	492	44	4	592	0	7	0	3	0	0	516
2001	11663	23	232	1716	0	520	398	35	3	640	0	18	0	3	0	0	495
2002	10617	21	245	1811	0	274	358	32	3	1025	0	10	0	1	0	0	464
2003	9093	18	289	2142	0	492	162	14	1	1211	0	11	0	1	0	0	518
2004	7499	15	214	1585	0	206	191	17	1	1521	0	30	0	2	0	0	337
2005	8031	16	232	1720	0	147	333	30	3	2677	0	52	0	2	0	0	439
2006	8845	18	335	2481	0	135	384	34	3	7308	0	91	0	11	0	0	355
2007	10583	21	425	3150	0	240	295	26	2	11758	0	65	0	34	0	0	505
2008	5983	12	270	2002	0	189	117	10	1	7938	0	30	0	12	0	0	211
Total	311165	624	8425	62376	0	16605	5495	488	42	44475	0	433	0	80	0	0	7071

6.3. Uso de los vehículos:

Para conocer la intensidad de uso y el deterioro a que se somete cada una de las unidades vehiculares, es importante hacer una subdivisión de acuerdo al uso que se le da a cada una de éstas (Tabla 6.4). Para ello se agruparon los tipos de vehículo en tres usos, correspondiendo el 93% a vehículos de uso particular, 4,1% para transporte de carga y 2,9% para unidades de transporte de pasajeros.

6.4. Actividad Vehicular:

La actividad de los vehículos en el inventario de emisiones está representada por los Kilómetros Recorridos por los Vehículos (KRV); los cuales se obtienen del producto de la flota vehicular en circulación y dos indicadores de actividad, éstos indicadores son los kilómetros que circulan durante un día y el número de días que circulan a lo largo del año, lo cual representa la intensidad con la cual se utilizan los vehículos. Se asume que los vehículos que circulan en el área metropolitana tienen actividad los 365 días del año, despreciando la existencia del programa de restricción vehicular existente en la ciudad de San José, debido a que su área de cobertura es despreciable con respecto al área de estudio

En la tabla 6.5 se presentan los indicadores de actividad utilizados para todas las categorías de vehículos considerados en el cálculo de las emisiones de fuentes móviles en el Área Metropolitana.

Tabla 6.4. Clasificación de los vehículos de acuerdo con su tipo de uso

Uso	Tipo de vehículo
Uso particular	Autos particulares
	Pick Up
	Motocicletas
Transporte de pasajeros	Taxis
	Autobuses
	Microbuses
Transporte de Carga	Carga Pesada
	Tractocamiones

6.5. Emisiones generadas por las fuentes móviles:

Las fuentes móviles aportan la mayor parte de las emisiones de toda el Área Metropolitana de Costa Rica; esto es debido a la conjunción de diversos factores que influyen en la emisión de contaminantes, tales como el aumento constante del número de vehículos en circulación, la cantidad de combustible que consumen y las tecnologías de control incorporadas en los vehículos.

En la Tabla 6.6 se muestran las emisiones causadas por las fuentes móviles carreteras en el Área Metropolitana de Costa Rica, por contaminante y tipo de vehículo en el año 2007.

Tabla 6.5. Indicadores de actividad para las distintas categorías de vehículos utilizados en el cálculo de las emisiones generadas por fuentes móviles

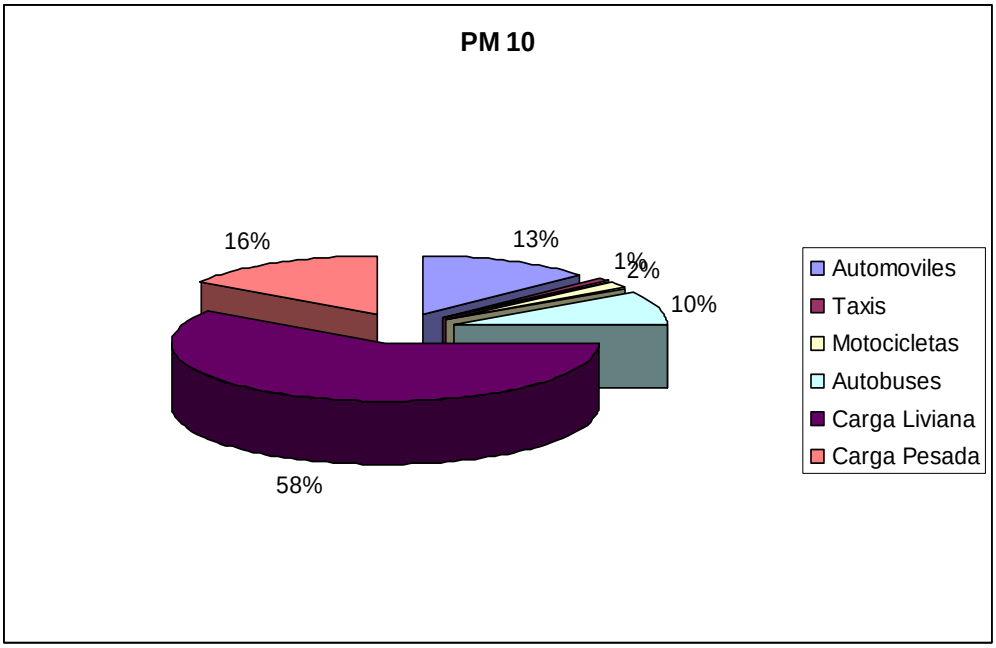
Tipo de vehiculo	Tipo de combustible	Km recorridos por día	Km totales recorridos (millones de km)
Autos particulares	Gasolina	56,7	6435,5
	Diesel	58,7	13,36
Taxis	Gasolina	238,6	478,55
	Diesel	235,6	41,98
	Gas LP	158,1	2,45
Carga Liviana	Gasolina	74,7	229,72
	Diesel	80,9	1842,8
Carga Pesada	Diesel	107,1	648,96
Motocicletas	Gasolina	43,5	705,88
Autobuses	Diesel	118,0	304,59

En la figura 6.1, se puede observar como la mayor cantidad de las emisiones de partículas por fuentes móviles es aportada por los vehículos carga liviana, los cuales generan el mayor porcentaje de toneladas al año de partículas PM_{10} y $PM_{2,5}$ (59% y 64% respectivamente). Una situación diferente se presenta al analizar las emisiones de NOx y CO, en donde los vehículos particulares resultaron ser la principal fuente emisora de estos gases resultantes del proceso de combustión, tal como se puede apreciar en la figura 6.2.

Tabla 6.6. Emisiones generadas por las fuentes móviles en el Área Metropolitana de Costa Rica, 2007.

Tipo de vehículo	Emisiones (ton/año)							
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	GOT	GOR	SO_2	NO_x	CO	NH_3
Automóviles gasolina	140,3	56,6	37296,7	25714,2	109,2	14021,1	85623,6	406,7
Automóviles diesel	1,96	1,50	12,46	4,7	7,29	20,83	7,33	0,056
Taxis Gasolina	10,30	4,2	496	194,1	8,0	877	3667	29,9
Taxis Diesel	1,46	1,1	5	2,0	5,3	10	5	0,042
Motocicletas	17,3	9,3	2331	967,1	47,4	576	9520	4,9
Autobuses	105,4	91,7	605	330,5	591,7	7074	2179	5,1
Carga Liviana Diesel	637,4	555,1	4318,2	993,8	2525,2	13279,5	5796,8	31,0
Carga Liviana Gasolina	6,2	2,4	826,2	593,0	48,7	440,4	17524,1	14,5
Carga Pesada	169,69	147,8	6132,6	3772,5	560,5	4129,9	3758,3	8,24
TOTAL	**1090**	**869,7**	**52023,2**	**32571,9**	**3903,3**	**40428,7**	**128081**	**500,4**

En la figura 6.3, se tiene la comparación porcentual entre la emisión de los precursores de ozono (compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno) así como el porcentaje de vehículos a diesel, que se encontraban en circulación en el Área Metropolitana de Costa Rica el año 2007, de acuerdo al año modelo. Se observa que el 45% de los vehículos (años modelos1993 y anteriores), emite el 62% de los compuestos orgánicos volátiles y el 42% de los óxidos de nitrógeno.



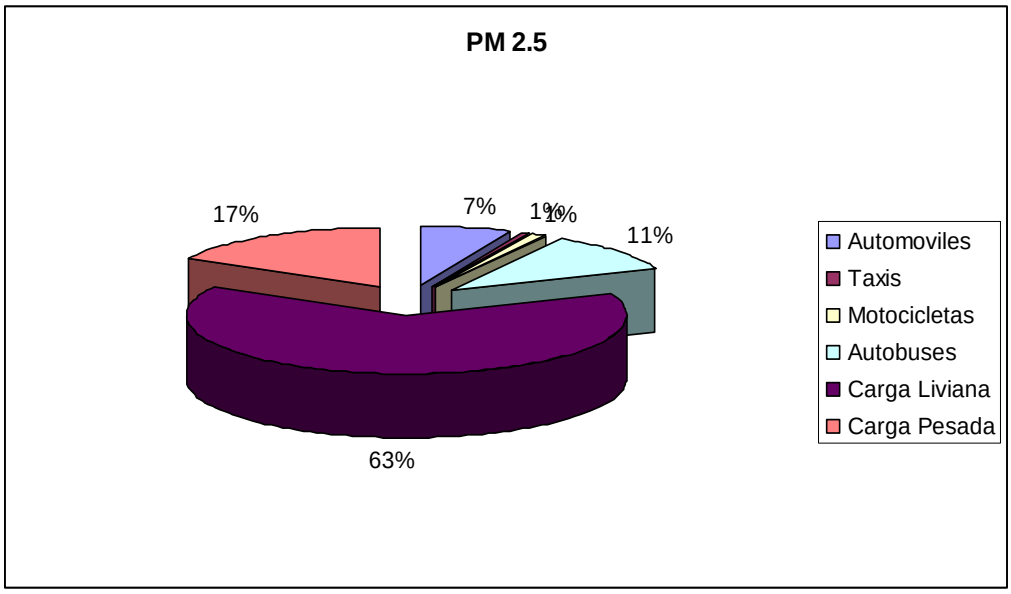


Figura 6.1. Distribución de las emisiones de material particulado generadas por las fuentes móviles en el Área Metropolitana 2007, según la categoría de vehiculo.

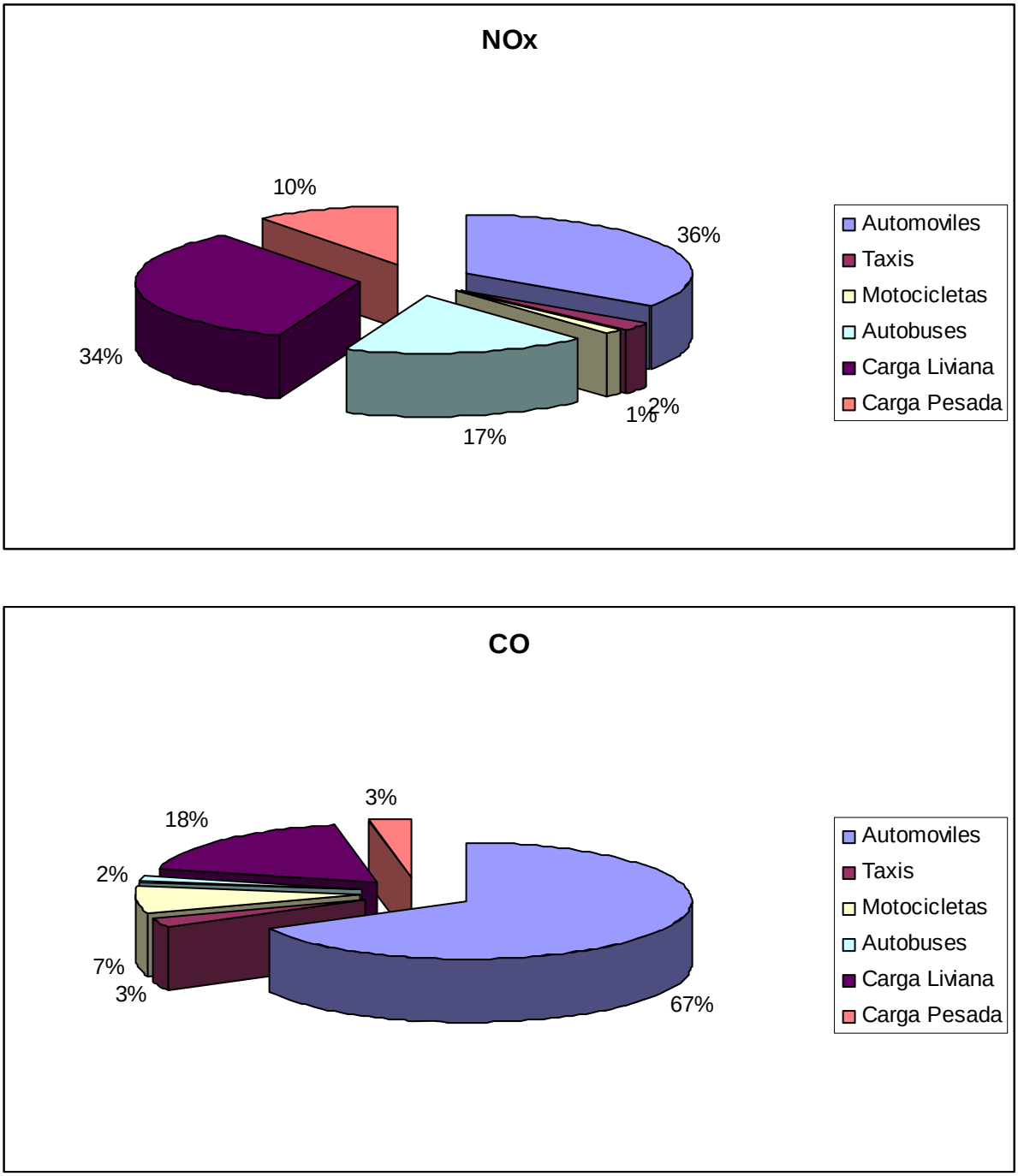


Figura 6.2. Distribución de las emisiones de NOx y CO generadas por las fuentes móviles en el Área Metropolitana 2007, según la categoría de vehiculo.

Los vehículos años modelo 1994 a 1997 (tecnología EPA 94) representan el 16% de la flota vehicular, los cuales emiten el 14% de los compuestos orgánicos volátiles y el 22% de los óxidos de nitrógeno. Finalmente, los vehículos que corresponden a los años modelo 1998-2008 (tecnología EPA 98) representan el 39% de la flota de vehículos a diesel y aportan el 25% y el 35% de los compuestos orgánicos volátiles y de los óxidos de nitrógeno, respectivamente.

Complementando este análisis, en la figura 6.4, se consideró el resto de la flota, es decir, vehículos que utilizan gasolina como combustible; de acuerdo al año modelo correspondiente a los estratos tecnológicos, y su correspondiente aporte de emisiones de COV y NOx.

En esta figura se observa que los vehículos que no cuentan con sistemas para controlar emisiones (años modelo 1990 y anteriores) representan el 20,7% de los vehículos y contribuyen con el 77,4% y el 22,7% a las emisiones de COV y de NOx respectivamente; el 11% de los vehículos corresponde a los años modelo 1991 y 1992 que ya tienen incorporados algunos sistemas de control de emisiones como encendido electrónico y convertidor catalítico de dos vías, los cuales emiten el 6,3% de compuestos orgánicos volátiles y el 18,2% de óxidos de nitrógeno.

Por último, los vehículos correspondientes a los años modelo 1993 a 2008 (68%), los cuales se consideran los menos contaminantes debido a que están equipados con sistemas de control de emisiones avanzados, tales como convertidor catalítico de tres vías, canister para controlar las emisiones evaporativas, computadoras a bordo y sensores de oxígeno, aportan el 18% de los compuestos orgánicos volátiles es y el 59% de los óxidos de nitrógeno.

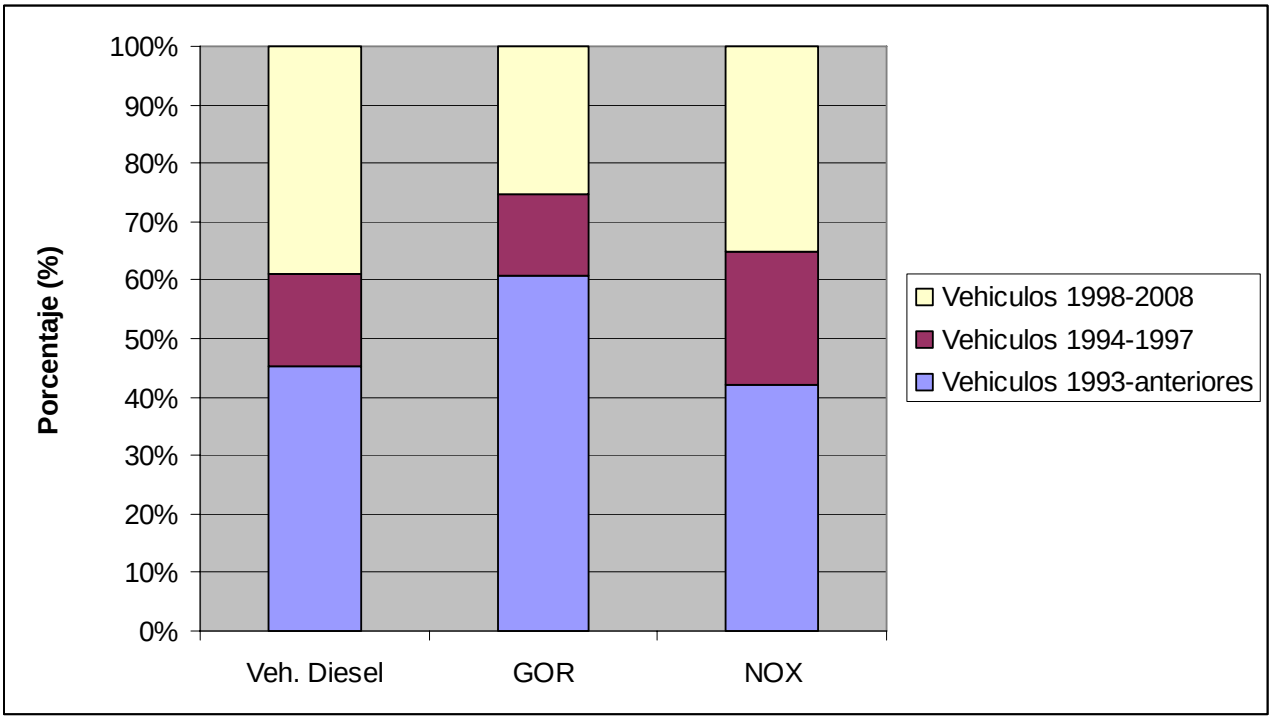


Figura 6.3. Contribución porcentual a las emisiones de GOR y NOx de los vehículos que operan con diesel en el Área Metropolitana de Costa Rica, 2007

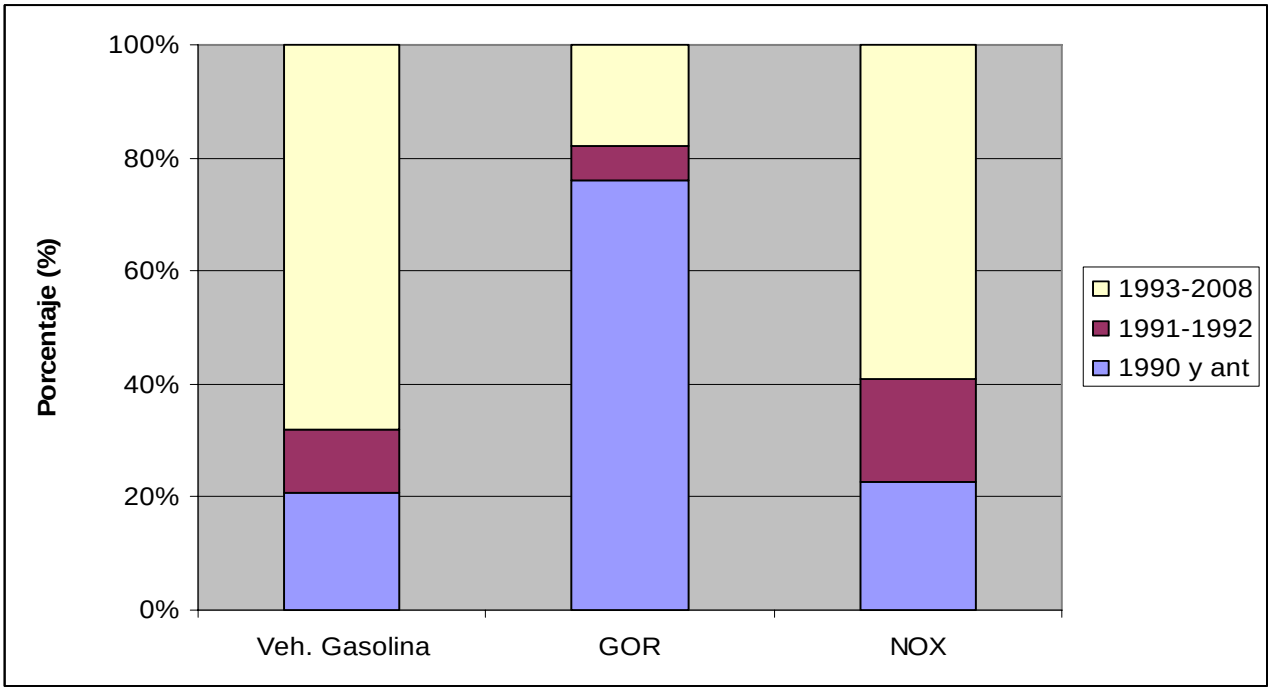


Figura 6.4. Contribución porcentual a las emisiones de GOR y NOx de los vehículos que operan con gasolina en el Área Metropolitana de Costa Rica, 2007.

7. FUENTES NATURALES

Las fuentes naturales emiten compuestos a la atmósfera generados por procesos bióticos y abióticos, dentro de ellas se puede mencionar a las emisiones biogénicas (GOR de la vegetación-NOx del suelo) y a las generadas por la erosión del suelo. Aún cuando las mediciones de GOR de la vegetación son escasas y las emisiones pueden no ser significativas, es necesario cuantificarlas puesto que son una fuente de radicales libres y juegan un papel importante en la química atmosférica como precursores de ozono.

7.1. Vegetación y suelos

La vegetación tiene gran importancia para el ambiente y el ser humano, entre los aspectos más importantes se puede mencionar: la protección del suelo, la regulación de los escurrimientos de agua, la generación de alimento, el mantenimiento de especies, la regulación del clima y limpieza del aire (fijación de polvos, humos y CO_2), también es importante el embellecimiento del paisaje y la mitigación de ruido, por mencionar algunos.

Sin embargo, a pesar de los beneficios que tiene la cubierta vegetal, también libera al aire compuestos orgánicos volátiles tales como el isopreno y los terpenos, que junto con los óxidos de nitrógeno (generados en el suelo por nitrificación-desnitrificación de la materia orgánica), son precursores de ozono. Por lo anterior, la importancia de cuantificar estas emisiones, radica en determinar el grado de participación en la formación del ozono, pues cabe mencionar que el isopreno es uno de los GOR de más alta reactividad.

Asimismo, también se pueden enfocar las campañas de reforestación mediante la selección de las especies aptas para la región y que generen compuestos orgánicos volátiles menos reactivos.

De los 1758 kilómetros cuadrados de superficie que comprende el Área Metropolitana de Costa Rica, los principales usos de suelo se distribuyen de la siguiente manera: 47,9% es de uso agrícola, 14,2% es urbano y un 32,6% son suelos de uso forestal (ver Tabla 7.1).

Tabla 7.1. Uso de suelo en el Área Metropolitana de Costa Rica

Uso de la Tierra	Superficie (%)
Viveros	1,02
Charral y Tacotal	4,21
Hortícola	2,47
Caña	2,56
Pastos con árboles	11,53
Área Urbana	14,22
Bosque denso	12,61
Pastos	8,64
Bosque menos denso	15,57
Café	21,64
Plantaciones Forestales	0,25
Otros usos	1,27
Sin información	4,01

El cálculo de las emisiones biogénicas se desarrolló con base en la metodología descrita en el Programa de Inventario de Emisiones para México, Manual VII "Desarrollo del Inventario de Fuentes Naturales", utilizando el modelo GloBEIS Versión 3.2, por sus siglas en inglés (Global Biosphere Emissions and Interaction System). Para la estimación de emisiones se requirió de tres tipos de información:

1.- Uso de suelo. Se definió el área de estudio o dominio en Km^2 y se clasificó el uso del suelo en: *forestal, urbano, agrícola y otros*. Así mismo, se distribuyeron las superficies de cada uso de suelo por especie vegetal dominante, de acuerdo a la clasificación que incluye el GloBEIS.

2.- Meteorología. Se utilizaron datos horarios de temperatura y radiación (PAR: Photosynthetically Active Radiation que es la radiación solar en la parte del espectro visible (400 a 700 nm) y que es utilizada para la fotosíntesis de las plantas (680 a 700 nm)) del día representativo de cada temporada climatológica del Área Metropolitana de Costa Rica.

3.- Factores de emisión. Se utilizaron los factores por especie vegetal, provenientes del GloBEIS.

Una vez transferida la información anterior al formato requerido, se procedió a realizar las corridas en el programa GloBEIS V3.2. Las figuras 7.1 a 7.5 muestran mapas con los resultados de emisiones para los diferentes compuestos. Es importante señalar que únicamente se deben considerar los resultados comprendidos dentro de los límites cantonales ya que sólo en éstos se definió clasificación de uso de suelos.

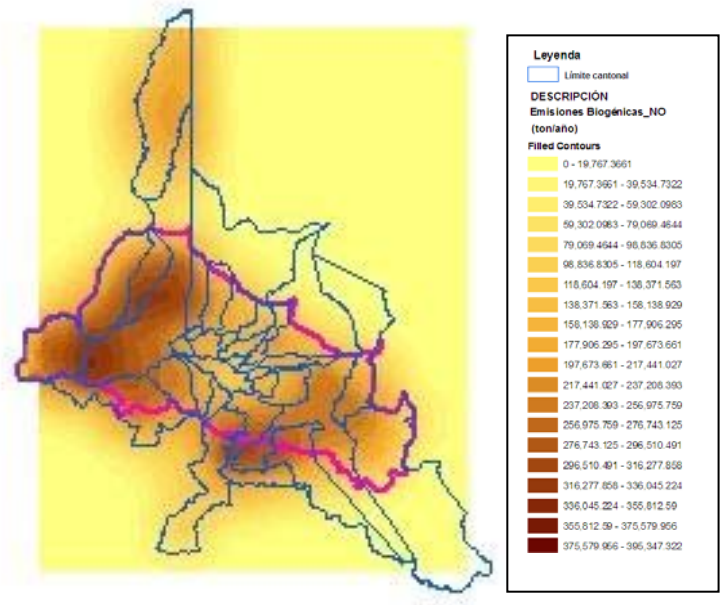


Figura 7.1. Distribución espacial de las emisiones biogénicas de NOx

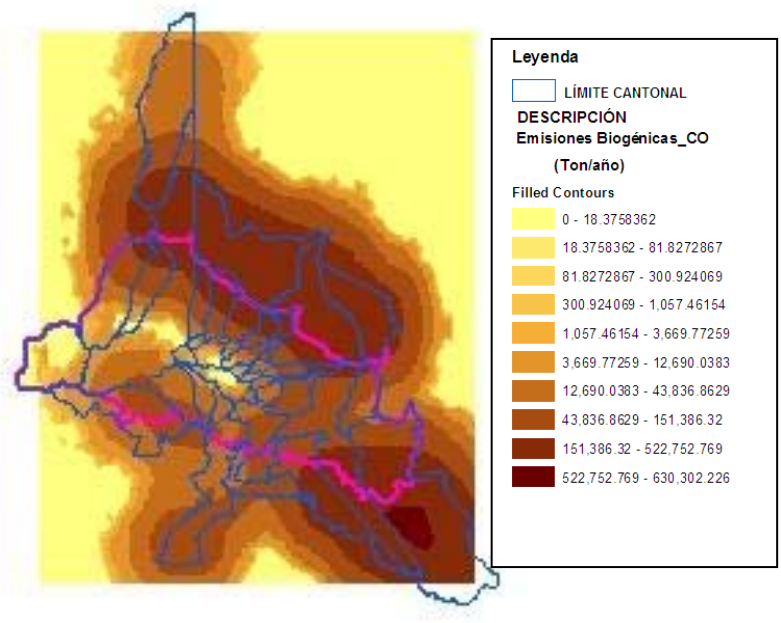


Figura 7.2. Distribución espacial de las emisiones biogénicas de CO

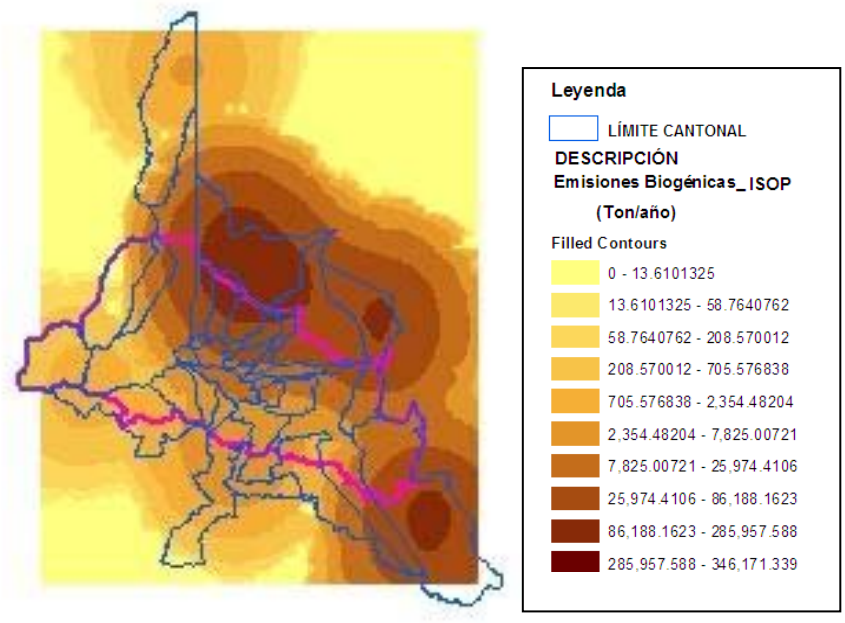


Figura 7.3. Distribución espacial de emisiones biogénicas de Isopreno.

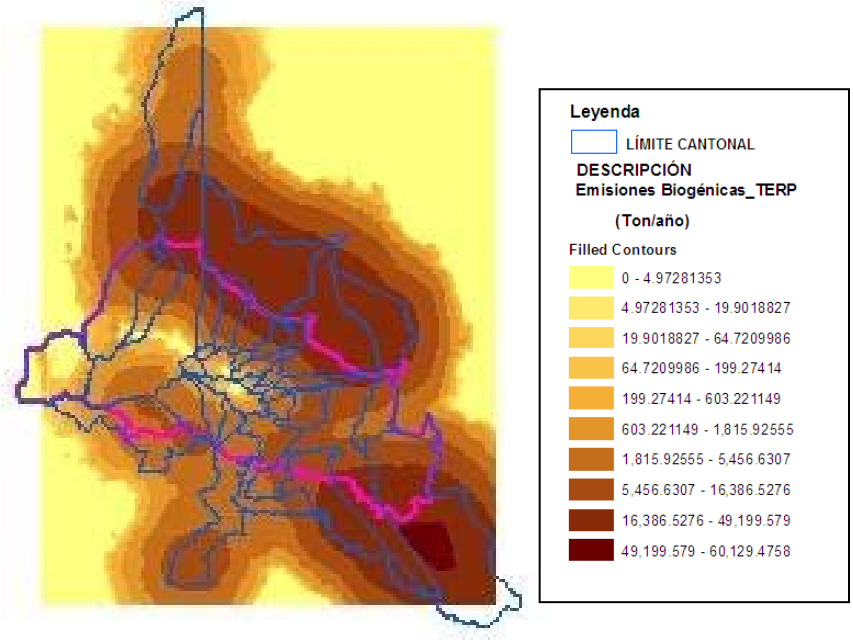


Figura 7.4. Distribución espacial de emisiones biogénicas de Terpenos.

Una vez extraída la información para las áreas de cada Cantón que integran la Zona Metropolitana, se procesaron y se resumieron en la tabla 7.2.

Como se puede observar, la media anual de las emisiones biogénicas de NO alcanzan un máximo de 5,696,907 toneladas. Así mismo las emisiones máximas de CO equivalen a 1,226,848 toneladas al año. Las emisiones máximas de compuesto orgánicos volátiles alcanzan, en conjunto; considerando terpenos e isopreno y demás GORs, 3,692,192 toneladas anuales.

Tabla 7.2. Media Anual de Emisiones Biogénicas Máximas de la GAM por Cantón (Ton/año)

CANTÓN	NO	CO	Isopreno	Olefinas	Formaldehído	Aldehidos	Eteno	Metanol	Etanol	Terpenos
ALAJUELA	691,919.4	62,791.1	1,655.6	3,837.2	4,186.1	5,232.6	5,232.6	104,651.8	6,279.1	6,090.9
ALAJUELITA	40,627.9	11,701.0	0.0	715.1	780.1	975.1	975.1	19,501.7	1,170.1	1,124.0
ASERRÍ	46,967.5	30,967.7	0.0	1,892.5	2,064.5	2,580.6	2,580.6	51,612.8	3,096.8	2,954.3
ATENAS	92,150.2	31.7	15.8	1.9	2.1	2.6	2.6	52.8	3.2	8.5
BARVA	126,343.8	5,544.0	0.0	338.8	369.6	462.0	462.0	9,240.0	554.4	551.1
BELÉN	23,547.5	74.5	0.0	4.6	5.0	6.2	6.2	124.2	7.4	20.1
CARTAGO	325,467.0	126,323.6	6,287.5	7,719.8	8,421.6	10,527.0	10,527.0	210,539.4	12,632.4	12,164.7
CURRIDABAT	8,517.2	201.8	96.5	12.3	13.5	16.8	16.8	336.4	20.2	54.4
DESAMPARADOS	108,266.6	30,857.8	4,740.0	1,885.8	2,057.2	2,571.5	2,571.5	51,429.7	3,085.8	2,970.8
EL GUARCO	97,731.1	18,396.0	3,616.5	1,124.2	1,226.4	1,533.0	1,533.0	30,660.1	1,839.6	1,765.1
ESCAZU	78,348.5	18,508.5	0.0	1,131.1	1,233.9	1,542.4	1,542.4	30,847.5	1,850.8	1,781.5
FLORES	14,568.0	46.3	0.0	2.8	3.1	3.9	3.9	77.2	4.6	12.5
GOICOECHEA	40,624.1	1,610.3	452.4	98.4	107.4	134.2	134.2	2,683.8	161.0	205.4
GRECIA	114,794.6	65.7	12.8	4.0	4.4	5.5	5.5	109.5	6.6	17.7
HEREDIA	44,384.4	385.0	109.1	23.5	25.7	32.1	32.1	641.6	38.5	69.7
LA UNIÓN	40,311.0	4,243.1	2,187.4	259.3	282.9	353.6	353.6	7,071.8	424.3	482.9

CANTÓN	NO	CO	Isopreno	Olefinas	Formaldehído	Aldehidos	Eteno	Metanol	Etanol	Terpenos
MONTES DE OCA	10,520.8	175.9	65.4	10.8	11.7	14.7	14.7	293.2	17.6	40.2
MORA	145,269.0	4,866.9	1,939.0	297.4	324.5	405.6	405.6	8,111.4	486.7	474.2
MORAVIA	43,581.7	17,583.2	12,488.4	1,074.5	1,172.2	1,465.3	1,465.3	29,305.3	1,758.3	1,705.3
OREMUNO	138,467.0	50,754.3	106.3	3,101.7	3,383.6	4,229.5	4,229.5	84,590.6	5,075.4	4,865.4
PARAÍSO	288,316.0	219,956.9	2,417.2	13,441.8	14,663.8	18,329.7	18,329.7	366,594.9	21,995.7	21,033.5
POAS	95,013.6	14,899.4	4.5	910.5	993.3	1,241.6	1,241.6	24,832.3	1,489.9	1,433.0
SAN ISIDRO	41,754.5	19,338.8	13,715.5	1,181.8	1,289.3	1,611.6	1,611.6	32,231.4	1,933.9	1,872.1
SAN JOSÉ	100,639.1	5,044.3	0.0	308.3	336.3	420.4	420.4	8,407.2	504.4	518.4
SAN PABLO	11,241.8	69.5	0.0	4.2	4.6	5.8	5.8	115.8	6.9	18.7
SAN RAFAEL	109,882.0	2,507.5	1,172.6	153.2	167.2	209.0	209.0	4,179.2	250.7	269.2
SANTA ANA	155,518.9	37,535.9	402.1	2,293.9	2,502.4	3,128.0	3,128.0	62,559.9	3,753.6	3,606.5
SANTA BÁRBARA	133,303.1	21,238.6	0.0	1,297.9	1,415.9	1,769.9	1,769.9	35,397.7	2,123.9	2,044.8
SANTO DOMINGO	32,206.7	193.2	16.4	11.8	12.9	16.1	16.1	322.0	19.3	52.1
TIBAS	17,035.9	52.3	0.0	3.2	3.5	4.4	4.4	87.2	5.2	14.1
VÁZQUEZ DE CORONADO	105,876.7	9,696.4	5,617.1	592.6	646.4	808.0	808.0	16,160.6	969.6	983.5
TOTAL	3,323,196	715,661	57,118	43,735	47,711	59,638	59,638	1,192,769	71,566	69,205

8. INCERTIDUMBRE:

8.1. CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE

La incertidumbre es el rango de valor de confianza de una medida, en ella se incluyen los errores sistemáticos y aleatorios proveniente de todas las fuentes incluidas en el inventario de emisiones. La estimación de la incertidumbre es un elemento esencial, sus resultados no deben de estar orientados a cuestionar la validez de las estimaciones realizadas, su función es ayudar a priorizar los esfuerzos por mejorar la exactitud de los inventarios futuros y orientar en las decisiones sobre la elección de la metodología (IPCC, 2000a).

Idealmente, tanto las estimaciones de las emisiones como los márgenes de incertidumbre, se derivarían de muestreos específicos de cada fuente. Sin embargo, en la realidad no es muy práctico medir de esta forma todas las fuentes emisoras, por lo que las estimaciones suelen basarse en las características conocidas de fuentes típicas, consideradas representativas de la población (datos de actividad y factores de emisión). Esto introduce márgenes de incertidumbre, porque debe suponerse que la población se comporta, en término medio, como si hubiera sido medida.

La estimación de la incertidumbre resulta afectada por la elección del algoritmo, el cual se basa en funciones estadísticas de porcentaje de error (ERG, 1997), es importante mencionar que cada sector posee fuentes de incertidumbre distintas y particulares, por lo que es necesario definir la estructura de la metodología que se va ha utilizar, para lo cual se requiere lo siguiente:

- Primeramente definir un método para determinar las incertidumbres de cada una de las fuentes empleados en el inventario;

- Tener un método para totalizar las incertidumbres de cada uno de los términos en el inventario;
- La comprensión de las posibles utilizaciones de los valores de incertidumbre, entre ellas, la identificación de áreas que requieren más investigación y observación, así como de la importancia de los cambios que pueden ocurrir de un año aotro y a largo plazo en los inventarios;
- La conciencia de que pueden existir otras incertidumbres, tales como las que surgen de definiciones inexactas que no se pueden tratar por medios estadísticos (errores teóricos).

En el presente documento se detalla la metodología empleada para el cálculo de la incertidumbre de los Inventarios del Área Metropolitana de San José, 2007 destacando consideraciones relevantes para su estimación.

Es importante recalcar que para ser un primer inventario de emisiones y por no contar con datos comparativos para el análisis, se empleó primeramente la experiencia de expertos que lo recomendado para estos casos.

En la mayoría de inventarios de emisiones de contaminantes criterio se recomienda que los primeros inventarios que se realicen para una zona determinada, cuenten con un análisis de incertidumbre colorimétrico, sin embargo para este inventario se realizó un análisis cuantitativo de la incertidumbre.

La incertidumbre sólo fue calculada para las fuentes antropogénicas ya que de realizarse para todas las fuentes, las fuentes biogénicas son las que más emiten en esta zona debido a sus áreas de vegetación.

8.1.1. Identificación de las incertidumbres

Para el presente inventario, la metodología empleada en la identificación de la incertidumbre, se basa en lo descrito en el Manual de Control y Aseguramiento de la Calidad del Programa de Mejoramiento de los Inventarios de Emisiones de la U.S. EPA (ERG, 1997), así como en las Directrices y Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, propuesta por el IPCC. Cabe aclarar que no existen metodologías de incertidumbre establecidas para inventarios de contaminantes criterio, por lo que la U.S. EPA y el NARSTRO recomiendan las *Guías* desarrolladas por el IPCC.

El manejo de la incertidumbre es un capítulo que no se detalla en los manuales de elaboración de inventarios y es importante que sea considerada porque son datos que sirven para apoyar la validez y calidad del Inventario de Emisiones, además, ayuda a priorizar los esfuerzos para mejorar su exactitud, asimismo, se pueden identificar las fuentes representativas y elaborar acciones para su mitigación.

De manera general, se utilizó el método TIER 1 para combinar incertidumbres, basado en la propagación de errores. Es un método de combinación de varianzas y covarianzas para una variedad de funciones, incluyendo las que se utilizan en inventarios. Da una solución exacta para funciones lineales aditivas y una aproximación para productos de dos términos. La mayoría de los inventarios de emisiones son sumas de emisiones, que son los productos de datos de actividad y factores de emisión. Suponiendo que ambas cantidades tengan alguna incertidumbre, esas ecuaciones de inventarios no son lineales con respecto a los cálculos de incertidumbres (IPCC, 2000).

Existen diversos métodos para el cálculo de incertidumbre, sin embargo se pueden clasificar en:

- **Incertidumbres asociadas al monitoreo de emisiones:** Siempre que se proceda así, es poco probable que haya correlación de errores en los valores de los distintos años muestreados. Por lo tanto*, la función de densidad de probabilidad de la diferencia en las emisiones entre dos años (determinada como incertidumbre de tendencia de emisiones) se puede asumir simplemente como la incertidumbre anual del año evaluado.* Suponiendo que ambas funciones de densidad de probabilidad sean normales su incertidumbre será desviación estándar (para ello es necesario que las emisiones mantengan un valor promedio).
- **Asociadas a la determinación del factor de emisión:** Generalmente los factores de emisión están en función de otros parámetros (p.ej. calidad del combustible, datos meteorológicos, entre otros), en este caso será necesario:

  1) colocar el factor de emisión como una función de los parámetros y de las emisiones estimadas (X=parámetros y=emisión)

  2) realizar una tendencia del comportamiento anual del factor de emisión.

  El cálculo de la incertidumbre se realizará mediante un análisis de regresión y diagramas de dispersión para analizar: en el método 1, la tasa de emisión contra los parámetros variables y en el 2, obtener un factor de emisión extrapolado y así aplicar un porcentaje de error.

- **Error:** es la medida del sesgo en el resultado de una medición, es decir un comparativo entre valores.Los errores pueden asimismo expresarse de distintos modos:

  Error absoluto: ϵ es el valor de la **diferencia entre el valor experimental** xi y **el verdadero valor** μ**.** Tiene las mismas dimensiones que la magnitud medida y es conveniente expresarla con las mismas unidades de ésta.

$$\varepsilon = X - \mu$$

Error relativo: el **cociente** entre el **error absoluto** y el **mejor valor de la magnitud**, éste nos da la importancia del error.

$$ER = \frac{x - \mu}{\mu} = \frac{\varepsilon}{\mu}$$

Error relativo porcentual: es la incertidumbre relativa multiplicada por 100.

$$ER\% = \frac{x - \mu}{\mu} \times 100$$

- **Asociadas a los datos de actividad**: Los datos de actividad suelen estar vinculados más estrechamente a la actividad económica que los factores de emisión. Para la estimación de la incertidumbre se puede realizar los siguiente: interpretación de las diferencias estadísticas (p.ej. diferencias estadísticas entre la cantidad de producción y consumo, en una serie histórica de datos); interpretación de diferentes fuentes de datos; confrontaciones (p. ej. la diferencia entre las ventas oficiales de gasolina y el realizado por el rendimiento).

8.1.2. Métodos para combinar incertidumbres

Una vez determinadas las incertidumbres en las categorías de fuentes, las mismas pueden combinarse para brindar estimaciones de la incertidumbre para todo el inventario en cualquier año con base en las siguientes reglas.

Regla A, combinación por adición: Esta regla aplica cuando la incertidumbre se ha obtenido como una desviación estándar de un conjunto de datos para el año inventariado (casos de monitoreo de emisiones), por medio de la siguiente ecuación.

$$U_{Total} = \frac{\sqrt{(U_1 * x_2)^2 + (U_2 * x_2)^2 + ... + (U_n * x_n)^2}}{x_1 + x_2 + ... + x_n}$$

Donde:

U_{Total}= incertidumbre porcentual en la suma de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza del 95% dividido por el total (o sea, la media) y expresada como porcentaje).

X_n *y* U_n=son las cantidades inciertas y las incertidumbres porcentuales asociadas con ellas, respectivamente.

Regla B, combinación por multiplicación: Esta ecuación aplica cuando las incertidumbres se encuentran como en porcentaje (para el caso del presente inventario, obtenidas como porcentaje de error), por medio de la siguiente ecuación.

$$U_{Total} = \sqrt{(U_1)^2 + (U_2)^2 + ... + (U_n)^2}$$

Donde:

U_{Total}= incertidumbre porcentual en la suma de las cantidades (la mitad del intervalo de confianza del 95% dividido por el total (o sea, la media) y expresada como porcentaje)

U_i= Incertidumbres porcentuales asociadas a cada categoría.

Para el caso del presente inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio se utilizó la **Regla B,** dado que tenemos las incertidumbres expresadas en porcentaje.

8.1.3. Selección de metodología para seleccionar las categorías de fuentes y combinar incertidumbres.

En el presente inventario, la selección de la metodología para seleccionar las categorías de fuentes y combinar incertidumbres, se basó en el Capítulo 7 del IPCC "Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos".

Es importante considerar que la metodología empleada y las categorías de fuente que se tomen en cuenta para el cálculo son unas de las decisiones más importantes puesto que de ello depende el valor de la incertidumbre global del inventario y dar prioridad a las categorías que más incertidumbre aporte.

La ***categoría principal de una fuente*** es aquella categoría en la que el valor de su estimación influye de manera significativa en el valor total del inventario.

Existen dos tipos de niveles para la selección de las categorías principales los cuales se describen a continuación.

Método de ***nivel 1***: La elección de las *categorías principales de fuentes* se basa en una evaluación de varios inventarios o del inventario elaborado y tiene el objeto de establecer un nivel general en que el 90% de contribución esté cubierto por *categorías principales de fuentes.*

Método de ***nivel 2:*** Para este caso es necesario conocer las incertidumbres estimadas a nivel de fuentes en el cual las categorías consideradas por el nivel 1 se multiplican por su respectiva incertidumbre y de igual forma las categorías seleccionadas serán aquellas que representen el 90% de contribución

Para el caso del Inventario de Emisiones de Contaminantes del Área Metropolitana de San José, 2007 se empleará el método de **Nivel 1** puesto que el nivel empleado para calcular las incertidumbres de los factores y los datos de actividad son del tipo 1.

La estimación de las categorías se realiza mediante la siguiente ecuación

$$\textit{Evaluación del nivel de la categoría de fuentes} = \frac{\textit{Estimación de la categoría de fuentes}}{\textit{(Estimación total)*100}}$$

Esta evaluación nos indica el porcentaje de contribución que tiene cada categoría en el inventario, por lo tanto, las categorías que en conjunto aporten el 90% de las emisiones serán las evaluadas y se reportaran con base en la siguiente tabla

Tabla 8.1. Evaluación de incertidumbre del Inventario de emisiones 2007

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Categorías	Contaminante	Estimación del año en curso	Estimación del año base	Evaluación del nivel	Total acumulativo de la columna E	Incertidumbre asociada a los datos de actividad	Incertidumbre asociada a los factores de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre expresada como % del total de emisiones

Donde:

- A y B muestran la categoría de fuentes y el contaminante a evaluar.
- C y D son las estimaciones de inventarios en el año base y en el año en curso respectivamente, para la categoría de fuentes y el contaminante (D sólo para incertidumbre de tendencia).
- E y F contienen las emisiones expresados en porcentaje y el porcentaje acumulado aportado por categoría (hasta acumular el 90%).

Adicionalmente se agregan cuatro columnas más para hacer la combinación de incertidumbre:

- G y H contienen las incertidumbres para los datos de actividad y factores de emisión respectivamente, derivados de los datos obtenidos durante el desarrollo del inventario.
- I es la incertidumbre combinada por categoría de fuentes derivada de los datos de las columnas G y H. La columna I es, por lo tanto, la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las columnas G y H.

- En J se muestra la incertidumbre de la columna I como porcentaje de las emisiones totales en el año en curso mediante la siguiente ecuación:

$$J_{(\text{categoría } i)} = \%\text{incertidumbre}_{(\text{categoría } i)} * \%\text{ de contribución}_{\text{categoría I ,contaminante evaluado}}$$

Esta es una medida del grado de incertidumbre introducido en el total de emisiones por categoría de fuentes.

Finalmente se vuelven a combinar las incertidumbres por categoría de fuente, y se pondera por contaminante para obtener la incertidumbre total del Inventario de Emisiones.

A continuación se presentan las tablas relacionadas a cada uno de los puntos anteriores.

Tabla 8.2. Categorías de fuentes y contaminantes (Ton/año) a evaluar en el inventario

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	88	2009	1501	13	7	2
PRODUC. PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS.	2	18	92	6	4	0
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PESCADO Y PRODUCTOS DE PESCADO.	1	6	33	2	1	0
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS.	2	20	106	6	4	0
ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL.	4	18	8	25	3	4
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS.	9	19	2	3	1	5
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.	5	6	0	181	0	1

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES.	1	1	0	12	0	0
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PANADERÍA.	11	16	0	9	1	537
ELABORACIÓN DE AZÚCAR.	0	80	0	91	91	0
ELABORACIÓN DE CACAO Y CHOCOLATE Y DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA.	1	5	1	16	0	2
ELAB. DE MACARRONES, FIDEOS, ALCUZCUZ Y PRODUCTOS FARINÁCEOS SIMILARES.	0	3	15	5	1	1
ELABORACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS N.C.P.	13	26	1	17	1	517
DESTILACIÓN, RECTIFICACIÓN Y MEZCLA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS.	3	4	0	4	3	4
ELABORACIÓN DE BEBIDAS MALTEADAS Y DE MALTA.	21	28	1	29	21	28
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	21	27	1	28	21	27
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	3	5	0	5	3	4
PREPARACIÓN E HILATURA DE FIBRAS TEXTILES, TEJEDURA DE PRODUC. TEXTILES.	8	86	452	31	18	104
ACABADO DE PRODUCTOS TEXTILES.	5	56	294	20	12	68
FAB. DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	21	232	1220	85	48	281
FABRICACIÓN DE CUERDAS, CORDELES, BRAMANTES Y REDES.	3	32	169	12	7	39

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
FABRICACIÓN DE TEJIDOS Y ARTÍCULOS DE PUNTO Y GANCHILLO.	7	80	421	29	17	97
FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.	20	225	1179	82	46	271
ADOBO Y TEÑIDO DE PIELES; FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE PIEL.	0	1	0	1	0	2
FAB .DE MALETAS, BOLSOS DE MANO, SIMILARES Y DE ARTÍCULOS .DE TALABARTERÍA.	0	1	0	1	0	4
FABRICACIÓN DE CALZADO.	0	0	0	0	0	3
ASERRADERO Y ACEPILLADURA DE MADERA.	0	2	0	16	0	2
FAB.DE PARTES Y PIEZAS DE CARPINTERÍA PARA EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES.	0	2	0	15	0	2
FABRICACIÓN DE RECIPIENTES DE MADERA.	0	0	0	0	0	26
FABRICACIÓN DE PASTA DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN.	0	1	0	10	0	1
FABRICACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN ONDULADO Y DE ENVASES DE PAPEL Y CARTÓN.	2	17	88	5	3	5
FABRICACIÓN DE OTROS ARTÍCULOS DE PAPEL Y CARTÓN.	2	21	111	7	4	6
EDICIÓN DE LIBROS, FOLLETOS, PARTITURAS Y OTRAS PUBLICACIONES.	0	0	0	0	0	23
EDICIÓN DE PERIÓDICOS, REVISTAS Y PUBLICACIONES PERIÓDICAS.	0	1	0	1	0	288
ACTIVIDADES DE IMPRESIÓN.	0	2	0	2	0	551
FAB.DE SUSTANCIAS QUÍMICAS,EXCEPTO ABONOS	3	5	0	2	0	299

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.						
FABRICACIÓN DE ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	1	2	0	1	0	87
FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN FORMA PRIMARIAS Y DE CAUCHO SINTÉTICO.	8	14	4	7	1	401
FAB.DE PINTURAS,BARNICES Y PRODUC.DE REVESTIMIENTO SIMILARES Y OTROS.	0	2	141	1	0	0
FAB.DE PRODUC.FARMAC,SUSTANCIAS QUÍMICAS MEDIC.Y PRODUC.BOTÁNICOS.	0	2	2	7	0	3555
FAB.DE JABONES Y DETERGENTES,PREPARADOS PARA LIMPIAR,PULIR Y OTROS.	3	5	0	5	0	150
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS N.C.P.	4	6	0	5	0	171
FAB.DE CUBIERTAS Y CÁMARAS DE CAUCHO.	4	47	245	15	10	254
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS DE CAUCHO	4	42	219	13	9	227
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO.	4	12	1	13	0	1207
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.	64	296	162	64	61	19
FAB.DE PRODUCTOS DE CERÁMICA NO REFRACTARIA PARA USO NO ESTRUCTURAL.	2	12	0	0	0	4
FAB.DE PRODUC.DE ARCILLA Y CERÁMICA NO REFRACTARIAS PARA USO ESTRUC.	0	1	0	0	0	0
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO.	293	4782	46122	293	86	13

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
INDUSTRIAS BÁSICAS DE HIERRO Y ACERO.	6	7	29	6	1	15
FAB.DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y METALES NO FERROSOS.	15	27	0	19	2	423
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS PARA USO ESTRUCTURAL.	4	11	0	7	1	62
FAB DE ARTÍC DE CUCHILLERÍA,HERRAMIENTAS DE MANO Y ARTÍC DE FERRETERÍA	2	4	0	2	0	23
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ELABORADOS DE METAL N.C.P.	6	13	0	8	1	78
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA AGROPECUARIA Y FORESTAL.	0	0	0	0	0	3
FABRICACIÓN DE MÁQUINAS HERRAMIENTA.	0	0	0	0	0	2
FAB.DE MAQ. PARA LA EXPLOTACIÓN DE MINAS, CANTERAS Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.	2	5	0	3	0	29
FAB DE MAQ PARA LA ELAB DE PRODUC TEXTILES ,PRENDAS DE VESTIR Y CUEROS.	2	5	0	3	0	26
FABRICACIÓN DE APARATOS DE USO DOMÉSTICO N.C.P.	4	10	0	6	0	60
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA DE OFICINA, CONTABILIDAD E INFORMÁTICA.	10	25	0	15	1	144
FABRICACIÓN DE MOTORES, GENERADORES Y TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS	2	6	0	3	0	32
FABRICACIÓN DE HILOS Y CABLES AISLADOS.	0	0	0	0	0	1
FABRICACIÓN DE ACUMULADORES Y DE PILAS Y BATERÍAS PRIMARIAS.	0	1	0	1	0	6

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
FABRICACIÓN DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS Y EQUIPO DE ILUMINACIÓN.	0	0	0	0	0	6
FABRICACIÓN DE OTROS TIPOS DE EQUIPO ELÉCTRICO N.C.P.	0	0	0	0	0	52
FAB DE TUBOS, VÁLVULAS ELECTRÓNICOS Y DE OTROS COMPONENTES ELECTRÓNICOS	0	0	0	0	0	1
FAB DE RECEPTORES: RADIO TELEVISIÓN, APARATOS DE GRABACIÓN Y REPRODUC.	0	0	0	0	0	10
FABRICACIÓN DE EQUIPO MÉDICO Y QUIRÚRGICO Y DE APARATOS ORTOPÉDICOS	12	28	0	17	1	161
FABRICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE ÓPTICA Y EQUIPO FOTOGRÁFICO.	1	2	0	1	0	13
FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	1	1	0	1	0	8
FAB DE PARTES, PIEZAS, ACCESORIOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	2	4	0	3	0	26
CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO Y DEPORTE.	0	1	0	0	0	4
FABRICACIÓN DE MUEBLES.	1	3	0	2	0	16
FABRICACIÓN DE JOYAS Y ARTÍCULOS CONEXOS.	0	0	0	0	0	2
OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS N.C.P.	0	1	0	0	0	15
AUTOMÓVILES	85631	14042	117	142	58	25719
TAXIS	3672	887	13	12	5	196
MOTOCICLETAS	9520	576	47	17	9	967

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
AUTOBUSES	2179	7074	592	105	92	331
CARGA LIVIANA	23321	13720	2574	644	558	1587
CARGA PESADA	3758	4130	561	170	148	3773
QUEMA RESIDENCIALES ESTACIONARIAS	29	69	5	5	7	6
QUEMA DE COMBUSTIBLES COMERCIAL	94	49	75	13	12	47
QUEMA DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES	1332	475	2653	90	90	5
QUEMA DE COMBUSTIBLES SECTOR PUBLICO	600	118	96	2	1	60
FERROCARRILES	2	18	1	0	0	1
AERONAVES	883	393	8	7	7	666
RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES ARQUITECTONICAS	0	0	0	0	0	2950
PINTURA DE CARROCERÍAS	0	0	0	0	0	343
PINTURA DE TRÁFICO	0	0	0	0	0	0
USO DOMÉSTICO DE SOLVENTES	0	0	0	0	0	7881
LAVADO EN SECO	0	0	0	0	0	869
ARTES GRÁFICAS	0	0	0	0	0	998
ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE DERIVADOS DEL PETRÓLEO	0	0	0	0	0	1219
PANADERPIAS	0	0	0	0	0	312
ESTERILIZACIÓN EN HOSPITALES	0	0	0	0	0	2
ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN	0	0	0	255	53	0
ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	0	0	0	923	205	133
MANEJO DE RESIDUOS	1827	128	21	808	740	2393

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	0	0	0	0	0	144
INCENDIOS EN CONSTRUCCIONES	6	0	0	0	0	0
INCENDIOS FORESTALES	7	0	0	1	1	1
POLVO DE CAMINOS PAVIMENTADOS	0	0	0	295	0	0
POLVO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS	0	0	0	2047	122	0
TOTAL	133578	50112	59386	6832	2602	61115

Tabla 8.3. Emisiones expresadas en porcentaje y el porcentaje acumulado

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0.1	4.0	2.5	0.2	0.3	0.0
PRODUC. PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS.	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PESCADO Y PRODUCTOS DE PESCADO.	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS.	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0
ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL.	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0
ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES.	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PANADERÍA.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.9

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
ELABORACIÓN DE AZÚCAR.	0.0	0.2	0.0	1.3	3.5	0.0
ELABORACIÓN DE CACAO Y CHOCOLATE Y DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA.	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
ELAB. DE MACARRONES, FIDEOS, ALCUZCUZ Y PRODUCTOS FARINÁCEOS SIMILARES.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
ELABORACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS N.C.P.	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.8
DESTILACIÓN, RECTIFICACIÓN Y MEZCLA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0
ELABORACIÓN DE BEBIDAS MALTEADAS Y DE MALTA.	0.0	0.1	0.0	0.4	0.8	0.0
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	0.0	0.1	0.0	0.4	0.8	0.0
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0
PREPARACIÓN E HILATURA DE FIBRAS TEXTILES, TEJEDURA DE PRODUC. TEXTILES.	0.0	0.2	0.8	0.5	0.7	0.2
ACABADO DE PRODUCTOS TEXTILES.	0.0	0.1	0.5	0.3	0.4	0.1
FAB. DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	0.0	0.5	2.1	1.2	1.8	0.5
FABRICACIÓN DE CUERDAS, CORDELES, BRAMANTES Y REDES.	0.0	0.1	0.3	0.2	0.3	0.1
FABRICACIÓN DE TEJIDOS Y ARTÍCULOS DE PUNTO Y GANCHILLO.	0.0	0.2	0.7	0.4	0.6	0.2
FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.	0.0	0.4	2.0	1.2	1.8	0.4

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
ADOBO Y TEÑIDO DE PIELES; FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE PIEL.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FAB .DE MALETAS, BOLSOS DE MANO, SIMILARES Y DE ARTÍCULOS .DE TALABARTERÍA.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE CALZADO.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ASERRADERO Y ACEPILLADURA DE MADERA.	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
FAB.DE PARTES Y PIEZAS DE CARPINTERÍA PARA EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES.	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE RECIPIENTES DE MADERA.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE PASTA DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN ONDULADO Y DE ENVASES DE PAPEL Y CARTÓN.	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
FABRICACIÓN DE OTROS ARTÍCULOS DE PAPEL Y CARTÓN.	0.0	0.0	0.2	0.1	0.2	0.0
EDICIÓN DE LIBROS, FOLLETOS, PARTITURAS Y OTRAS PUBLICACIONES.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
EDICIÓN DE PERIÓDICOS, REVISTAS Y PUBLICACIONES PERIÓDICAS.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
ACTIVIDADES DE IMPRESIÓN.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
FAB.DE SUSTANCIAS QUÍMICAS,EXCEPTO ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
FABRICACIÓN DE ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN FORMA PRIMARIAS	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.7

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
Y DE CAUCHO SINTÉTICO.						
FAB.DE PINTURAS,BARNICES Y PRODUC.DE REVESTIMIENTO SIMILARES Y OTROS.	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
FAB.DE PRODUC.FARMAC,SUSTANCIAS QUÍMICAS MEDIC.Y PRODUC.BOTÁNICOS.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	5.8
FAB.DE JABONES Y DETERGENTES,PREPARADOS PARA LIMPIAR,PULIR Y OTROS.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS N.C.P.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3
FAB.DE CUBIERTAS Y CÁMARAS DE CAUCHO.	0.0	0.1	0.4	0.2	0.4	0.4
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS DE CAUCHO	0.0	0.1	0.4	0.2	0.3	0.4
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO.	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	2.0
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.	0.0	0.6	0.3	0.9	2.3	0.0
FAB.DE PRODUCTOS DE CERÁMICA NO REFRACTARIA PARA USO NO ESTRUCTURAL.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FAB.DE PRODUC.DE ARCILLA Y CERÁMICA NO REFRACTARIAS PARA USO ESTRUC.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO.	0.2	9.5	77.7	4.3	3.3	0.0
INDUSTRIAS BÁSICAS DE HIERRO Y ACERO.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0
FAB.DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y METALES NO FERROSOS.	0.0	0.1	0.0	0.3	0.1	0.7
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS PARA USO ESTRUCTURAL.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
FAB DE ARTÍC DE CUCHILLERÍA,HERRAMIENTAS DE MANO Y ARTÍC DE FERRETERÍA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ELABORADOS DE METAL N.C.P.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA AGROPECUARIA Y FORESTAL.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE MÁQUINAS HERRAMIENTA.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FAB.DE MAQ. PARA LA EXPLOTACIÓN DE MINAS, CANTERAS Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FAB DE MAQ PARA LA ELAB DE PRODUC TEXTILES ,PRENDAS DE VESTIR Y CUEROS.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE APARATOS DE USO DOMÉSTICO N.C.P.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA DE OFICINA, CONTABILIDAD E INFORMÁTICA.	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
FABRICACIÓN DE MOTORES, GENERADORES Y TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
FABRICACIÓN DE HILOS Y CABLES AISLADOS.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE ACUMULADORES Y DE PILAS Y BATERÍAS PRIMARIAS.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS Y EQUIPO DE ILUMINACIÓN.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE OTROS TIPOS DE EQUIPO ELÉCTRICO N.C.P.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
FAB DE TUBOS, VÁLVULAS ELECTRÓNICOS Y DE OTROS COMPONENTES ELECTRÓNICOS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FAB DE RECEPTORES: RADIO TELEVISIÓN, APARATOS DE GRABACIÓN Y REPRODUC.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
FABRICACIÓN DE EQUIPO MÉDICO Y QUIRÚRGICO Y DE APARATOS ORTOPÉDICOS	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.3
FABRICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE ÓPTICA Y EQUIPO FOTOGRÁFICO.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FAB DE PARTES, PIEZAS, ACCESORIOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO Y DEPORTE.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE MUEBLES.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FABRICACIÓN DE JOYAS Y ARTÍCULOS CONEXOS.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS N.C.P.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AUTOMÓVILES	64.1	28.0	0.2	2.1	2.2	42.1
TAXIS	2.7	1.8	0.0	0.2	0.2	0.3
MOTOCICLETAS	7.1	1.1	0.1	0.2	0.3	1.6
AUTOBUSES	1.6	14.1	1.0	1.5	3.5	0.5
CARGA LIVIANA	17.5	27.4	4.3	9.4	21.4	2.6
CARGA PESADA	2.8	8.2	0.9	2.5	5.7	6.2
QUEMA RESIDENCIALES ESTACIONARIAS	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.0
QUEMA DE COMBUSTIBLES COMERCIAL	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.1
QUEMA DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES	1.0	0.9	4.5	1.3	3.5	0.0
QUEMA DE COMBUSTIBLES SECTOR PUBLICO	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1
FERROCARRILES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

FUENTES EMISORAS	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
AERONAVES	0.7	0.8	0.0	0.1	0.3	1.1
RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES ARQUITECTONICAS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
PINTURA DE CARROCERÍAS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
PINTURA DE TRÁFICO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
USO DOMÉSTICO DE SOLVENTES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9
LAVADO EN SECO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
ARTES GRÁFICAS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE DERIVADOS DEL PETRÓLEO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
PANADERPIAS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
ESTERILIZACIÓN EN HOSPITALES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN	0.0	0.0	0.0	3.7	2	0.0
ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	0.0	0.0	0.0	13.5	8	0.2
MANEJO DE RESIDUOS	1.4	0.3	0.0	11.8	28.4	3.9
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
INCENDIOS EN CONSTRUCCIONES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
INCENDIOS FORESTALES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
POLVO DE CAMINOS PAVIMENTADOS	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0
POLVO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS	0.0	0.0	0.0	30.0	4.7	0.0
TOTAL	100	100	100	100	100	100

Debido a que no todas las categorías de fuentes tienen incertidumbre por factor de emisión y por dato de actividad, se presenta a manera de ejemplo, la categoría de autos particulares para ilustrar ambas incertidumbres.

Tabla 8.4. Ejemplo de incertidumbres de datos de actividad y factores de emisión

Categoría de fuente	Incertidumbre					
	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NOX	GOR
Autos autobuses (G. Incertidumbre debida al dato de actividad)	10	10	10	10	10	10
Autos particulares (H. Incertidumbre debida al factor de emisión)	2.2	6.2	4.6	5.9	6.6	1.4

Tabla 8.5. Incertidumbre combinada por categoría de fuentes

Sector	Incertidumbre					
	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
FUENTES PUNTUALES						
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA		2	2			
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.				2		
ELABORACIÓN DE AZÚCAR				2	2	
FAB. DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.			2		2	
FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.			2	2	2	
FAB.DE PRODUC.FARMACEUTICOS, SUSTANCIAS QUÍMICAS MEDICINAS Y PRODUCTOS BOTÁNICOS.						2

FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLASTICO						2
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.					2	
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO			10	10	10	
FUENTES MÓVILES						
AUTOMÓVILES	46.4	46.5		46.0	46.4	46.02
MOTOCICLETAS	35.5					35.02
AUTOBUSES		12		10.23	11.8	
CARGA LIVIANA	13	36.6	36.3	36.1	33.7	36.0
CARGA PESADA	10	12		10.2	11.8	10
FUENTES DE ÁREA						
QUEMA DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES				3.5	3.5	
AERONAVES						2.0
RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES ARQUITECTONICAS						3.5
USO COMERCIAL Y DOMESTICO DE DOLVENTES						3.5
LAVADO EN SECO						3.5
ARTES GRÁFICAS						3.5
ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE DERIVADOS DEL PETRÓLEO						3.5
ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN				10.4	10.4	
ACTIVIDADES AGRICOLAS				10.4	10.4	
MANEJO DE RESIDUOS				10.4	10.4	10.4
POLVO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS				24.4	24.4	
POLVO DE CAMINOS PAVIMENTADOS				28.4		

Tabla 8.6. Incertidumbre de las emisiones totales

Sector	Incertidumbre					
	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
FUENTES PUNTUALES		**0.08**	**7.9**	**0.534**	**0.518**	**0.16**
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA		0.08	0.05			
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.				0.054		
ELABORACIÓN DE AZÚCAR				0.026	0.07	
FAB. DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.			0.042		0.036	
FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.			0.04	0.024	0.036	
FAB.DE PRODUC.FARMACEUTICOS, SUSTANCIAS QUÍMICAS MEDICINAS Y PRODUCTOS BOTÁNICOS.						0.12
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLASTICO						0.04
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.					0.046	
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO			7.77	0.43	0.33	
FUENTES MÓVILES	**34.78**	**25.89**	**1.56**	**4.92**	**9.3**	**21.55**
AUTOMÓVILES	29.7	13.02		0.97	1.02	19.37
MOTOCICLETAS	2.52					0.56
AUTOBUSES		1.69		0.15	0.41	
CARGA LIVIANA	2.28	10.2	1.56	3.39	7.2	1.0
CARGA PESADA	0.28	0.98		0.26	0.67	0.62
FUENTES DE ÁREA				**11.60**	**5.26**	**1.13**
QUEMA DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES				0.05	0.12	

AERONAVES						0.02
RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES ARQUITECTONICAS						0.10
USO COMERCIAL Y DOMESTICO DE DOLVENTES						0.42
LAVADO EN SECO						0.05
ARTES GRÁFICAS						0.06
ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE DERIVADOS DEL PETRÓLEO						0.07
ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN				0.38	0.21	
ACTIVIDADES AGRICOLAS				1.40	0.83	
MANEJO DE RESIDUOS				1.23	2.95	0.41
POLVO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS				7.32	1.15	
POLVO DE CAMINOS PAVIMENTADOS				1.22		

Tabla 8.7. Incertidumbre total del Inventario de Emisiones

Sector	Incertidumbre					
	CO	NOX	SO2	PM10	PM2.5	GOR
FUENTES PUNTUALES		**0**	**0.59**	**0**	**4**	**0**
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA		0	0			
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.				0		
ELABORACIÓN DE AZÚCAR				0	0	
FAB. DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.			0		4	
FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.			0	0	0	

FAB.DE PRODUC.FARMACEUTICOS, SUSTANCIAS QUÍMICAS MEDICINAS Y PRODUCTOS BOTÁNICOS.						0
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLASTICO						0
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.					0	
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO			0.59	0	0	
FUENTES MÓVILES	**8.91**	**2.77**	**0.02**	**0.11**	**0.53**	**3.76**
AUTOMÓVILES	8.8	1.7		0	0.01	3.75
MOTOCICLETAS	0.06	0				0
AUTOBUSES		0.03		0	0	
CARGA LIVIANA	0.05	1.04	0.02	0.11	0.52	0.01
CARGA PESADA	0	0		0	0	0
FUENTES DE ÁREA				**0.58**	**0.11**	**0**
QUEMA DE COMBUSTIBLES INDUSTRIALES				0	0	
AERONAVES						0
RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES ARQUITECTONICAS						0
USO COMERCIAL Y DOMESTICO DE DOLVENTES						0
LAVADO EN SECO						0
ARTES GRÁFICAS						0
ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE DERIVADOS DEL PETRÓLEO						0
ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN				0	0	
ACTIVIDADES AGRICOLAS				0.02	0.01	
MANEJO DE RESIDUOS				0.02	0.09	0
POLVO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS				0.54	0.01	

POLVO DE CAMINOS PAVIMENTADOS				1.50		
TOTAL	**8.91**	**2.77**	**0.61**	**0.69**	**0.64**	**3.76**
	29.8	**16.6**	**7.8**	**8.3**	**8.0**	**19.3**
INCERTIDUMBRE POR CONTAMINANTE	**12.8**	**2.7**	**1.5**	**0.2**	**0.08**	**3.6**
INCERTIDUMBRE PROMEDIO	**3,5 %**					

8.1.4. Descripción del cálculo de incertidumbre por tipo de fuente

Fuentes puntuales

La incertidumbre de las fuentes puntuales se calculó de dos formas, a excepción de la industria de fabricación de cemento, cal y yeso, a todas las categorías de fuentes se les asignó una inceridumbre basada en el factor de emisión y el dato de actividad. En el caso de la primera categoría mencionada se calculó utilizando las emisiones por dos métodos. Esto fue tomado utilizando la metodología de juicio de expertos.

Fuentes de área

La incertidumbre total de las fuentes área fue calculada mediante la combinación de la incertidumbre de los factores de emisión y la de los datos de actividad utilizando la ecuación de combinación de incertidumbres por adición. La incertidumbre por categoría estuvo asociada, en algunos casos, únicamente a los datos de actividad, puesto que no se han tenido actualizaciones de los factores de emisión.

Para el caso de Caminos pavimentados y sin pavimentar: Puesto que en el cálculo de caminos influyen diversos datos de actividad, la incertidumbre se obtuvó por tendencia de emisiones de años anteriores. Tomando valores ya probados en la ciudad de México, por no contar con otros datos comparativos para Costa Rica.

Fuentes móviles

La incertidumbre total de las fuentes móviles fue calculada mediante la combinación de incertidumbre de los factores de emisión y la de los datos de actividad. En el caso de los factores de emisión, la incertidumbre que se aplicó es la obtenida de la aplicación de este modelo en México. Para el dato de actividad, la incertidumbre se estimó comparando los datos obtenidos de la Encuesta del Consumo Energético Nacional en el Sector Transporte publicado por la Dirección secretarial de Energía y comparándolo con los datos tomados para los recorridos semanales en el cálculo de las emisiones.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

9.1. Conclusiones:

El presente inventario de emisiones como cualquier otro inventario que se elabora, tiene cierto grado de incertidumbre, el cual depende de la calidad y de la disponibilidad de la información con que se cuente, del tratamiento de ésta y del proceso metodológico del cálculo de las emisiones. Basados en las recomendaciones y aprendizaje del desarrollo de los inventarios anteriores para otros países de Latinoamérica, en especial México, se hizo un esfuerzo para recopilar la mejor información disponible y aplicar adecuadamente las metodologías de cálculo; además, se realizó un control de calidad en el manejo de cada dato, respaldando así cada cálculo.

Es importante mencionar que para calcular las emisiones del presente inventario, se tomó como base la metodología de los manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México, publicados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y las disposiciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Como parte del trabajo de recopilación de información y estimación de las emisiones se puede llegar a las siguientes conclusiones:

-El aporte de las fuentes de emisión depende fuertemente del contaminante criterio en estudio, ya que por ejemplo mientras que para el CO y los NOx la principal contribución proviene de fuentes móviles, en el caso del SO_2 el aporte es mayoritariamente debido a fuentes fijas.

-Las fuentes naturales son las principales generadoras de emisiones de NOx y GOR. Sin embargo, la falta de información sobre factores de emisión para especies forestales en zonas tropicales entre otros factores hacen que generalmente se sobreestimen las emisiones de estas fuentes.

-Luego de las fuentes naturales, las fuentes móviles en especial los autos particulares, los vehículos de carga liviana y los autobuses son los principales emisores de NOx, seguidas de las fuentes fijas. En conjunto, estas cuatro categorías de fuentes producen alrededor de 84,9 por ciento de las emisiones totales de NOx descontando las emisiones de fuentes naturales.

-Las plantas de fabricación de cemento y vidrio, seguidas de las centrales termoeléctricas y el consumo industrial de combustibles (fuente de área) emiten aproximadamente 97 por ciento de las emisiones totales de SO_2 del inventario.

-Después de las fuentes naturales, la utilización de solventes, los vehículos automotores que circulan por carreteras y la distribución de combustibles (gasolina y gas LP) son los principales responsables de las emisiones de GOR. Aunque estas tres categorías emiten sólo alrededor de 9 por ciento del total de GOR del inventario, su contribución se eleva por arriba de 65 por ciento si se excluyen las emisiones de fuentes naturales.

-Las emisiones de CO provienen principalmente de los vehículos automotores: más de 96,7 por ciento del total del inventario para este contaminante. El segundo lugar corresponde al consumo de combustibles fósiles en procesos de combustión en fuentes fijas.

-Las emisiones de PM10 y PM2.5 provienen principalmente del polvo fugitivo (resuspensión de polvo de los caminos pavimentados y no pavimentados), el manejo de residuos y las actividades agrícolas (fuentes de área), que contribuyen con más de 64 por ciento del total de PM10 y 40 por ciento del total de PM2.5 del inventario. Después del polvo fugitivo, los procesos de manufactura y otros procesos industriales, y las plantas de generación de electricidad son las fuentes con mayores emisiones de PM10 y PM2.5.

Estas dos categorías emiten sólo alrededor de 25,8 por ciento del total de PM10 y 15,2 por ciento del total de PM2.5 del inventario.

-Las actividades ganaderas y la generación doméstica de amoniaco, junto con la aplicación de fertilizantes, son responsables de la mayoría de las emisiones de NH_3 en el Área Metropolitana del país. La combustión industrial de combustibles y los vehículos automotores contribuyen con una muy pequeña proporción a las emisiones de este contaminante.

-Para las fuentes móviles, calcular las emisiones por año modelo adquiere vital importancia cuando se toma en cuenta que los vehículos viejos presentan mayor cantidad de emisiones en todos los contaminantes por no contar con tecnologías apropiadas, así por ejemplo el 45% de los vehículos (años modelos1993 y anteriores), emite el 62% de los gases orgánicos reactivos y el 42% de los óxidos de nitrógeno.

-En las fuentes de área sobresalen las emisiones de GOT, donde el 68% se genera por la degradación de residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios, metano en su mayoría (72%); otra cantidad importante de COT proviene de los diferentes productos comerciales utilizados para el cuidado personal, de los adhesivos y selladores, catalogados como *uso de solvente,* los cuales en conjunto emiten el 27%. Por el almacenamiento, transporte y uso de derivados del petróleo, se emitió el 2%, en su mayoría por emisiones evaporativas generadas por componentes de la gasolina.

9.2. Recomendaciones:

-El inventario de fuentes fijas se basó en los datos sobre emisiones disponibles a partir de mediciones de fuentes en campo, encuestas y las bases de datos del Ministerio de Salud. A medida que se logre desarrollar un programa de RETC en el país, y las disposiciones de sus leyes y reglamentos se instrumenten y apliquen plenamente en lo referente al reporte de emisiones de fuentes fijas, la información de partida para la estimación de emisiones serán más completas y constantes, lo que habrá de resultar en un inventario de fuentes fijas más fidedigno en el futuro.

-La mayoría de las emisiones de fuentes fijas en el inventario de contaminantes criterio proviene de plantas de generación de electricidad, fabricación de cemento y vidrio. A partir de estos sectores pueden establecerse las prioridades para la formulación de factores de emisión específicos para Costa Rica.

-La metodología para estimar las emisiones de fuentes de área utilizó estadísticas nacionales para los datos de actividad (por ejemplo, uso de combustibles, manejo de residuos, uso de solventes, etcétera). Sin embargo, en general hicieron falta datos de actividad más precisos a escala municipal. Como resultado, fue preciso emplear varios métodos de asignación espacial para desagregar los datos de actividad nacionales y poderlos expresar a escala municipal. Con frecuencia, tales métodos se basaban en conteos de población o de empleo, y permitieron aproximaciones de la distribución de los datos de actividad. La identificación y uso de datos de actividad de mayor resolución permitirá mejorar la calidad general del inventario de fuentes de área.

-Las emisiones evaporativas de GOR se originan en muy distintas categorías de fuentes. Desafortunadamente, para muchas categorías de emisores de COV (uso comercial y doméstico de solventes y desengrasado) no se identificaron fuentes de información de

datos nacionales. En consecuencia, se utilizaron por omisión factores estadounidenses de emisión per cápita o por empleado para estimar las emisiones, en lugar de datos de actividad específicos para Costa Rica, lo que dio como resultado que las emisiones de COV derivadas tanto del uso comercial y doméstico de solventes como del desengrasado tuvieran un alto grado de incertidumbre y una magnitud relativamente considerable en comparación con las emisiones de otras fuentes de COV. La identificación y obtención de información de las asociaciones comerciales adecuadas permitirá estimar con mayor precisión las emisiones de estas categorías.

-Las fuentes agrícolas incluyen una amplia variedad: fuentes de polvo fugitivo (labranza agrícola y corrales de engorda de ganado), fuentes de amoniaco (emisiones generadas a partir de los desechos del ganado y aplicación de fertilizantes), fuentes de combustión (quema agrícola) y fuentes evaporativas de COV (aplicación de plaguicidas).
Los datos de actividad del sector pecuario en general se suelen obtener del MAG o las respectivas cámaras de productores; sin embargo, la información que estas entidades pudieron dar se limitó a algunas estimaciones de la superficie cultivada y la población de ganado de años anteriores al inventario. Se requiere una interacción permanente y creciente con el MAG a efecto de identificar e integrar otros datos de actividad necesarios para el inventario de emisiones en el futuro; por ejemplo, información acerca de las prácticas agrícolas específicas de cada región, así como sobre los calendarios de cultivo y otros detalles de la actividad y que se cuente con inventarios de agropecuarios más frecuentes.

-La fuente más importante de emisiones de PM10 es la resuspensión de polvo de caminos pavimentados y no pavimentados. Para estimar tales emisiones se utilizó la metodología de factores de emisión más actualizada de la EPA; sin embargo, ésta incorpora ecuaciones que exigen varios parámetros de entrada específicos para cada localidad (contenido de limo, velocidad vehicular promedio, peso vehicular promedio,

contenido de humedad promedio del limo y número de días con precipitación pluvial). A excepción del número de días con precipitación, el resto de los parámetros de entrada importantes se basaron en dos conjuntos limitados de datos, que probablemente no sean representativos de las condiciones a lo largo del área de estudio. Si en el futuro se cuenta con estos parámetros de entrada específicos para cada localidad, será posible una precisión mucho mayor en las emisiones de polvo de caminos pavimentados y no pavimentados.

-Las emisiones de vehículos automotores se estimaron utilizando factores de emisión derivados del modelo MOBILE6-México ajustado a las condiciones de Costa Rica, mismo que constituye el modelo de factores de emisión más actualizado y representativo que puede usarse para las condiciones del país. Con todo, se identifican varias áreas que requieren mejoras. Por ejemplo, se requiere la realización a futuro de un estudio que identifique las características propias del patrón de manejo de los conductores en el país.

-Otros datos de actividad importantes en materia de vehículos automotores se refieren a las características del parque vehicular, e incluyen datos de registro, distribución por edad, combinación de KRV, etcétera. La realización de estudios ulteriores contribuirá a mejorar la información sobre características del parque vehicular utilizada para estimar las emisiones de vehículos automotores.

-El país carece de un inventario forestal actualizado, factor que es clave para poder estimar con exactitud las fuentes naturales de emisión. En forma adicional se requiere la realización de estudios que permitan determinar los factores de emisión por tipo de especie de acuerdo con las condiciones del trópico.

10. Referencias:

ARB, 2002. California Emission Inventory Development and Reporting System (CEIDARS) Particulate Matter (PM) Speciation Profiles. Actualizado el 26 de septiembre de 2002. California Air Resources Board. Dirección en Internet: http://www.arb.ca.gov/emisinv/speciate/PMSIZE_09_26_02.xls.

ARB, 2003. Detailed Documentation for Fugitive Dust and Ammonia Emission Inventory Changes for the SJVU APCD Particulate Matter SIP. California Air Resources Board, Planning and Technical Support Division.

Battye, R., W. Battye, C. Overcash y S. Fudge, 1994. Development and Selection of Ammonia Emission Factors. Informe final, preparado para la Agencia de Protección Ambiental de EU, Laboratorio de Investigación Atmosférica y Evaluación de la Exposición, por EC/R Incorporated, Durham, Carolina del Norte.

Coe, D.L., H.H. Main, L.R. Chinkin, C. Loomis, and J. Wilkinson, 1996. Review of Current Methodologies for Estimating Ammonia Emissions. Draft Final Report. Prepared for California Air Resources Board by Sonoma Technology, Inc., Santa Rosa, California and Alpine Geophysics, Golden, Colorado.

Comisión Nacional de Rectores (CONARE) (2009). Informe de Estado de la Nación: 2008. Consultado en agosto 2010 en http://www.estadonacion.org

Dirección Sectorial de Energía (2004). Encuesta del Consumo Nacional Energético en el sector transporte de Costa Rica. Consultado en noviembre de 2010 en: http://www.dse.go.cr

Dirección Sectorial Energía (2008). Balance Nacional de Energía. Consultado en noviembre de 2010 en:
http://www.dse.go.cr/es/03Publicaciones/02Estadisticas/balances/Balance2008.pdf

Dirección Sectorial de Energía (2009). Encuesta de recorridos medios de vehículos en Costa Rica 2009. Consultado en mayo de 2010 en: http://www.dse.go.cr

EIIP, 1995. Architectural Surface Coating. Volumen III, capítulo 3. Emission Inventory Improvement Program, Area Source Committee (Programa de Mejoramiento de Inventarios de Emisiones, Comité sobre Fuentes de Área). Noviembre. Dirección en Internet: http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/archsfc.pdf.

EIIP, 1996a. Consumer and Commercial Solvent Use. Volumen III, capítulo 5. Emission Inventory Improvement Program, Area Source Committee. Agosto. Dirección en Internet: http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/iii05.pdf.

EIIP, 1996b. Graphic Arts. Volumen III, capítulo 7. Emission Inventory Improvement Program, Area Source Committee. Noviembre. Dirección en Internet: http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/iii07.pdf.

EIIP, 1997. Solvent Cleaning. Volumen III, capítulo 6. Emission Inventory Improvement Program, Area Source Committee. Septiembre. Dirección en Internet: http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/iii06fin.pdf.

EIIP, 1999. Bakeries. Area Source Category Method Abstract (Resumen metodológico para la categoría de fuentes de área). Emission Inventory Improvement Program, Area Source

Committee. Junio. Dirección en Internet: http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/bakeries.pdf.

EIIP, 2001a. Residential Wood Combustion. Volumen III, capítulo 2. Versión final revisada. Emission Inventory Improvement Program, Area Source Committee. Enero. Dirección en Internet: http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/iii02_apr2001.pdf.

EIIP, 2001b. Gasoline Marketing (Stage I and Stage II). Volumen III, capítulo 11. Versión final revisada. Emission Inventory Improvement Program, Area Source Committee. Enero. Dirección en Internet: http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/iii11_apr2001.pdf.

EIIP, 2001e. Open Burning. Volumen III, capítulo 16. Versión final revisada. Emission Inventory Improvement Program, Area Source Committee. Enero. Dirección en Internet: http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/iii16_apr2001.pdf.

EIIP, 2001f. Structure Fires. Volumen III, capítulo 18. Emission Inventory Improvement Program, Area Source Committee. Enero. Dirección en Internet: http://www.epa.gov/ttn/chief/eiip/techreport/volume03/iii18_apr2001.pdf.

ERG (1997). Volumen VI *Programa de Mejoramiento de los Inventarios de Emisiones. Capítulos I al V .* Preparado para: Quality Assurance Committee Emission Inventory Improvement Program. USA. Consultado en Diciembre de 2008 de: http://www.epa.gov/ttnchie1/eiip/techreport/volume06/vi04.pdf.

FAO (2009). *Incertidumbre y riesgo*, Consultado el 17 de septiembre de 2009, del sitio web Food and Agricultura Organization of the United Nations:

http://www.fao.org/docrep/V8400S/v8400s05.htm#3.2%20estimación%20de%20la%20incertidumbre%20y%20del%20riesgo.

Frey, C. (s/f). *Quantification of uncertainty in Emission Factors and Inventories*. North Carolina, USA. Consultado en enero de 2010 de: http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei16/session5/frey.pdf

GDF, 2010. Inventario de emisiones a la atmósfera, Zona Metropolitana del Valle de México 2008. Documento preparado por la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Ciudad de México, México.

Hernández, A. (2009). *Evaluación del Plan Verde en materia de aire con base en el contenido de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y la modelación de los escenarios,* (227 p, julio 2009). Tesis de maestría en ciencias e ingeniería ambientales, UAM.

Herrera, J., Rodríguez. S., 2007. Cuarto Informe de Calidad del Aire de la ciudad de San José (2007), informe técnico, pp 15-16.

Herrera, J., Rodríguez. S., 2008. Primer Informe de Calidad del Aire del Area Metropolitana de Costa Rica (2008), informe técnico, pp 34-37.

Instituto Meteorológico Nacional (IMN) (2007). *Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica.* Consultado de noviembre 2010 en:

http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/Reg_climaCR.pdf

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) (2007). *Anuario 2007.* Consultado en noviembre de 2010 en: http://www.inec.go.cr/Web/Home/GeneradorPagina.aspx

IPCC (2000). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (vol. 1-5). Consultado en 2009 de: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html

Jhonson, R. (1997). *Probabilidad y estadística para ingenieros* (1ª ed. en español, p. 109), Edo. de Méx., México: Prentice Hall.

Ministerio de Economía Industria y Comercio (MEIC) (2010) *Estadísticas de PYMEs 2007*. Consultado en noviembre de 2010 en: http://www.pyme.go.cr/svs/informacion_estadistica/estadistica.aspx?id=279

Ministerio de Planificación (MIDEPLAN) (2010) *Estadísticas Sectoriales 2004-2007.* Consultado en noviembre de 2010 en: http://www.mideplan.go.cr/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,239/

MRI, 1996. Improvement of Specific Emission Factors (BACM Project No. 1). Informe final preparado por el Midwest Research Institute para el South Coast Air Quality Management District, Kansas City, Missouri. 29 de marzo.

NARSTO (2005). *Improving Emission Inventories for Effective Air quality Management Across North America* (cap. 8 y apéndice C). NARSTO (Asociación pública/privada dedicada a mejorar la gestión de la calidad del aire en Norte América: México, Estados

Unidos y Canadá). Washington, USA. Consultado en enero de 2010 de: http://www.narsto.org/section.src?SID=8

Oda B. (2005). *Introducción al análisis grafico de datos experimentales*. D.F., México: Coordinación de servicios editoriales, Facultad de ciencias, UNAM.

PEMEX, 1997. Efecto del Gas LP en la ZMCM. Preparado por PEMEX-Gas y Petroquimica Básica, Ciudad de México, México.

Pierce, T.W., B.K. Lamb, and A.R. Van Meter, 1990. *Development of a Biogenic Emissions Inventory System for Regional Scale Air Pollution Models,* Paper 90094.3. Presentado en la 83° Reunión Anual de la Air & Waste Management Association, Pittsburgh, Pennsylvania, Junio 24-29.

PRUGAM (2010)*, Plan Regional Urbano para el Gran Área Metropolitana de Costa Rica, 2008-2030,* Costa Rica. Consultado en noviembre de 2010 de: http://www.prugam.go.cr

Radian, 1997. México Emissions Inventory Program Manuals, Volume V B Area Source Inventory Development, Final. Preparado para la Asociación de Gobernadores del Oeste y el Comité Asesor Binacional por Radian International, Sacramento, California. 31 de marzo.

Robinson, E., and R.C. Robbins, 1968. *Sources, Abundance, and Fate of Gaseous Atmospheric Pollutants.* Report SRI Project PR6755, Stanford Research Institute, Menlo Park, California, pp. 1-122.

Seinfeld, J.H., 1986. *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*. John Wiley & Sons, Inc., New York

Universidad Nacional de Colombia (s.f.). *Lección de teoría de la medida*, Consultado en agosto de 2009, del sitio web Universidad Nacional de Colombia, Grupo de Instrumentación Científica e Industrial: http://www.unalmed.edu.co/fisica/paginas/cursos/paginas_cursos/recursos_web/lecciones_fisica_universitaria/leccion_teoria_de_la_medida/concepto/index21.htm

U.S. EPA, 1991. Procedures for the Preparation of Emission Inventories for the Preparation of Emission Inventories for Carbon Monoxide and Precursors of Ozone. Volume I: General Guidance for Stationary Sources. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, North Carolina. EPA-450/4-91-016.

U.S. EPA, 1992. Global Methane Emissions from Livestock and Poultry Manure (Emisiones globales de metano de actividades ganaderas y avícolas). EPA/400/1-91/048. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, Oficina de Aire y Radiación. Febrero.

U.S. EPA, 1993. *Air Quality Criteria For NOx, Volume I,* U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina. EPA 600/8-91/049a, pp. 4-11 to 4-14.

US EPA, 1995. *Compilation of Air Pollution Emission Factors* (AP-42) – Volume I: Stationary Point and Area Sources (Compilación de factores de emisión de la contaminación atmosférica – Volumen I: Fuentes estacionarias puntuales y de área). Quinta edición (varias secciones). Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, Oficina de Planeación y Normatividad sobre Calidad del Aire, Research Triangle Park, Carolina del Norte. Agosto. Dirección de Internet: http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42.

US EPA, 2002. User's Guide to MOBILE6.1 and MOBILE6.2: Mobile Source Emission Factor Model (Guía del usuario del modelo de factores de emisión de fuentes móviles MOBILE6.1 y MOBILE6.2). Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Octubre. Dirección de Internet: http://www.epa.gov/otaq/models/mobile6/r02028.pdf.

US EPA, 2004. National Emission Inventory – Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations (Inventario Nacional de Emisiones: emisiones de amoníaco derivadas de actividades de cría de animales). Informe preliminar. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. 30 de enero. Dirección de Internet: http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch09/related/nh3inventorydraft_jan2004.pdf.

Watson, J.G., J.A. Cooper, and J.J. Huntzicker, 1984. "The Effective Variance Weighting for Least Squares Calculations Applied to the Mass Balance Receptor Model," *Atmospheric Environment* 18:1347- 1355.

Wayne, D. (1989). *Bioestadística, Base para el análisis de las ciencias de la salud* (3ª ed., p. 43), D.F., México: Limusa.

Wright, J., Informe de Radiacion Solar en Costa Rica, Top. Meteoro. Oceanog. 9 (2)79-87, 2002,

APENDICE A:

MEMORIAS TECNICAS

A1. Memoria de Cálculo de Emisiones: Fuentes Fijas

La división de las fuentes de emisión en “puntuales” y “de área” es arbitraria, pero se considera fundamental para la eficiente recopilación de la información que sustentará el inventario de emisiones. Esta división tiene implicaciones importantes tanto para el desarrollo de programas normativos, como para la determinación del volumen y tipo de información que será necesaria para desarrollar futuros programas de gestión de calidad del aire. El contar con información detallada sobre cada “punto” en el que las emisiones son descargadas a la atmósfera, es muy importante dado que permitiría un entendimiento preciso de cada fuente.

En el presente inventario se definió como fuente fija a todo aquel establecimiento comercial registrado en la lista de patronos del sistema de la Caja Costarricense de Seguro Social que incluya más de 40 empleados para el año 2007. A partir de esta premisa, se realizaron los ajustes respectivos para asegurar la inclusión de las pequeñas empresas remanentes en las distintas categorías evaluadas en las fuentes de área.

A1. Fuentes Puntuales:

El inventario de emisiones de fuentes puntuales en el Área Metropolitana de Costa Rica del año 2007, está integrado por las emisiones de 419 industrias, las cuales, poseen un número de empleados mayor a 40. Para fines de cálculo, se utilizaron las siguientes fuentes de información:

-Listado de empresas y establecimientos comerciales con domicilio en los 31 cantones del Área Metropolitana de Costa Rica, inscritos en el sistema de pensiones de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS).

-Listado de calderas autorizadas para su funcionamiento, en el año 2007, por el Consejo de Salud Ocupacional del Ministerio de Trabajo.

-Encuestas aplicadas a una población muestral de fuentes fijas ubicadas en el área de estudio

-Reportes Operacionales de Calderas presentados por fuentes fijas recibidos por el Ministerio de Salud (Decreto MINAE-S-30222) para el año 2007.

-Medición en campo de las emisiones de un grupo muestral de calderas que no cuentan con reporte operacional presentado para el año 2007, a pesar de contar con permiso de funcionamiento del Ministerio de Trabajo.

A partir de estas fuentes de información, se tomarón las siguientes acciones:

1. Se seleccionaron las empresas registradas en la CCSS que contarán con más de 40 empleados registrados.

2. A partir de la población muestral de empresas seleccionadas, se aplicaron encuestas a un número representativo de las mismas (aproximadamente 10%) distribuidas por código CIIU.

3. Una vez recopilada la información de las emisiones y datos de actividad obtenida de las encuestas, reportes operacionales y muestreos en fuentes; se procedió a estimar factores de emisión por número de empleado para cada uno de los tipos de industriasde acuerdo con su código CIIU y se extendió por extrapolación a la totalidad de las fuentes fijas.

Las actividades realizadas para estimar las emisiones fueron las siguientes:

- Control de calidad de la información obtenida de cada una de las distintas fuentes
- Captura de datos
- Actualización de los factores de emisión por combustión y proceso.
- Cálculo de emisiones
- Análisis de resultados

A.1.1. Definición de la población de Fuentes Fijas:

Según la base de datos de la Caja Costarricense de Seguro Social, se reporta un total de 3463 industrias con domicilio en los 31 cantones del Área Metropolitana de Costa Rica operando durante el año 2007. A partir de este listado, se procedió a clasificar las mismas de acuerdo con su código CIIU tal como se puede observar en la tabla A1.1.

Tabla A1.1. Distribución de las empresas del Área Metropolitana de Costa Rica por código CIIU para el año 2007. (Fuente: CCSS)

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
PRODUC. PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS.	1511	49
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PESCADO Y PRODUCTOS DE PESCADO.	1512	11
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS.	1513	45
ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL.	1514	7
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS.	1520	40
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.	1531	61
ELABORACION DE ALMIDONES Y PRODUCTOS DERIVADOS DEL ALMIDÓN	1532	1
ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES.	1533	25
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PANADERÍA.	1541	414
ELABORACIÓN DE AZÚCAR.	1542	6

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
ELABORACIÓN DE CACAO Y CHOCOLATE Y DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA.	1543	27
ELAB. DE MACARRONES, FIDEOS , ALCUZCUZ Y PRODUC. FARINÁCEOS SIMILARES.	1544	2
ELABORACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS N.C.P.	1549	160
DESTILACIÓN, RECTIFICACIÓN Y MEZCLA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS	1551	6
ELABORACION DE VINOS	1552	5
ELABORACIÓN DE BEBIDAS MALTEADAS Y DE MALTA.	1553	5
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	1554	29
ELABORACION DE PRODUCTOS DE TABACO	1600	8
PREPARACIÓN E HILATURA DE FIBRAS TEXTILES, TEJEDURA DE PRODUC. TEXTILES.	1711	28
ACABADO DE PRODUCTOS TEXTILES.	1712	26
FAB.DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	1721	66
FABRICACION DE TAPICES Y ALFOMBRAS	1722	3
FABRICACIÓN DE CUERDAS, CORDELES, BRAMANTES Y REDES.	1723	2
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS TEXTILES	1729	28
FABRICACIÓN DE TEJIDOS Y ARTÍCULOS DE PUNTO Y GANCHILLO.	1730	12
FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.	1810	114
ADOBO Y TEÑIDO DE PIELES; FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE PIEL.	1820	5
FAB.DE MALETAS,BOLSOS DE MANO,SIMILARES Y DE ARTÍC.DE TALABARTERÍA	1912	25
FABRICACIÓN DE CALZADO.	1920	34
ASERRADERO Y ACEPILLADURA DE MADERA.	2010	71
FAB. DE HOJAS DE MADERA PARA ENCHAPADO, TABLEROS	2021	16
FAB.DE PARTES Y PIEZAS DE CARPINTERÍA PARA EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES.	2022	70
FABRICACIÓN DE RECIPIENTES DE MADERA.	2023	5
FABRICACION DE ARTICULOS DE CORCHO, PAJA YMATERIALES	2029	3
FABRICACIÓN DE PASTA DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN.	2101	14
FABRICACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN ONDULADO Y DE ENVASES DE PAPEL Y	2102	15

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
CARTÓN.		
FABRICACIÓN DE OTROS ARTÍCULOS DE PAPEL Y CARTÓN.	2109	20
EDICIÓN DE LIBROS, FOLLETOS, PARTITURAS Y OTRAS PUBLICACIONES.	2211	12
EDICIÓN DE PERIÓDICOS, REVISTAS Y PUBLICACIONES PERIÓDICAS.	2212	15
EDICION DE GRABACIONES	2213	2
OTRAS ACTIVIDADES DE EDICION	2219	13
ACTIVIDADES DE IMPRESIÓN.	2221	311
ACTIVIDADES DE SERVICIO RELACIONADAS CON LA IMPRESION	2222	33
REPRODUCCION DE GRABACIONES	2230	1
FABRICACION DE PRODUCTOS DE LA REFINACION DEL PETROLEO	2320	1
FAB.DE SUSTANCIAS QUÍMICAS, EXCEPTO ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	2411	14
FABRICACIÓN DE ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	2412	4
FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN FORMA PRIMARIAS Y DE CAUCHO SINTÉTICO.	2413	33
FABRICACION DE PLAGUICIDAS Y OTROS PRODUCTOS DE USO AGROPECUARIO	2421	3
FAB.DE PINTURAS,BARNICES Y PRODUC.DE REVESTIMIENTO SIMILARES Y OTROS.	2422	28
FAB.DE PRODUC.FARMAC,SUSTANCIAS QUÍMICAS MEDIC.Y PRODUC.BOTÁNICOS.	2423	45
FAB.DE JABONES Y DETERGENTES,PREPARADOS PARA LIMPIAR,PULIR Y OTROS.	2424	30
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS N.C.P.	2429	61
FABRICACION DE FIBRAS MANUFACTURADAS	2430	4
FAB.DE CUBIERTAS Y CÁMARAS DE CAUCHO.	2511	16
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS DE CAUCHO.	2519	14
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO.	2520	95
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.	2610	28
FAB.DE PRODUCTOS DE CERÁMICA NO REFRACTARIA PARA USO NO ESTRUCTURAL.	2691	20
FABRICACION DE PRODUCTOS DE CERAMICA REFRACTARIA	2692	3
FAB.DE PRODUC.DE ARCILLA Y CERÁMICA NO REFRACTARIAS PARA USO	2693	15

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
ESTRUC.		
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO. CALCULADAS CON FE DE COMBUSTIÓN	2694	42
FABRICACION DE ARTICULOS DE HORMIGON, CEMENTO Y YESO	2695	19
CORTE, TALLADO Y ACABADO DE PIEDRA	2696	2
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS	2699	10
INDUSTRIAS BÁSICAS DE HIERRO Y ACERO.	2710	46
FAB.DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y METALES NO FERROSOS.	2720	11
FUNDICION DE HIERRO Y ACERO	2731	7
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS PARA USO ESTRUCTURAL.	2811	160
FABRICACION DE TANQUES, DEPOSITOS Y RECIPIENTES DE METAL	2812	4
FORJA, PRENSADO, ESTAMPADO Y LAMINADO DE METAL	2891	3
TRATAMIENTO Y REVESTIMIENTO DE METALES	2892	7
FAB DE ARTÍC DE CUCHILLERÍA,HERRAMIENTAS DE MANO Y ARTÍC DE FERRETERÍA	2893	24
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ELABORADOS DE METAL N.C.P.	2899	113
FABRICACION DE MOTORES Y TURBINAS	2911	11
FABRICACION DE BOMBAS Y COMPRESORES	2912	1
FABRICACION DE COJINES, ENGRAJES, TRENES DE ENGRAJES	2913	1
FABRICACION DE EQUIPO DE ELEVACION	2915	1
FABRICACION DE OTROS TIPOS DE MAQUINARIA	2919	2
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA AGROPECUARIA Y FORESTAL.	2921	8
FABRICACIÓN DE MÁQUINAS HERRAMIENTA.	2922	13
FAB.DE MAQ. PARA LA EXPLOTA.DE MINAS,CANTERAS Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.	2924	16
FAB DE MAQ PARA LA ELAB DE PRODUC TEXTILES,PRENDAS DE VESTIR Y CUEROS.	2926	18
FABRICACION DE OTROS TIPO DE MAQUINARIA	2929	4
FABRICACIÓN DE APARATOS DE USO DOMÉSTICO N.C.P.	2930	15

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA DE OFICINA, CONTABILIDAD E INFORMÁTICA.	3000	15
FABRICACIÓN DE MOTORES, GENERADORES Y TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS.	3110	18
FABRICACION DE APARATOS DE DISTRIBUCION Y CONTROL DE ENERGÍA ELECTRICA	3120	4
FABRICACIÓN DE HILOS Y CABLES AISLADOS.	3130	1
FABRICACIÓN DE ACUMULADORES Y DE PILAS Y BATERÍAS PRIMARIAS.	3140	1
FABRICACIÓN DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS Y EQUIPO DE ILUMINACIÓN.	3150	3
FABRICACIÓN DE OTROS TIPOS DE EQUIPO ELÉCTRICO N.C.P.	3190	33
FAB DE TUBOS,VÁLVULAS ELECTRÓNICOS Y DE OTROS	3210	4
COMPONENTES ELECTRÓNICOS		
FABRICACION DE TRANSMISORES DE RADIO Y TELEVISION	3220	4
FAB DE RECEPTORES: RADIO TELEVISIÓN,APARATOS DE GRABACIÓN Y REPRODUC.	3230	18
FABRICACIÓN DE EQUIPO MÉDICO Y QUIRÚRGICO Y DE APARATOS ORTOPÉDICOS	3311	23
FABRICACION DE INSTRUMENTOS PARA MEDIR	3312	1
FABRICACION DE EQUIPO PARA EL CONTROL DE PROCESOS IND	3313	3
FABRICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE ÓPTICA Y EQUIPO FOTOGRÁFICO.	3040	52
FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	3410	93
FABRICACION DE CARROCERIAS	3420	6
FAB DE PARTES,PIEZAS,ACCESORIOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	3430	22
CONSTRUCCION Y REPARACION DE BUQUES	3511	8
CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO Y DEPORTE.	3512	4
FABRICACION DE LOCOMOTORAS	3520	1
FABRICACION DE AERONAVES	3530	4
FABRICACION DE BICICLETAS	3592	2
FABRICACION DE OTROS TIPO DE VEHICULOS DE TRANSPORTE	3599	4
FABRICACIÓN DE MUEBLES.	3610	167
FABRICACIÓN DE JOYAS Y ARTÍCULOS CONEXOS.	3691	27

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
FABRICACION DE INSTRUMENTOS MUSICALES	3692	1
FABRICACION DE ARTICULOS DE DEPORTE	3693	3
FABRICACION DE JUGUETES	3694	6
OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS N.C.P.	3699	112
RECICLAMIENTO DE DESPERDICIOS METALICOS	3710	6
RECICLAMIENTO DE DESPERDICIOS NO METALICOS	3720	20
	TOTAL	**3463**

Una vez realizada la clasificación por código CIIU, se procedió a descartar todas aquellas industrias que posean una planilla menor a 40 empleados, considerando que estas se encuentran contenidas en las fuentes de área. La Tabla A1.2 muestra la lista final de fuentes fijas a ser consideradas en el área de estudio.

Tabla A1.2. Fuentes fijas a ser consideradas en el inventario de emisiones clasificadas por código CIIU.

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
PRODUC. PROCESAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS.	1511	6
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PESCADO Y PRODUCTOS DE PESCADO.	1512	1
ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS.	1513	14
ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL.	1514	2
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS.	1520	7
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE MOLINERÍA.	1531	12
ELABORACION DE ALMIDONES Y PRODUCTOS DERIVADOS DEL ALMIDÓN	1532	0
ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA ANIMALES.	1533	3
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PANADERÍA.	1541	19
ELABORACIÓN DE AZÚCAR.	1542	2

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
ELABORACIÓN DE CACAO Y CHOCOLATE Y DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA.	1543	5
ELAB. DE MACARRONES, FIDEOS , ALCUZCUZ Y PRODUC. FARINÁCEOS SIMILARES.	1544	1
ELABORACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS N.C.P.	1549	21
DESTILACIÓN, RECTIFICACIÓN Y MEZCLA DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS	1551	2
ELABORACION DE VINOS	1552	0
ELABORACIÓN DE BEBIDAS MALTEADAS Y DE MALTA.	1553	3
ELABORACIÓN DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS: PRODUCCIÓN DE AGUAS MINERALES.	1554	7
ELABORACION DE PRODUCTOS DE TABACO	1600	2
PREPARACIÓN E HILATURA DE FIBRAS TEXTILES, TEJEDURA DE PRODUC. TEXTILES.	1711	6
ACABADO DE PRODUCTOS TEXTILES.	1712	3
FAB.DE ARTÍCULOS CONFECCIONADOS DE MATERIALES TEXTILES.	1721	11
FABRICACION DE TAPICES Y ALFOMBRAS	1722	0
FABRICACIÓN DE CUERDAS, CORDELES, BRAMANTES Y REDES.	1723	1
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS TEXTILES	1729	1
FABRICACIÓN DE TEJIDOS Y ARTÍCULOS DE PUNTO Y GANCHILLO.	1730	6
FABRICACIÓN DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL.	1810	11
ADOBO Y TEÑIDO DE PIELES; FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE PIEL.	1820	2
FAB.DE MALETAS,BOLSOS DE MANO,SIMILARES Y DE ARTÍC.DE TALABARTERÍA	1912	2
FABRICACIÓN DE CALZADO.	1920	1
ASERRADERO Y ACEPILLADURA DE MADERA.	2010	6
FAB. DE HOJAS DE MADERA PARA ENCHAPADO, TABLEROS	2021	0
FAB.DE PARTES Y PIEZAS DE CARPINTERÍA PARA EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES.	2022	6
FABRICACIÓN DE RECIPIENTES DE MADERA.	2023	3
FABRICACION DE ARTICULOS DE CORCHO, PAJA YMATERIALES	2029	0
FABRICACIÓN DE PASTA DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN.	2101	3
FABRICACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN ONDULADO Y DE ENVASES DE PAPEL Y	2102	6

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
CARTÓN.		
FABRICACIÓN DE OTROS ARTÍCULOS DE PAPEL Y CARTÓN.	2109	3
EDICIÓN DE LIBROS, FOLLETOS, PARTITURAS Y OTRAS PUBLICACIONES.	2211	2
EDICIÓN DE PERIÓDICOS, REVISTAS Y PUBLICACIONES PERIÓDICAS.	2212	1
EDICION DE GRABACIONES	2213	0
OTRAS ACTIVIDADES DE EDICION	2219	0
ACTIVIDADES DE IMPRESIÓN.	2221	19
ACTIVIDADES DE SERVICIO RELACIONADAS CON LA IMPRESION	2222	0
REPRODUCCION DE GRABACIONES	2230	0
FABRICACION DE PRODUCTOS DE LA REFINACION DEL PETROLEO	2320	0
FAB.DE SUSTANCIAS QUÍMICAS, EXCEPTO ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	2411	4
FABRICACIÓN DE ABONOS Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO.	2412	1
FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN FORMA PRIMARIAS Y DE CAUCHO SINTÉTICO.	2413	11
FABRICACION DE PLAGUICIDAS Y OTROS PRODUCTOS DE USO AGROPECUARIO	2421	0
FAB.DE PINTURAS,BARNICES Y PRODUC.DE REVESTIMIENTO SIMILARES Y OTROS.	2422	5
FAB.DE PRODUC.FARMAC,SUSTANCIAS QUÍMICAS MEDIC.Y PRODUC.BOTÁNICOS.	2423	22
FAB.DE JABONES Y DETERGENTES,PREPARADOS PARA LIMPIAR,PULIR Y OTROS.	2424	3
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS N.C.P.	2429	9
FABRICACION DE FIBRAS MANUFACTURADAS	2430	0
FAB.DE CUBIERTAS Y CÁMARAS DE CAUCHO.	2511	4
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS DE CAUCHO.	2519	4
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO.	2520	25
FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO.	2610	2
FAB.DE PRODUCTOS DE CERÁMICA NO REFRACTARIA PARA USO NO ESTRUCTURAL.	2691	3
FABRICACION DE PRODUCTOS DE CERAMICA REFRACTARIA	2692	0
FAB.DE PRODUC.DE ARCILLA Y CERÁMICA NO REFRACTARIAS PARA USO	2693	2

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
ESTRUC.		
FABRICACIÓN DE CEMENTO, CAL Y YESO. CALCULADAS CON FE DE COMBUSTIÓN	2694	13
FABRICACION DE ARTICULOS DE HORMIGON, CEMENTO Y YESO	2695	0
CORTE, TALLADO Y ACABADO DE PIEDRA	2696	0
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS	2699	0
INDUSTRIAS BÁSICAS DE HIERRO Y ACERO.	2710	5
FAB.DE PRODUCTOS PRIMARIOS DE METALES PRECIOSOS Y METALES NO FERROSOS.	2720	2
FUNDICION DE HIERRO Y ACERO	2731	0
FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS PARA USO ESTRUCTURAL.	2811	13
FABRICACION DE TANQUES, DEPOSITOS Y RECIPIENTES DE METAL	2812	0
FORJA, PRENSADO, ESTAMPADO Y LAMINADO DE METAL	2891	0
TRATAMIENTO Y REVESTIMIENTO DE METALES	2892	1
FAB DE ARTÍC DE CUCHILLERÍA,HERRAMIENTAS DE MANO Y ARTÍC DE FERRETERÍA	2893	5
FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS ELABORADOS DE METAL N.C.P.	2899	15
FABRICACION DE MOTORES Y TURBINAS	2911	0
FABRICACION DE BOMBAS Y COMPRESORES	2912	0
FABRICACION DE COJINES, ENGRAJES, TRENES DE ENGRAJES	2913	0
FABRICACION DE EQUIPO DE ELEVACION	2915	0
FABRICACION DE OTROS TIPOS DE MAQUINARIA	2919	0
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA AGROPECUARIA Y FORESTAL.	2921	1
FABRICACIÓN DE MÁQUINAS HERRAMIENTA.	2922	1
FAB.DE MAQ. PARA LA EXPLOTA.DE MINAS,CANTERAS Y OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.	2924	0
FAB DE MAQ PARA LA ELAB DE PRODUC TEXTILES,PRENDAS DE VESTIR Y CUEROS.	2926	1
FABRICACION DE OTROS TIPO DE MAQUINARIA	2929	0
FABRICACIÓN DE APARATOS DE USO DOMÉSTICO N.C.P.	2930	6

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
FABRICACIÓN DE MAQUINARIA DE OFICINA, CONTABILIDAD E INFORMÁTICA.	3000	5
FABRICACIÓN DE MOTORES, GENERADORES Y TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS.	3110	7
FABRICACION DE APARATOS DE DISTRIBUCION Y CONTROL DE ENERGÍA ELECTRICA	3120	0
FABRICACIÓN DE HILOS Y CABLES AISLADOS.	3130	1
FABRICACIÓN DE ACUMULADORES Y DE PILAS Y BATERÍAS PRIMARIAS.	3140	1
FABRICACIÓN DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS Y EQUIPO DE ILUMINACIÓN.	3150	1
FABRICACIÓN DE OTROS TIPOS DE EQUIPO ELÉCTRICO N.C.P.	3190	11
FAB DE TUBOS,VÁLVULAS ELECTRÓNICOS Y DE OTROS	3210	2
FABRICACION DE TRANSMISORES DE RADIO Y TELEVISION	3220	0
FAB DE RECEPTORES: RADIO TELEVISIÓN,APARATOS DE GRABACIÓN Y REPRODUC.	3230	3
FABRICACIÓN DE EQUIPO MÉDICO Y QUIRÚRGICO Y DE APARATOS ORTOPÉDICOS	3311	5
FABRICACION DE INSTRUMENTOS PARA MEDIR	3312	0
FABRICACION DE EQUIPO PARA EL CONTROL DE PROCESOS IND	3313	0
FABRICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE ÓPTICA Y EQUIPO FOTOGRÁFICO.	3320	3
FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	3410	2
FABRICACION DE CARROCERIAS	3420	0
FAB DE PARTES,PIEZAS,ACCESORIOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES.	3430	2
CONSTRUCCION Y REPARACION DE BUQUES	3511	0
CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO Y DEPORTE.	3512	2
FABRICACION DE LOCOMOTORAS	3520	0
FABRICACION DE AERONAVES	3530	0
FABRICACION DE BICICLETAS	3592	0
FABRICACION DE OTROS TIPO DE VEHICULOS DE TRANSPORTE	3599	0
FABRICACIÓN DE MUEBLES.	3610	6
FABRICACIÓN DE JOYAS Y ARTÍCULOS CONEXOS.	3691	1
FABRICACION DE INSTRUMENTOS MUSICALES	3692	0

DESCRIPCION	CODIGO CIIU	NÚMERO DE INDUSTRIAS
FABRICACION DE ARTICULOS DE DEPORTE	3693	0
FABRICACION DE JUGUETES	3694	0
OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS N.C.P.	3699	8
RECICLAMIENTO DE DESPERDICIOS METALICOS	3710	0
RECICLAMIENTO DE DESPERDICIOS NO METALICOS	3720	1
	TOTAL	**419**

A.1.2. Factores de emisión de proceso:

Para el cálculo de las emisiones generadas por proceso productivo se utilizaron los factores de emisión de acuerdo con el Source Code Classification (SCC) de la US-EPA (2005). Los factores de emisión representan las cantidades de contaminante emitido por cada actividad del proceso. Los factores utilizados son factores sin control, ya que en la encuesta que se aplicó a la muestra seleccionada de fuentes fijas, el industrial proporciona información de los equipos de control con que cuenta, así como la eficiencia de dichos equipos.

Para realizar las conversiones de los factores de emisión se realizaron las siguientes actividades:

a. Se seleccionó de la base de datos *FIRE 6.25* (U.S. EPA, 2005*),* los procesos que fueron reportados en las encuestas aplicadas.
b. Se localizó el código SCC (correspondiente al código CIIU) que representa el proceso o actividad productiva.
c. Se identificaron las unidades de los factores en el *FIRE 6.25* para hacer las conversiones del sistema inglés al sistema métrico.

En las tablas A.1.3 a la A.1.10 se presentan los factores de emisión utilizados en el inventario de emisiones.

Tabla A1.3. Factores de emisión para la industria textil

SCC	Nombre del proceso	Kg/unidad	Unidad
Operaciones de fabricación generales misceláneos		**GOR**	
3-30-001-02	Pintado	128,93	Toneladas de material procesadas
3-30-001-04	Tiendas de campaña: calentamiento	0,21	Toneladas de material procesadas
Impregnación de hule/caucho		**GOR**	
3-30-002-11	Impregnación	60,06	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-30-002-12	Recubrimiento húmedo	544,80	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-30-002-13	Recubrimiento fluido caliente	60,06	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-30-002-14	Mezcla de recubrimiento húmedo	54,48	Toneladas de recubrimiento mezclado
Cuero y productos del cuero		**GOR**	
3-20-999-98	Otros no clasificados	2,28	Litros de material procesado
Operaciones de recubrimiento de superficies			
Revestimiento de telas		**GOR**	
4-02-011-01	Operaciones de revestimiento	908	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-011-05	Limpieza del equipo	908	Toneladas de solvente en el recubrimiento
Impresión en telas		**GOR**	
4-02-011-11	Impresión en telas por rodillo	128,94	Toneladas de tela
4-02-011-12	Impresión en telas por rodillo (2)	126,212	Líneas de impresión
4-02-011-13	Impresión en telas por pantalla rotatoria	20,88	Toneladas de tela
4-02-011-14	Impresión en telas por pantalla rotatoria (2)	28,148	Líneas de impresión

4-02-011-15	Impresión en telas por pantalla plana	71,73	Toneladas de tela
4-02-011-16	Impresión en telas por pantalla plana (2)	28,148	Líneas de impresión
4-02-011-99	Otros no clasificados	908	Toneladas de solvente en el recubrimiento
Manejo de pigmentos		**PM_{10}**	
3-01-014-02	Uso de pigmentos	7,718	Toneladas de pigmento

Tabla A.1.4 Factores de emisión para la Industria alimenticia, bebidas y tabaco

SCC	Nombre del proceso	Kg/unidad				Unidad
Tostado de café		**PM_{10}**	**SO_2**	**NO_x**	**GOR**	
3-02-002-01	Tostador de flama directa	0,55	0,20	0,05	1,30	Toneladas de granos verdes
3-02-002-02	Tostador de flama indirecta	0,30	0,20	0,05	1,30	Toneladas de granos verdes
3-02-002-03	Enfriador de grano	0,10	-	-		Toneladas de granos verdes
Molido de trigo		**PM_{10}**				
3-01-007-31	Recibo de grano	0,03				Toneladas de grano recibido
3-01-007-32	Prelimpieza de manejo	0,02				Toneladas de grano recibido
3-01-007-34	Molino	17,5				Toneladas de grano recibido
Maíz: Molido en seco						
3-01-007-41	Recibo de grano	0,03				Toneladas de grano recibido
3-01-007-42	Secado de grano	0,34				Toneladas de grano recibido
3-01-007-43	Prelimpieza/manejo	0,02				Toneladas de grano recibido
3-01-007-44	Limpieza	1,85				Toneladas de

					grano recibido
Maíz: Molido húmedo					
3-01-007-51	Recibo de grano	0,08			Toneladas de grano recibido
3-01-007-52	Manejo de grano	0,38			Toneladas de grano recibido
3-01-007-53	Limpieza de grano	1,85			Toneladas de grano recibido
3-01-007-54	Secador	0,13			Toneladas de grano recibido
Avena / Molino					
3-01-007-60	Molido	0,75			Toneladas de grano recibido
Arroz / Molino					
3-01-007-70	Recibo de grano	0,05			Toneladas de grano recibido
3-01-007-72	Prelimpieza/manejo	0,38			Toneladas de grano recibido
3-01-007-73	Secado	0,01			Toneladas de grano recibido
Manufactura de alimentos					
3-01-008-04	Manejo	0,23			Toneladas de grano recibido
3-01-008-05	Molido	0,03			Toneladas de grano recibido
3-01-008-06	Enfriador de polvos	0,05			Toneladas de grano recibido
Producción de cerveza		**PM_{10}**	**$PM_{2.5}$**	**GOR**	
3-02-009-01	Manejo de grano	0,02	-	-	Toneladas de grano procesado
3-02-009-02	Secado de grano agotado	0,15	0,05	0,33	Toneladas de grano procesado
3-02-009-05	Secado de malta	0,01	-	-	Toneladas de grano seco

Fermentación de whisky		PM_{10}	GOR	
3-02-010-01	Manejo de grano	0,23	-	Toneladas de grano procesado
3-02-010-02	Secado de grano	1,5	1,3	Toneladas de grano procesado
3-02-010-03	Envejecimiento	-	4,54	1000 litros producidos
3-02-010-04	Tanque de fermentación	-	0,36	1000 litros producidos

Vinos, brandys y alcohol		GOR	
3-02-011-04		0,36	1000 litros producidos
3-02-011-05		0,82	1000 litros producidos
3-02-011-06		0,5518	1000 litros producidos

Carne ahumada		PM_{10}	SO_2	NO_x	GOR	CO	
3-02-013-01	Operaciones combinadas	0,14	0,5	0,35	0,04	0,3	Toneladas de carne ahumada

Procesamiento de cacahuates		NO_x	
3-02-017-99	Otros no clasificados	0,03	Toneladas procesadas

Procesamiento de aceite vegetal		GOR	
3-02-019-06	General: Aceite de maíz	8,49	Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-07	General: Aceite de semilla de algodón	7,95	Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-09	General: Aceite de cacahuate	9,40	Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-16	Extracción de aceite	7,61	Toneladas

				alimentadas al extractor
3-02-019-17	Preparación de harina	0,50		Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-18	Refinación de aceite	0,21		Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-19	Pérdidas fugitivas	0,85		Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-20	Almacenamiento de solventes	0,08		Toneladas de semilla procesada
Panaderías		**GOR**		
3-02-032-01	Cocido de pan: proceso de esponjamiento	6,51		Toneladas de pan horneadas
3-02-032-02	Cocido de pan: proceso de Amasado	0,50		Toneladas de pan horneadas
Proceso de tabaco		**SO_2**	**GOR**	
3-02-032-99	Otros no clasificados	0,24	0,17	Toneladas de producto
Cereal		**PM_{10}**		
3-02-040-01	Secado	0,30		Toneladas secadas

Tabla A1.5. Factores de Emisión para la industria del papel y productos del papel, imprentas y editoriales.

Operaciones de recubrimientos superficiales					
SCC	**Nombre del proceso**	**kg/Unidad**			**Unidad**
Impresión/publicidad. Proceso de impresión					
Secadores		**SO_2**	**NO_x**	**GOR**	
4-05-001-01	Secador: General	75,07	25,88	908,00	Toneladas de solvente en la tinta
Impresión		**GOR**			
4-05-002-01	Impresión Tipográfica 2751	108,05			Toneladas de tinta
4-05-002-11	Impresión Tipográfica 2751	544,80			Toneladas de solvente en tinta
4-05-002-12	Impresión Tipográfica 2751	0,18			Litros de tinta
4-05-003-01	Flexográfica 2751	322,79			Toneladas de tinta
4-05-003-11	Flexográfica 2751	867,14			Toneladas de solvente en tinta
4-05-003-12	Flexográfica 2751	0,53			Litros de tinta
4-05-003-14	Flexográfica Limpieza con Alcohol Propílico	908,00			Toneladas de solvente consumido
4-05-004-01	Litográfica 2752	89,89			Toneladas de tinta
4-05-004-11	Litográfica 2752	454,00			Toneladas de solvente en tinta
4-05-004-12	Litográfica 2752	0,15			Litros de tinta
4-05-005-01	Fotograbado 2754	322,79			Toneladas de tinta
4-02-007-01	Gral. Aplicación de adhesivo	576,58			Toneladas de recubrimiento
4-05-005-11	Fotograbado 2754	867,14			Toneladas de solvente en tinta
4-05-005-12	Fotograbado 2754	0,53			Litros de tinta base agua.

4-05-005-13	Fotograbado 2754	1,45	Litros de tinta base solvente.
4-05-006-01	Mezclado de tintas	908,00	Toneladas solvente en tinta
4-05-007-01	Almacenaje de solventes	908,00	Toneladas solvente almacenado
Solventes adelgazantes de la tinta		**GOR**	
4-05-002-02	Keroseno	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-002-03	Espíritus Minerales	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-02	Carbitol	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-03	Cellosolve	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-04	Alcohol Etílico	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-05	Alcohol Isopropílico	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-06	Alcohol N-Propílico	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-07	Nafta	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-005-02	Dimetil-formamida	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-005-03	Acetato de Etilo	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-005-06	Metil, Etil Cetona	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-005-07	Metil, Isobutil Cetona	908,00	Toneladas solvente añadido
4-05-005-10	Tolueno	908,00	Toneladas solvente añadido

4-05-005-99	Otros no clasificados	908,00	Toneladas de solvente añadido

Tabla A1.6. Factores de emisión para la industria de la madera y producto de madera, incluye muebles.

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad				Unidad
Operaciones de triplay/aglomerados		PM_{10}	SO_2	NO_x	GOR	
3-07-007-03	Secado aglomerado	0,16	-	-	-	Toneladas procesadas
3-07-007-04	Secado de porta tabla	-	1,71	11,4	40,9	Toneladas secos madera pegada/empareja da
3-07-007-05	Tabla roca: secador	-	0,00	0,14	0,50	Toneladas de producto seco
3-07-007-06	Tabla roca: presecador	-	-	0,032	0,50	Toneladas de producto seco
3-07-007-09	Tabla roca: estufa de secado	-	-	0,05	0,001	Toneladas de producto seco
Operaciones varias de trabajo de madera		PM_{10}				
3-07-030-01	Venteo de tolva de almacenamien to de desecho de madera	0,26				Toneladas de desecho de madera
3-07-030-02	Llenado externo de tolva de almacenamien to de desecho de madera	0,54				Toneladas de desecho de madera

Operaciones de recubrimiento de superficies			
Recubrimiento de superficies de muebles de madera		**GOR**	
4-02-019-01	Operación de recubrimiento (c, GOR)	908	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-019-03	Mezcla de recubrimiento	908	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-019-99	Otros no clasificados	908	Toneladas de solvente en el recubrimiento

Tabla A.1.7. Factores de Emisión de la industria química, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico

SCC	Nombre del proceso	kg/Unidad		Unidad
Manufactura química				
Limpiadores químicos		**PM_{10}**	**GOR**	
3-01-009-01	Secado por aspersión: Jabones y detergentes	30,03	0,03	Toneladas producidas
3-01-009-02	Limpiadores especiales	-	750,74	Toneladas producidas
Fabricación de pinturas		**PM_{10}**	**GOR**	
3-01-014-01	Mezcla y manejo general	2,35	13,62	Toneladas de pintura producida
3-01-014-02	Manejo de pigmentos	7,72	-	Toneladas de pigmento procesado
Fabricación de barnices		**GOR**		
3-01-015-01	Adecuación de aceite	18,16		Toneladas producidas
3-01-015-02	Óleo resinas	68,1		Toneladas producidas
3-01-015-03	Alquidálicas	72,64		Toneladas producidas
3-01-015-05	Acrílicas	9,08		Toneladas producidas

Manufacturas de tintas de impresión		PM_{10}	GOR	
3-01-020-01	Vehículo de cocimiento: General	-	54,48	Toneladas de material producido
3-01-020-02	Vehículo de cocimiento: Aceites	-	18,16	Toneladas de material producido
3-01-020-03	Vehículo de cocimiento: Olefinas	-	68,1	Toneladas de material producido
3-01-020-04	Vehículo de cocimiento: Alquidálicos	-	72,64	Toneladas de material producido
3-01-020-05	Mezcla de pigmentos	0,77	2,81	Toneladas de pigmento producido
Preparaciones farmacéuticas		**GOR**		
Solventes				
Ácido Acético		1		Por ciento peso del solvente
Anhídrido Acético		1		Por ciento peso del solvente
Acetona		14		Por ciento peso del solvente
Acetonitrilo		83		Por ciento peso del solvente
Amil Acetato		42		Por ciento peso del solvente
Amil Alcohol		99		Por ciento peso del solvente
Benceno		29		Por ciento peso del solvente
Butanol		24		Por ciento peso del solvente
Tetracloruro de Carbono		11		Por ciento peso del solvente
Cloroformo		57		Por ciento peso del solvente
O-Diclorobenceno		2		Por ciento peso del solvente
Dietilamina		94		Por ciento peso del solvente
Dietilcarbonato		4		Por ciento peso del solvente
Dimetil Acetamida		7		Por ciento peso del solvente
Dimetil Formamida		1		Por ciento peso del solvente
Dimetil Sulfóxido		1		Por ciento peso del solvente

1,4-Dioxano	5	Por ciento peso del solvente
Etanol	10	Por ciento peso del solvente
Acetato de Etilo	30	Por ciento peso del solvente
Etil Éter	85	Por ciento peso del solvente
Formaldehído	19	Por ciento peso del solvente
Freon	0.1	Por ciento peso del solvente
Hexano	17	Por ciento peso del solvente
Isobutiraldehido	50	Por ciento peso del solvente
Isopropanol	14	Por ciento peso del solvente
Isopropil Acetato	28	Por ciento peso del solvente
Isopropil Éter	50	Por ciento peso del solvente
Metanol	31	Por ciento peso del solvente
Metil Cellosolve	47	Por ciento peso del solvente
Cloruro de Metileno	53	Por ciento peso del solvente
Metil Etil Cetona	65	Por ciento peso del solvente
Metil Isobutil Cetona	80	Por ciento peso del solvente
Solvente Skelly B Cetona	29	Por ciento peso del solvente
Tolueno	31	Por ciento peso del solvente
Tricloetano	100	Por ciento peso del solvente

Hule y productos plásticos misceláneos. Grupos principales

Manufactura de llantas		**GOR**	
3-08-001-01	Encementado de cara lateral y área de huella	104,19	1000 unidades producidas
3-08-001-02	Vulcanizado por inmersión	6,04	1000 unidades producidas
3-08-001-03	Vulcanizado de cuerdas	8,31	1000 unidades producidas
3-08-001-04	Construcción de llanta	32,96	1000 unidades producidas
3-08-001-05	Encementado de área de huella	15,07	1000 unidades producidas
3-08-001-06	Atomización llanta (green tire spraying)	137,02	1000 unidades producidas

3-08-001-07	Curado de llanta	2	1000 unidades producidas
3-08-001-08	Mezclado de solventes	4,9	Toneladas de solvente
3-08-001-20	Encementado de área de huella y cara lateral	817,2	Toneladas de solvente usado
3-08-001-21	Encementado de huella y acabado final	817,2	Toneladas de solvente usado
3-08-001-22	Vulcanizado final	817,2	Toneladas de solvente usado
3-08-001-23	Secado final de llanta	835,36	Toneladas de solvente usado
Reencauchado		**GOR**	
3-08-005-01	Máquinas de raspado de cuero	272,4	1000 unidades procesadas
Fabricación de productos plásticos		**GOR**	
3-08-007-01	Perforado, extrusión / cortado, etc.	5,902	Toneladas de material procesadas
3-08-007-03	Consumo de solvente	294,65	Toneladas de solvente usado
3-08-007-04	Consumo de adhesivo	294,65	Toneladas de adhesivo aplicado
Productos de fibra de vidrio con resina		**GOR**	
3-08-007-21	Gel coat por rodillo	470,47	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-08-007-22	Get coat por atomizado	300,3	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-08-007-23	Resina - general por rodillo	250,25	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-08-007-24	Resina - general por atomizado	110,11	Toneladas de recubrimiento aplicado
Operaciones de recubrimiento de superficies			
Revestimiento superficial de partes plásticas		**GOR**	
4-02-022-01	Recubrimiento	908	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-03	Mezclado del recubrimiento	908	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-05	Limpieza del equipo	908	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-99	Otros no clasificados	908	Toneladas de solvente en el recubrimiento

Tabla A1.8 Factores de emisión de productos minerales no metálicos, excluye los derivados del petróleo y del carbón

SCC	Nombre del proceso	kg/Unidad	Unidad
Dosificación de cemento		**PM_{10}**	
3-05-011-21	Almacén de grava para moler	0,0018	m^3 de grava
3-05-011-22	Almacén de arena para moler	0,0004	m^3 de arena
3-05-011-23	Transporte de grava por banda	0,0018	m^3 de grava
3-05-011-24	Transporte de arena por banda	0,0004	m^3 de arena
3-05-011-04	Transferencia de grava a la tolva	0,0018	m^3 de grava
3-05-011-05	Transferencia de arena a la tolva	0,0004	m^3 de arena
3-05-011-07	Recepción de cemento en silo	0,23	Toneladas de cemento
3-05-011-17	Transferencia de aditivos	0,00012	m^3 de aditivos
3-05-011-08	peso de arena y grava en la tolva	0,0022	m^3 arena y grava
3-05-011-10	Carga al camión de mezclado	0,1554	m^3 concreto
3-05-011-01	proceso total	0,1646	m^3 concreto

Tabla A.1.9. Factores de emisión de productos metálicos

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad	Unidad
Soldadura		**PM_{10}**	
3-09-051-04	Aplicación de soldadura	81,6	Toneladas de soldadura

Tabla A.1.10. Otros factores de emisión para recubrimientos superficiales (Emisiones Evaporativas)

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad	Unidad
Operaciones de recubrimiento de superficies			
Aplicación de recubrimientos superficiales – General –		**GOR**	
4-02-001-01	Pinturas: Base Solvente	508,48	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-001-10	Pinturas: Base Solvente	0,67	Litros de recubrimiento procesado
4-02-002-01	Pinturas: Base Agua	111,68	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-002-10	Pinturas: Base Agua	0,16	Litros de recubrimiento procesado
4-02-003-01	General: Barniz/Laca	454,00	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-003-10	General: Barniz/Laca	0,40	Litros de recubrimiento procesado
4-02-004-01	General: Laqueado	699,16	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-004-10	General: Laqueado	0,73	Litros de recubrimiento procesado
4-02-005-01	General: Esmaltado	381,36	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-005-10	General: Esmaltado	0,42	Litros de recubrimiento procesado
4-02-006-01	General: Primer	599,28	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-006-10	General: Primer	0,79	Litros de recubrimiento procesado
4-02-007-01	General: Aplicación de Adhesivo	576,58	Toneladas de recubrimiento Aplicado

4-05-007-10	General: Adhesivo	0,53		Litros de recubrimiento procesado
Horno de recubrimiento - General		**SO_x**	**GOR**	
4-02-008-01	General	2,50	27,03	Toneladas de recubrimiento
4-02-008-10	General	0,12	1,56	Litros de recubrimiento
Solventes adelgazantes		**GOR**		
4-02-009-01	General: Especifico en comentarios	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-02	Acetona	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-03	Acetato de Butilo	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-04	Alcohol Butílico	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-05	Carbitol	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-06	Cellosolve	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-07	Acetato de Cellosolve	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-08	Dimetil formamida	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-09	Acetato Etílico	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-10	Alcohol Etílico	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-11	Gasolina	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-12	Alcohol Isopropílico	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-13	Acetato Isopropílico	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-14	Keroseno	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-15	Solventes de Lactol	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-16	Acetato Metílico	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-17	Alcohol Metílico	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-18	Metil Etil Cetona	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-19	Metil Isobutil Cetona	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-20	Solventes minerales	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-21	Nafta	908,00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-22	Tolueno	908,00		Toneladas de solvente usado

4-02-009-23	Varsol	908,00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-24	Xileno	908,00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-25	Benceno	908,00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-26	Turpentino	908,00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-27	Hexilen glicol	908,00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-28	Oxido de Etileno	908,00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-29	Metil Cloroformo	908,00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-31	Percloroetileno	908,00	Toneladas de solvente usado

A1.3. Factores de emisión por combustión:

Para el cálculo de las emisiones por combustión, se utilizaron los factores de emisión que se presentan en las siguientes tablas, de acuerdo al tipo de combustible y considerando la capacidad de los equipos, además de los equipos de control reportados. Los factores de emisión correspondientes al material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre se encuentran corregidos por el contenido de azufre del combustible que se expendió durante el año 2007 en el área de estudio.

Tabla A.1.11. Factores de emisión para combustión de GLP

Contaminante	(300-3,000 c.c.) [kg/m³]	(10-300c.c.) [kg/m³]
PM_{10}	0,072	0,0528
$PM_{2.5}$	0,072	0,0528
SO_2	0,00292	0,00292
CO	0,4032	0,2376
NOx	2,376	1,728
GOT	0,0648	0,0648
GOR	0,0418608	0,0418608

Fuente: U.S. EPA (1998b). ***1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion*** **en** ***AP 42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Stationary Point and Area Sources*** **(Vol.1, 5a. ed.). E.U.U. Consultado en 2010 de:** http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s05.pdf

Tabla A.1.12. Factores de emisión para combustión de Diesel

Contaminante	Control	>3,000 c.c. [kg/m³]	300-3,000 c.c. [kg/m³]	10-300 c.c. [kg/m³]
$PM_{2.5}$	Sin control		0,03	0,0996
PM_{10}	Sin control		0,12	0,1296
SO_2	Sin control	0,5112	5,1171	0,5112
CO	Sin control	0,6	0,6	0,6
NOx	Sin control	2,88	2,88	2,88
	QBN/RG	1,2	1,2	1,2
GOT	Sin control	0,1248	0,03024	0,06672
NH_3	Sin control	0,096	0,096	0,096
GOR	Sin control	0,1033	0,02503872	0,05524

Fuente: U.S. EPA (1998c). *1.3 Fuel Oil Combustion* en *AP 42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Stationary Point and Area Sources* (Vol.1, 5a. ed.). E.U.U. Consultado en 2008 de: http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s03.pdf

Tabla A.1.13. Factores de emisión para combustión de Búnker

Contaminante	Caldera (<3,000 c.c.) [kg/m³]	Caldera (>3000c.c.) [kg/m³]
PM_{10}	2,091	1,7206
$PM_{2.5}$	1,362	1,254
SO_2	34,66	34,66
CO	0,6	0,6
NOx	6,6	6,6
GOT	0,1536	0,6339
GOR	0,127	0,508
NH_3	0,096	0,096

Fuente: U.S. EPA (2005). FIRE 6.25 (software). U.S.A. En:

http://cfpub.epa.gov/oarweb/index.cfm?action=fire.main

A.1.4. Cálculo de las emisiones por combustión:

La información para estimar las emisiones por combustión de una industria, consiste en determinar la capacidad del equipo de combustión, el consumo y tipo de combustible utilizado, así como el tipo de quemador y si cuenta con algún sistema de control para los gases de combustión, por último, los horarios de operación.

Existen conversiones previas a la selección del factor de emisión, como la capacidad térmica del equipo y las unidades de consumo de combustibles, entre otras conversiones, las cuales se realizaron de acuerdo al Apéndice A del AP-42 (U.S. EPA, 1995).

Si el equipo de control se encuentra relacionado con el punto de generación de algún contaminante, se analiza la siguiente información: el tipo de equipo de control, contaminante que controla y la eficiencia del equipo.

Toda la información es evaluada, analizada y procesada con la siguiente ecuación:

$$E = A * FE$$ **Ecuación A.1.1 (Sin control)**

$$E = A * FE * \left(1 - \left(\frac{EC}{100}\right)\right)$$ **Ecuación A.1.2 (Con control)**

Donde:

E = Emisión de contaminante, [$\frac{kg}{hr}$ de contaminante emitido]

A = Tasa de actividad, [$\frac{m^3}{año}$ de combustible]

FE = Factor de emisión, [kg de contaminante emitido por m^3 de combustible quemado]

EC = Eficiencia del sistema de control [%]

Para el cálculo de las emisiones por combustión se consideró lo siguiente:

- Los contaminantes por combustión evaluados para este inventario de emisiones, son PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, NO_X, CO, GOT, GOR y NH_3.
- De la encuesta aplicada a las fuentes fijas se toma el consumo y tipo de combustible reportado por la industria, para cada equipo de combustión, así como la capacidad térmica de los mismos, se aplica el factor de emisión correspondiente y se realiza el cálculo de las emisiones, tomando en cuenta las horas y los días de operación de los equipos.
- Si el equipo de combustión cuenta con algún dispositivo para controlar sus emisiones, se considera la eficiencia de control, y la emisión de este equipo debe ser afectada por dicha eficiencia para estimar la emisión total (emisión controlada y emisión sin control), es decir la emisión que realmente se emite a la atmósfera.
- Para aquellas industrias a las cuales no se les aplico la encuesta, se hizo un cruce de información entre la lista de empresas reportada por la CCSS y el listado de calderas del Consejo de Salud Ocupacional del Ministerio de Trabajo, con el fin de asociar las calderas que corresponden a cada industria registrada.
- Una vez asociada las calderas correspondientes a cada industria, se procedió a obtener información sobre los reportes operacionales presentados por esa caldera durante el año 2007 de acuerdo con el decreto 30222-MINAE-S. De los reportes se tomaron los siguientes datos: concentración de contaminantes, velocidad de salida de los gases, temperatura de los gases, área del ducto de escape, horario de operación de la caldera.
- Para aquellas calderas para las cuales no se contaba con reporte operacional, se les asignó un valor medio de emisión con base a las medias obtenidas de los reportes operacionales más la muestra de calderas evaluadas en campo.

- Si se desconocen las horas de trabajo de los equipos pero se conoce el consumo y tipo de combustible utilizado, así como su capacidad térmica, se puede determinar las horas de operación anual de dichos equipos y con esto se estiman las emisiones anuales.
- En caso de no contar con el tipo de combustible utilizado, no se realiza el cálculo de emisión por combustión, debido a que no se puede establecer el factor de emisión a utilizar.
- Cuando los datos de capacidad térmica del equipo de combustión y los consumos de combustibles son incongruentes, no se realiza el cálculo de las emisiones por combustión, debido a la gran incertidumbre de los datos.

Ejemplo 1. Cálculo de las emisiones de una caldera que opera con Gas Natural

Parámetros de operación considerados:

Nombre del equipo:	Caldera	**Capacidad:**	2000 CC (Caballos Caldera) 7064 MJ/h
Combustible que utiliza:	Gas LP	**Cantidad:**	4,000,000 m^3/año
Equipo de control:	Quemador de Bajo NOx (QBN)	**Eficiencia:**	40%
Horas de operación:	8	**Días al año:**	313

Factores de emisión:

Los factores de emisión de los contaminantes están referidos al equipo de combustión, su capacidad y al tipo de combustible empleado. De la tabla A.1.11, para gas natural, se

toma el factor de emisión correspondiente de acuerdo a la capacidad del equipo (<3000 CC) y se realiza la estimación de las emisiones como se describe en la ecuación siguiente:

Emisión = Consumo de combustible anual ($\frac{m^3}{año}$) * Factor de emisión ($\frac{kg}{m^3}$)

Cálculo de emisiones totales

$$PM_{10} = 4{,}000{,}000 \frac{m^3}{año} * 0.072 \frac{kg}{m^3} = 288000 \frac{kg}{año}$$

$$SO_2 = 4{,}000{,}000 \frac{m^3}{año} * 0.00292 \frac{kg}{m^3} = 11680 \frac{kg}{año}$$

$$CO = 4{,}000{,}000 \frac{m^3}{año} * 0.4032 \frac{kg}{m^3} = 1612800 \frac{kg}{año}$$

$$NO_X = 4{,}000{,}000 \frac{m^3}{año} * 2.376 \frac{kg}{m^3} = 9504000 \frac{kg}{año}$$

$$GOT = 4{,}000{,}000 \frac{m^3}{año} * 0.0648 \frac{kg}{m^3} = 259200 \frac{kg}{año}$$

$$COV = 4{,}000{,}000 \frac{m^3}{año} * 0.04186 \frac{kg}{m^3} = 167440 \frac{kg}{año}$$

Estimación de las emisiones con equipo de control (ejemplo para NOx).

Las emisiones de NOx son controladas con un equipo (quemador de bajo NOx), con una eficiencia de control del 40%. La ecuación para estimar estas emisiones es como sigue:

Emisión sin control = Emisión total * (1 – (Eficiencia del equipo de control/100))

$$NOx_{\text{sin control}} = 9504000 \frac{kg}{año} * \left(1 - \left[\frac{40}{100}\right]\right) = 5702400 \frac{kg}{año}$$

Esta emisión sin control es la reportada en el inventario de emisiones ya que es la emisión que realmente se descarga a la atmósfera.

Ejemplo 2. Cálculo de las emisiones a partir de reportes operacionales:

A partir del reporte operacional se toman los datos para sustituir en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión } PM_{10} = \text{Cn } PM_{10} \text{ (mg/Nm}^3\text{) x Caudal (Nm}^3\text{/h) x Tiempo de trabajo (horas/año)x10}^{-9}$$

A1.5. Cálculo de emisiones por proceso:

Para realizar la valoración de las emisiones en el proceso se utilizaron factores de emisión del *FIRE 6.25* (U.S. EPA, 2005), estos representan las cantidades de contaminantes emitidos en un equipo u operación por actividad realizada. El cálculo de las emisiones por proceso, en primera instancia, consiste en revisar la información proporcionada en las encuestas aplicadas a fuentes fijas. Lo anterior con la finalidad de seleccionar los factores de emisión a utilizar.

Para el cálculo de emisiones por proceso se tienen dos tipos de estimaciones:

1) Por factores de emisión del FIRE.

2) Por datos reportados en estudios de emisiones medidos en campo.

Para el cálculo de las emisiones por proceso se trabajo de la siguiente manera:

A. Con la información referida a las materias primas, productos y/o actividad emisora de contaminantes, se identifica el factor de emisión del SCC correspondiente a la actividad y/o proceso.

B. Cuando alguna de las actividades desarrolladas en el proceso no se encuentre en el SCC, se verifica si dicha actividad, materia prima y/o productos se puede englobar en algún factor como actividad general, o en “otros no clasificados” o en una actividad y/o materia prima similar, para así realizar el cálculo por SCC.

C. Si se reporta algún equipo de control y se conoce su eficiencia, la emisión total es afectada por dicha eficiencia para estimar las emisiones totales, con control y sin control.

D. Para estimar las emisiones de contaminantes, los gastos volumétricos se consideran en base seca y condiciones normales de presión y temperatura.

E. Cuando no se especifican los horarios de operación de los equipos de proceso se considera el horario de labores diarias.

F. En caso de no contar con datos reportados de mediciones o de cálculos de ingeniería se calcularán las emisiones utilizando los factores de emisión.

G. Si se tienen emisiones reportadas en la encuesta, se realizará una comparación con las emisiones estimadas por factor de emisión. De dicha comparación se reportará la emisión más congruente de acuerdo a la actividad productiva, horas de operación, equipos de control, materia prima, producto y las otras variables que afecten la emisión de contaminantes.

A continuación se presentan los cálculos realizados a una muestra seleccionada de las encuestas aplicadas a las fuentes fijas.

Número de Encuesta: IEGAM07-01

Actividad de la empresa: Hilado y teñido de telas de algodón

Emisiones por combustión:

Mes	Consumo mensual búnker		Consumo mensual búnker		Emisiones (Ton / Año)						
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Enero	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026
Febrero	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026
Marzo	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026
Abril	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026
Mayo	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026
Junio	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026
Julio	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026
Agosto	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026
Septiembre	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026
Octubre	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026

Noviembre	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026
Diciembre	5.500	Gal	21	m^3	0,04	0,03	0,72	0,01	0,14	0,0032	0,0026
Totales	**66.000**	Gal	**250**	m^3	**0,52**	**0,34**	**8,66**	**0,15**	**1,65**	**0,0384**	**0,0318**

Emisiones por proceso:

Código del proceso	Nombre		Estado físico	Forma de almacenamiento	Consumo anual		FE	contaminante	Ton /Año
	Comercial	Químico			Cantidad	Unidad			
Teñido	Acido acético	Acido acético	Liquido	Pichingas	2,16	ton	908 kg/ton	GOR	1,96
Colorante	Hunsman	Yellow S3R	Solido	Cajas (30kg)	0,36	ton	7,7180 kg/ton	PM10	0,003
	Hunsman	Red WB	Solido	Cajas (25kg)	1,2	ton		PM10	0,009
	Hunsman	Marino WB	Solido	Cajas (25kg)	1,8	ton		PM10	0,014
	Hunsman	Yellow FN2-R	Solido	Cajas (30kg)	0,39	ton		PM10	0,003
	DYE STAR	Sirius Black	Solido	Cajas (25kg)	1,2	ton		PM10	0,009
	DYE STAR	Amecron Black	Solido	Cajas (25kg)	0,6	ton		PM10	0,005
	DYE STAR	Amecron Escarlata	Solido	Cajas (25kg)	0,1	ton		PM10	0,001
	DYE STAR	Remasol Red RGB	Solido	Cajas (25kg)	1,2	ton		PM10	0,009
	DYE STAR	Remasol Navy RGB	Solido	Cajas (25kg)	1,2	ton		PM10	0,009
	DYE STAR	Remasol Turqueza RGB	Solido	Cajas (25kg)	0,8	ton		PM10	0,006
	Clariant	Remasol Azul Brillante RGB	Solido	Cajas (25kg)	0,3	ton		PM10	0,002

	Hunsman	Indosol Royal Azul 3RL	Solido	Cajas (25kg)	0,3	Ton		PM10	0,002
	Hunsman	Terasil Amarillo ORO	Solido	Cajas (25kg)	0,05	Ton		PM10	0,000
	Hunsman	Terasil Amarillo W-4G	Solido	Cajas (25kg)	0,05	ton		PM10	0,000
	Hunsman	Terasil Azul 3RL	Solido	Cajas (25kg)	0,1	ton		PM10	0,001
	Hunsman	Terasil Azul GNN	Solido	Cajas (25kg)	0,1	ton		PM10	0,001
	Hunsman	Terasil Marino GRL	Solido	Cajas (25kg)	0,2	ton		PM10	0,002
	Hunsman	Terasil Red R	Solido	Cajas (25kg)	0,2	ton		PM10	0,002
	Hunsman	Terasil Red R	Solido	Cajas (25kg)	0,2	ton		PM10	0,002
	Hunsman	Terasil Red W-RS	Solido	Cajas (25kg)	0,1	ton		PM10	0,001
	Hunsman	Terasil Red W-4BS	Solido	Cajas (25kg)	0,15	ton		PM10	0,001

Número de Encuesta: IEGAM07-02

Actividad de la empresa: Producción de alimentos

Emisiones por combustión:

Mes	Tipo de Combustible "1"	Consumo Mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton/año)						GOR
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	
Enero	Diesel	3.696	Galones	13,99	m3	0,00168	0,00042	0,0716	0,0084	0,040	0,00042	0,00035
Febrero	Diesel	4.115	Galones	15,58	m3	0,00187	0,00047	0,0797	0,0093	0,045	0,00047	0,00039
Marzo	Diesel	3.886	Galones	14,71	m3	0,00177	0,00044	0,0753	0,0088	0,042	0,00044	0,00037
Abril	Diesel	4.193	Galones	15,87	m3	0,00190	0,00048	0,0812	0,0095	0,046	0,00048	0,00040
Mayo	Diesel	225	Galones	0,85	m3	0,00010	0,00003	0,0044	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Junio	Diesel	188	Galones	0,71	m3	0,00009	0,00002	0,0036	0,0004	0,002	0,00002	0,00002
Julio	Diesel	172	Galones	0,65	m3	0,00008	0,00002	0,0033	0,0004	0,002	0,00002	0,00002
Agosto	Diesel	190	Galones	0,72	m3	0,00009	0,00002	0,0037	0,0004	0,002	0,00002	0,00002
Septiembre	Diesel	515	Galones	1,95	m3	0,00023	0,00006	0,0100	0,0012	0,006	0,00006	0,00005
Octubre	Diesel	123	Galones	0,47	m3	0,00006	0,00001	0,0024	0,0003	0,001	0,00001	0,00001
Noviembre	Diesel	59	Galones	0,22	m3	0,00003	0,00001	0,0011	0,0001	0,001	0,00001	0,00001

Diciembre	Diesel	133	Galones	0,50	m3	0,00006	0,00002	0,0026	0,0003	0,001	0,00002	0,00001
Total (ton/ año)		**17.495**		**66,22**	**m3**	**0,00795**	**0,00199**	**0,3388**	**0,03973**	**0,191**	**0,00200**	**0,00166**

Mes	Tipo de Combustible "1"	Consumo Mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton / Año)						
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COT	GOR
Enero	GLP	86.370	Galones	326,9	m3	0,024	0,024	0,001	0,132	0,777	0,02118	0,01368
Febrero	GLP	88.864	Galones	336,4	m3	0,024	0,024	0,001	0,136	0,799	0,02180	0,01408
Marzo	GLP	91.928	Galones	347,9	m3	0,025	0,025	0,001	0,140	0,827	0,02255	0,01457
Abril	GLP	80.982	Galones	306,5	m3	0,022	0,022	0,001	0,124	0,728	0,01986	0,01283
Mayo	GLP	87.504	Galones	331,2	m3	0,024	0,024	0,001	0,134	0,787	0,02146	0,01386
Junio	GLP	107.022	Galones	405,1	m3	0,029	0,029	0,001	0,163	0,962	0,02625	0,01696
Julio	GLP	87.897	Galones	332,7	m3	0,024	0,024	0,001	0,134	0,790	0,02156	0,01393
Agosto	GLP	91.387	Galones	345,9	m3	0,025	0,025	0,001	0,139	0,822	0,02241	0,01448
Septiembre	GLP	80.339	Galones	304,1	m3	0,022	0,022	0,001	0,123	0,723	0,01970	0,01273
Octubre	GLP	90.215	Galones	341,5	m3	0,025	0,025	0,001	0,138	0,811	0,02213	0,01429
Noviembre	GLP	103.807	Galones	392,9	m3	0,028	0,028	0,001	0,158	0,934	0,02546	0,01645
Diciembre	GLP	66.224	Galones	250,7	m3	0,018	0,018	0,001	0,101	0,596	0,01624	0,01049

Total	1.062.539		4.021,7	m3	0,290	0,290	0,012	1,622	9,556	0,261	0,16835

Emisiones por proceso:

	Manejo de pigmentos						Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	PM10
3-01-014-02	PM10	7,7180	Tons. de pigmento procesado	PIGMENTOS	0,41	ton/año	0,00315

Manejo de grano								Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad			Cantidad	Unidad	PM10
3-02-005-30	PM10	0,017	TON PROCESADA		GRANOS	1829,69	ton/año	0,03110

	Cocido de pan: Procesos de amasado						Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	GOR
3-02-032-02	GOR	0,5005	kg/Tons. de pan horneadas.	Pan	43.952,25	ton/año	22,00

	General: Barniz/Laca						Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	GOR
4-02-003-01	BARNIZ	454	Toneladas de recubrimiento Aplicado	Aceites Minerales	0,03028	TON	0,01374712

	SOLVENTES						Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	GOR
		908	TON	solventes	0,008		0,007264

Código del Proceso	Nombre		Estado Físico	Forma de Almacenamiento	Consumo Anual		Consumo Anual		FE	contaminante	Ton /Año
	Comercial	Químico			Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad			
4	Videojet Cleaning Solution 16-3402	2-Butanona	Líquido	Estantería	248,9	L	0,202	ton	908 kg/ton	GOR	0,183
4	Videojet Make-Up Fluid 16-8535	2-Butanona	Líquido	Estantería	989,9	L	0,802	ton	908 kg/ton	GOR	0,728
4	Videojet Ink 16-8530	2-Butanona	Líquido	Estantería	236,55	L	0,192	ton	908 kg/ton	GOR	0,174
8	Pintura en Aerosol	Xileno	Líquido / Aerosol	Estantería	148506	g	0,149	ton	908 kg/ton	GOR	0,135
8	Sentinel's SL-WR White "S"	Heptano	Líquido / Aerosol	Estantería	8,5	kg	0,009	ton	908 kg/ton	GOR	0,008
01 - 02	Alcohol	Alcohol	Líquido	Estantería	2328	kg	2,328	ton	908 kg/ton	GOR	2,114
7	Alcohol 96 °	Alcohol 96 °	Líquido	Envase Plástico	150	L	0,150	m3	908 kg/ton	GOR	0,136
7	2 - Propanol	Alcohol Isopropílico	Líquido	Envase Vidrio	4	L	0,004	m3	908 kg/ton	GOR	0,004
7	Etanol 96%	Etanol 96%	Líquido	Envase Vidrio	5	L	0,005	m3	908 kg/ton	GOR	0,00454

Número de Encuesta: IEGAM07-03

Actividad de la empresa: Fabricación de cajas de cartón corrugado

Emisiones por combustión:

Mes	Tipo de Combustible "1"	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton / Año)						
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Enero	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01
Febrero	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01
Marzo	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01
Abril	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01
Mayo	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01
Junio	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01
Julio	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01
Agosto	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01
Septiembre	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01
Octubre	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01
Noviembre	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01
Diciembre	**Bunker**	64.835	Litros	64,8	m3	0,14	0,09	2,25	0,04	0,43	0,01	0,01

Total		**778.020**	**Litros**	**778,0**	**M3**	**1,63**	**1,06**	**26,97**	**0,47**	**5,13**	**0,12**	**0,10**

Mes	**Tipo de Combustible "2"**	**Consumo mensual**	**Unidad**	**Cantidad**	**Unidad**	**Emisiones (Ton / Año)**						
		Cantidad				**PM10**	**PM2.5**	**SO2**	**CO**	**NOx**	**GOT**	**GOR**
Enero	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Febrero	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Marzo	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Abril	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Mayo	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Junio	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Julio	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Agosto	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Septiembre	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Octubre	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Noviembre	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Diciembre	Diesel	847	Litros	0,85	m3	0,0001	0,00003	0,0043	0,0005	0,002	0,00003	0,00002
Total	**Diesel**	**10.164**	**Litros**	**10,16**	**m3**	**0,0012**	**0,00030**	**0,0520**	**0,0061**	**0,029**	**0,00031**	0,00025

Emisiones por proceso:

	Impresión de cajas							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad		Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	GOR
4-05-003-01	GORs	322,79	kg/ton de tinta		Tinta		ton/año	0,00000

No se considera ya que la empresa utiliza tintas comerciales a base de agua

Número de Encuesta: IEGAM07-04

Actividad de la empresa: Producción de alimentos

Emisiones por combustión:

Mes	Tipo de Combustible "1"	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton / Año)						
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Enero	**Bunker**	46.339	Litros	46,34	m3	0,10	0,06	1,61	0,03	0,31	0,007	0,006
Febrero	**Bunker**	23.919	Litros	23,92	m3	0,05	0,03	0,83	0,01	0,16	0,004	0,003
Marzo	**Bunker**	36.663	Litros	36,66	m3	0,08	0,05	1,27	0,02	0,24	0,006	0,005
Abril	**Bunker**	42.608	Litros	42,61	m3	0,09	0,06	1,48	0,03	0,28	0,007	0,005
Mayo	**Bunker**	36.879	Litros	36,88	m3	0,08	0,05	1,28	0,02	0,24	0,006	0,005
Junio	**Bunker**	32.298	Litros	32,30	m3	0,07	0,04	1,12	0,02	0,21	0,005	0,004
Julio	**Bunker**	42.224	Litros	42,22	m3	0,09	0,06	1,46	0,03	0,28	0,01	0,005
Total		**260.930**	**Litros**	**260,93**	**m3**	**0,55**	**0,36**	**9,05**	**0,16**	**1,72**	**0,04**	**0,03**

Mes	Tipo de Combustible "1"	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton / Año)						
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Enero	LPG	516	Litros	0,52	m3	0,00004	0,00004	0,000002	0,0002	0,0012	0,000033	0,000022
Febrero	LPG	227	Litros	0,23	m3	0,00002	0,00002	0,000001	0,0001	0,0005	0,000015	0,000010
Marzo	LPG	240	Litros	0,24	m3	0,00002	0,00002	0,000001	0,0001	0,0006	0,000016	0,000010
Abril	LPG	492	Litros	0,49	m3	0,00004	0,00004	0,000001	0,0002	0,0012	0,000032	0,000021
Mayo	LPG	249	Litros	0,25	m3	0,00002	0,00002	0,000001	0,0001	0,0006	0,000016	0,000010
Junio	LPG	246	Litros	0,25	m3	0,00002	0,00002	0,000001	0,0001	0,0006	0,000016	0,000010
Julio	LPG	416	Litros	0,42	m3	0,00003	0,00003	0,000001	0,0002	0,0010	0,000027	0,000017
Total		**2.386**		**2,39**	**m3**	**0,00017**	**0,00017**	**0,000007**	**0,0010**	**0,0057**	**0,000155**	**0,000100**

Emisiones por proceso:

Manejo de pigmentos						
SCC	CONTAMINANTE	CANTIDAD	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad
3-01-014-02	PM10	7,72	kg/Tons. de pigmento	Pigmentos y colorantes	1.200	ton/año

Número de Encuesta: IEGAM07-05

Actividad de la empresa: Industria Farmacéutica

Emisiones por combustión:

Mes	Tipo de Combustible	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones						
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Enero	**Diesel**	5700	L	5,70	m3	0,00068	0,00017	0,0292	0,0034	0,016	0,00017	0,00014
Febrero	**Diesel**	1900	L	1,90	m3	0,00023	0,00006	0,0097	0,0011	0,005	0,00006	0,00005
Marzo	**Diesel**	3800	L	3,80	m3	0,00046	0,00011	0,0194	0,0023	0,011	0,00011	0,00010
Abril	**Diesel**	1900	L	1,90	m3	0,00023	0,00006	0,0097	0,0011	0,005	0,00006	0,00005
Mayo	**Diesel**	3800	L	3,80	m3	0,00046	0,00011	0,0194	0,0023	0,011	0,00011	0,00010
Junio	**Diesel**	1900	L	1,90	m3	0,00023	0,00006	0,0097	0,0011	0,005	0,00006	0,00005
Julio	**Diesel**	3800	L	3,80	m3	0,00046	0,00011	0,0194	0,0023	0,011	0,00011	0,00010
Agosto	**Diesel**	3800	L	3,80	m3	0,00046	0,00011	0,0194	0,0023	0,011	0,00011	0,00010
Septiembre	**Diesel**	1900	L	1,90	m3	0,00023	0,00006	0,0097	0,0011	0,005	0,00006	0,00005
Octubre	**Diesel**	3800	L	3,80	m3	0,00046	0,00011	0,0194	0,0023	0,011	0,00011	0,00010
Noviembre	**Diesel**	3800	L	3,80	m3	0,00046	0,00011	0,0194	0,0023	0,011	0,00011	0,00010
Diciembre	**Diesel**	3800	L	3,80	m3	0,00046	0,00011	0,0194	0,0023	0,011	0,00011	0,00010

Total		39900	L	**39,90**	**m3**	**0,00479**	**0,00120**	**0,2042**	**0,02394**	**0,115**	**0,00121**	**0,00100**

Mes	**Tipo de Combustible "2"**	**Consumo mensual**		**Consumo mensual**		**Emisiones**						
		Cantidad	**Unidad**	**Cantidad**	**Unidad**	**PM10**	**PM2.5**	**SO2**	**CO**	**NOx**	**GOT**	**GOR**
Enero	**GLP**	45,4	kg	11,65	m3	0,00084	0,00084	0,0000	0,0047	0,028	0,00076	0,00049
Febrero	**GLP**											
Marzo	**GLP**											
Abril	**GLP**	45,4	kg	11,65	m3	0,00084	0,00084	0,0000	0,0047	0,028	0,00076	0,00049
Mayo	**GLP**											
Junio	**GLP**											
Julio	**GLP**											
Agosto	**GLP**	45,4	kg	11,65	m3	0,00084	0,00084	0,0000	0,0047	0,028	0,00076	0,00049
Septiembre	**GLP**											
Octubre	**GLP**											
Noviembre	**GLP**	45,4	kg	11,65	m3	0,00084	0,00084	0,0000	0,0047	0,028	0,00076	0,00049
Diciembre	**GLP**											
Total		181,6	kg	**46,61**	**m3**	**0,00336**	**0,00336**	**0,0001**	**0,01879**	**0,111**	**0,00302**	**0,00195**

	solventes							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	CANTIDAD	kg/unidad		Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	GOR
4-02-009-98	GORs	90,80	litro des solvente		0,00	4.051,95	4	367,91700

	Manejo de pigmentos							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	CANTIDAD	kg/unidad		Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	PM10
3-01-014-02	PM10	7,72	kg/Tons. de pigmento		Varios	492,038	ton/año	3,80

Número de Encuesta: IEGAM07-06

Actividad de la empresa: Producción de alimentos

Emisiones por combustión:

Mes	Tipo de Combustible "1"	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton/año)						GOR
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	
Enero	Bunker	10341	Galones	47,01	m3	0,09832	0,06404	1,6297	0,0282	0,310	0,00722	0,00598
Febrero	Bunker	8009	Galones	36,41	m3	0,07615	0,04960	1,2622	0,0218	0,240	0,00559	0,00463
Marzo	Bunker	8407	Galones	38,22	m3	0,07993	0,05206	1,3249	0,0229	0,252	0,00587	0,00486
Abril	Bunker	10159	Galones	46,18	m3	0,09659	0,06291	1,6010	0,0277	0,305	0,00709	0,00587
Mayo	Bunker	7357	Galones	33,45	m3	0,06995	0,04556	1,1594	0,0201	0,221	0,00514	0,00425
Junio	Bunker	7966	Galones	36,21	m3	0,07574	0,04933	1,2554	0,0217	0,239	0,00556	0,00461
Julio	Bunker	10406	Galones	47,31	m3	0,09894	0,06444	1,6399	0,0284	0,312	0,00727	0,00602
Agosto	Bunker	7806	Galones	35,49	m3	0,07422	0,04834	1,2302	0,0213	0,234	0,00545	0,00451
Septiembre	Bunker	7518	Galones	34,18	m3	0,07148	0,04656	1,1848	0,0205	0,226	0,00525	0,00435
Octubre	Bunker	10094	Galones	45,89	m3	0,09597	0,06251	1,5907	0,0275	0,303	0,00705	0,00584
Noviembre	Bunker	8775	Galones	39,89	m3	0,08343	0,05434	1,3829	0,0239	0,263	0,00613	0,00507

Diciembre	Bunker	7369	Galones	33,50	m3	0,07006	0,04563	1,1613	0,0201	0,221	0,00515	0,00426
Total	**Bunker**	**104.207**	**Galones**	**473,7344**	**m3**	**0,99080**	**0,64533**	**16,4222**	**0,2842**	**3,1266**	**0,07277**	**0,06025**

Mes	Tipo de Combustible "2"	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton/año)						
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Enero	LPG	345	Galones	1,57	m3	0,00011	0,00011	0,0000	0,0006	0,004	0,00010	0,00007
Febrero	LPG	375	Galones	1,70	m3	0,00012	0,00012	0,0000	0,0007	0,004	0,00011	0,00007
Marzo	LPG	205	Galones	0,93	m3	0,00007	0,00007	0,0000	0,0004	0,002	0,00006	0,00004
Abril	LPG	68	Galones	0,31	m3	0,00002	0,00002	0,0000	0,0001	0,001	0,00002	0,00001
Mayo	LPG	122	Galones	0,55	m3	0,00004	0,00004	0,0000	0,0002	0,001	0,00004	0,00002
Junio	LPG	167	Galones	0,76	m3	0,00005	0,00005	0,0000	0,0003	0,002	0,00005	0,00003
Julio	LPG	130	Galones	0,59	m3	0,00004	0,00004	0,0000	0,0002	0,001	0,00004	0,00002
Agosto	LPG	122	Galones	0,55	m3	0,00004	0,00004	0,0000	0,0002	0,001	0,00004	0,00002
Septiembre	LPG	116	Galones	0,53	m3	0,00004	0,00004	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002
Octubre	LPG	110	Galones	0,50	m3	0,00004	0,00004	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002
Noviembre	LPG	120	Galones	0,55	m3	0,00004	0,00004	0,0000	0,0002	0,001	0,00004	0,00002
Diciembre	LPG	169	Galones	0,77	m3	0,00006	0,00006	0,0000	0,0003	0,002	0,00005	0,00003

Total	**LPG**	**2.049**	**Galones**	**9,31494**	**m3**	**0,00067**	**0,00067**	**0,00003**	**0,00376**	**0,02213**	**0,00060**	0,00039

Número de Encuesta: IEGAM07-07

Actividad de la empresa: Producción de alimentos

Emisiones por combustión:

Mes	Tipo de Combustible "1"	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton/año)						
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Enero	Gas L.P.	88,455	Galones	0,40	m3	0,00003	0,00003	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002
Febrero	Gas L.P.	86,746	Galones	0,39	m3	0,00003	0,00003	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002
Marzo	Gas L.P.	88,455	Galones	0,40	m3	0,00003	0,00003	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002
Abril	Gas L.P.	86,602	Galones	0,39	m3	0,00003	0,00003	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002
Mayo	Gas L.P.	77,52	Galones	0,35	m3	0,00003	0,00003	0,0000	0,0001	0,001	0,00002	0,00001
Junio	Gas L.P.	88,18	Galones	0,40	m3	0,00003	0,00003	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002
Julio	Gas L.P.	92,554	Galones	0,42	m3	0,00003	0,00003	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002
Agosto	Gas L.P.	88,455	Galones	0,40	m3	0,00003	0,00003	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002
Septiembre	Gas L.P.	88,455	Galones	0,40	m3	0,00003	0,00003	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002

Octubre	Gas L.P.	89,659	Galones	0,41	m3	0,00003	0,00003	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002
Noviembre	Gas L.P.	84,812	Galones	0,39	m3	0,00003	0,00003	0,0000	0,0002	0,001	0,00002	0,00002
Diciembre	Gas L.P.	113,039	Galones	0,51	m3	0,00004	0,00004	0,0000	0,0002	0,001	0,00003	0,00002
Total		**1.072.931**	**Galones**	**4,87765**	**m3**	**0,00035**	**0,00035**	**0,00001**	**0,00197**	**0,01159**	**0,00032**	**0,00020**

Mes	**Tipo de Combustible "2"**	**Consumo mensual**		**Consumo mensual**		**Emisiones (Ton/año)**						
		Cantidad	**Unidad**	**Cantidad**	**Unidad**	**PM10**	**PM2.5**	**SO2**	**CO**	**NOx**	**GOT**	**GOR**
Enero	Diesel	63,424	Litros	0,063	m3	0,00008	0,00000	0,3245	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Febrero	Diesel	61,619	Litros	0,062	m3	0,00007	0,00000	0,3153	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Marzo	Diesel	68,575	Litros	0,069	m3	0,00008	0,00000	0,3509	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Abril	Diesel	56,936	Litros	0,057	m3	0,00007	0,00000	0,2913	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Mayo	Diesel	48,902	Litros	0,049	m3	0,00006	0,00000	0,2502	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Junio	Diesel	55,263	Litros	0,055	m3	0,00007	0,00000	0,2828	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Julio	Diesel	56,019	Litros	0,056	m3	0,00007	0,00000	0,2867	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Agosto	Diesel	54,405	Litros	0,054	m3	0,00007	0,00000	0,2784	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Septiembre	Diesel	59,346	Litros	0,059	m3	0,00007	0,00000	0,3037	0,0000	0,000	0,00000	0,00000

Octubre	Diesel	54,675	Litros	0,055	m3	0,00007	0,00000	0,2798	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Noviembre	Diesel	53,776	Litros	0,054	m3	0,00006	0,00000	0,2752	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Diciembre	Diesel	64,26	Litros	0,064	m3	0,00008	0,00000	0,3288	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Total		**697,2**	**Litros**	**0,69720**	**m3**	**0,00084**	**0,00002**	**3,56765**	**0,00042**	**0,00201**	**0,000021**	**0,000017**

Emisiones por proceso:

	Manejo de grano							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad		Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	PM10
3-02-005-30	PM10	0,017	TON PROCESADA		GRANOS	35,60	TON/AÑO	0,00061
RECEPCIÓN EN SILOS								Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad		Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	PM10
3-01-014-02	PM10	0,23672	kg/Tons.		Granos	35,600	ton/año	0,0084
Limpieza de granos/cernidores								Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad		Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	PM10
3-02-005-03/37	PM10	0,019	kg/Tons.		Granos	35,600	ton/año	0,0007
Molido de granos								Emisión (ton/año)

SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	PM10
3-02-007-34	PM10	17,5	kg/Tons.	Granos	35,600	ton/año	0,6230
Manejo de pigmentos							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	PM10
3-01-014-02	PM10	7,72	kg/Tons. de pigmento	Colores	0,284	ton/año	0,0022
Manejo de solventes							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	GOR
4-02-009-01	GOR	908	toneladas de solvente usado	Solvente Video Jet	0,421	ton	0,382268

Número de Encuesta: IEGAM07-08

Actividad de la empresa: Producción de alimentos

Emisiones por combustión:

Mes	Tipo de Combustible "1"	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton/año)						
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Enero	bunker	28.882,00	litros	28,88	m3	0,06041	0,03934	1,0012	0,0173	0,191	0,00444	0,00367
Febrero	bunker	43.845,00	litros	43,85	m3	0,09170	0,05973	1,5199	0,0263	0,289	0,00673	0,00558
Marzo	bunker	57.966,00	litros	57,97	m3	0,12123	0,07896	2,0094	0,0348	0,383	0,00890	0,00737
Abril	bunker	28.936,00	litros	28,94	m3	0,06052	0,03942	1,0031	0,0174	0,191	0,00444	0,00368
Mayo	bunker	58.522,00	litros	58,52	m3	0,12240	0,07972	2,0287	0,0351	0,386	0,00899	0,00744
Junio	bunker	43.513,00	litros	43,51	m3	0,09101	0,05927	1,5084	0,0261	0,287	0,00668	0,00553
Julio	bunker	58.596,00	litros	58,60	m3	0,12255	0,07982	2,0313	0,0352	0,387	0,00900	0,00745
Agosto	bunker	44.014,00	litros	44,01	m3	0,09205	0,05996	1,5258	0,0264	0,290	0,00676	0,00560
Septiembre	bunker	43.910,00	litros	43,91	m3	0,09184	0,05982	1,5222	0,0263	0,290	0,00674	0,00558
Octubre	bunker	58.721,00	litros	58,72	m3	0,12281	0,07999	2,0356	0,0352	0,388	0,00902	0,00747
Noviembre	bunker	59.150,00	litros	59,15	m3	0,12371	0,08058	2,0505	0,0355	0,390	0,00909	0,00752
Diciembre	bunker	25.906,00	litros	25,91	m3	0,05418	0,03529	0,8980	0,0155	0,171	0,00398	0,00329

Total		551,961		551,96100	m3	1,15441	0,75189	19,13406	0,33118	3,64294	0,08478	0,07020

Emisiones por proceso:

Manejo de grano							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	PM10
3-02-005-30	PM10	0,017	TON PROCESADA	GRANOS	18.156,010	TON/AÑO	0,30865
RECEPCIÓN EN SILOS							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	PM10
3-01-014-02	PM10	0,23672	kg/Tons.	Granos	18.156,010	ton/año	4,2979
Manejo de pigmentos							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	PM10
3-01-014-02	PM10	7,72	Kg/Tons. de pigmento	Colores	5,359	ton/año	0,0414

Número de Encuesta: IEGAM07-09

Actividad de la empresa: Producción de accesorios eléctricos

Emisiones por proceso:

Código del Proceso	Nombre		Estado Físico	Forma de Almacenamiento	Consumo Anual		FE (kg/año)	contaminante	Ton /Año
	Comercial	Químico			Cantidad	Unidad			
1		polipropileno	pellets	sacos	315	ton	5,902	GOR	1,859
1		Policarbonato	pellets	sacos	67	ton	5,902	GOR	0,395
1		ABS	pellets	sacos	252	ton	5,902	GOR	1,487
1		PBT	pellets	sacos	110	ton	5,902	GOR	0,649

Número de Encuesta: IEGAM07-10

Actividad de la empresa: Producción de artículos de hule y caucho

Emisiones por proceso:

	Manejo de solventes						Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	GOR
4-02-009-01	GOR	908	toneladas de solvente usado	Disolventes	238,53893	Ton	216,5933484

Pinturas

	Pinturas: Base Solvente						Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	GOR
4-02-001-01	GOR	508,48		Pinturas	8,02382	Ton	4,079951994

Resinas

	Mezcla y manejo general (c, PART)						Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	GOR
3-08-007-01	GOR	5,902	Tons. procesadas	Perforado, extrusión / cortado, etc.	337,11549	Ton	1,989655622

Emisiones por combustión:

Mes	Tipo de Combustible "1"	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton / Año)						
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Enero	Búnker	140942,44	Gls	533	m3	1,12	0,73	18,49	0,32	3,52	0,0819	0,0678
Febrero	Búnker	128642,5	Gls	487	m3	1,02	0,66	16,88	0,29	3,21	0,0748	0,0619
Marzo	Búnker	142272,2	Gls	539	m3	1,13	0,73	18,67	0,32	3,55	0,0827	0,0685
Abril	Búnker	111238,5	Gls	421	m3	0,88	0,57	14,60	0,25	2,78	0,0647	0,0535
Mayo	Búnker	142000,35	Gls	537	m3	1,12	0,73	18,63	0,32	3,55	0,0826	0,0684
Junio	Búnker	141440,2	Gls	535	m3	1,12	0,73	18,56	0,32	3,53	0,0822	0,0681
Julio	Búnker	144913	Gls	548	m3	1,15	0,75	19,01	0,33	3,62	0,0842	0,0698
Agosto	Búnker	143692,8	Gls	544	m3	1,14	0,74	18,85	0,33	3,59	0,0835	0,0692
Septiembre	Búnker	144429,8	Gls	547	m3	1,14	0,74	18,95	0,33	3,61	0,0840	0,0695
Octubre	Búnker	155102,3	Gls	587	m3	1,23	0,80	20,35	0,35	3,87	0,0902	0,0747
Noviembre	Búnker	145293,7	Gls	550	m3	1,15	0,75	19,06	0,33	3,63	0,0845	0,0699
Diciembre	Búnker	105432,7	Gls	399	m3	0,83	0,54	13,83	0,24	2,63	0,0613	0,0508
Total	Búnker			**6.228**	m3	**13,03**	**8,48**	**215,89**	**3,74**	**41,10**	**0,96**	0,7921

Número de Encuesta: IEGAM07-11

Actividad de la empresa: Producción de insumos y materia prima para construcción

Emisiones de proceso:

Molino de Crudo							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	
3-05-006-13	PST	0,0062	KG /MG DE MATERIAL PROCESADO		1.299.607,0	ton/año	8,05756

PM10: 4,109 Ton/año PM2.5: 1,201 Ton/año

Trituración Primaria de la caliza con filtro de tela							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	
3-05-006-09	PST	0,0005	KG /MG DE MATERIAL PROCESADO		1.299.607,0	ton/año	0,64980

PM10: 0,331 Ton/año PM2.5: 0,097 Ton/año

Caliza secundaria: cribado y triturado							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	
3-05-006-10	PST	0,000160	KG /MG DE MATERIAL PROCESADO		1.299.607,0	ton/año	0,20794

PM10: 0,106 Ton/año PM2.5: 0,031 Ton/año

Caliza: Transferencia con filtro de tela

							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	
3-05-006-12	PST	0,000002	KG /MG DE MATERIAL PROCESADO		1.299.607,0	ton/año	0,00195

PM10: 0,00099 Ton/año PM2.5: 0,00029 Ton/año

Horno de Precalentado							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	
3-05-006-22	PST	130,0	KG /MG DE MATERIAL PROCESADO		1.299.607,0	ton/año	168.948,91

PM10: 89542 Ton/año PM2.5: 30410,8 Ton/año

Horno de proceso en seco con filtro							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	
3-05-006-06	PST	0,100000	KG /MG DE klinker producido		706.188,0	ton/año	70,61880

PM10: 37,43 Ton/año PM2.5: 12,71 Ton/año

Enfriamiento de CLINKER con filtro							Emisión (ton/año)
SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	
3-05-006-14	PST	0,068000	KG /MG DE CLINKER		706.188,0	ton/año	48,021

PM10: 24,49 Ton/año PM2.5: 7,203 Ton/año

Molienda final con filtro

SCC	CONTAMINANTE	FE	kg/unidad	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	Emisión (ton/año)
3-05-006-17	PST	0,004200	KG /MG DE MATERIAL PROCESADO		1.482.950,0	ton/año	6,228

PM10: 5,294 Ton/año PM2.5: 1,868 Ton/año

El sistema cuenta con un dispositivo de control de partículas con una eficiencia del 99%.

Emisiones por combustión:

Tipo de Combustible	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton/año)						
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Bunker	298	TONELADAS	310,42	m3	0,64922	0,42286	10,7608	0,1863	2,049	0,04768	0,03948
Bunker	386	TONELADAS	402,08	m3	0,84094	0,54773	13,9385	0,2413	2,654	0,06176	0,05114
Bunker	646	TONELADAS	672,92	m3	1,40738	0,91666	23,3271	0,4038	4,441	0,10336	0,08558
Bunker	109	TONELADAS	113,54	m3	0,23747	0,15467	3,9360	0,0681	0,749	0,01744	0,01444
Bunker	205	TONELADAS	213,54	m3	0,44661	0,29089	7,4026	0,1281	1,409	0,03280	0,02716
Bunker	96	TONELADAS	100,00	m3	0,20915	0,13622	3,4666	0,0600	0,660	0,01536	0,01272
Bunker	40	TONELADAS	41,67	m3	0,08714	0,05676	1,4444	0,0250	0,275	0,00640	0,00530

Bunker	514	TONELADAS	535,42	m3	1,11980	0,72936	18,5605	0,3213	3,534	0,08224	0,06809
Bunker	210	TONELADAS	218,75	m3	0,45751	0,29799	7,5831	0,1313	1,444	0,03360	0,02782
Bunker	56	TONELADAS	58,33	m3	0,12200	0,07946	2,0222	0,0350	0,385	0,00896	0,00742
Bunker	39	TONELADAS	40,63	m3	0,08497	0,05534	1,4083	0,0244	0,268	0,00624	0,00517
Bunker	71	TONELADAS	73,96	m3	0,15468	0,10075	2,5638	0,0444	0,488	0,01136	0,00941
	2670	TONELADAS	**2.781,25**	**m3**	**5,81687**	**3,78868**	**96,4137**	**1,66875**	**18,356**	**0,42720**	**0,35372**

Tipo de Combustible	**Consumo mensual**		**Consumo mensual**		**Emisiones (Ton/año)**						
	Cantidad	**Unidad**	**Cantidad**	**Unidad**	**PM10**	**PM2.5**	**SO2**	**CO**	**NOx**	**GOT**	**GOR**
Coke	2279	TONELADAS	1.899,17	m3	0,93725	0,17573	186,5886	0,4307	18,952	0,08614	0,03756
Coke	5092	TONELADAS	4.243,33	m3	2,09411	0,39265	416,8973	0,9624	42,344	0,19247	0,08392
Coke	0	TONELADAS	0,00	m3	0,00000	0,00000	0,0000	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Coke	0	TONELADAS	0,00	m3	0,00000	0,00000	0,0000	0,0000	0,000	0,00000	0,00000
Coke	2534	TONELADAS	2.111,67	m3	1,04212	0,19540	207,4662	0,4789	21,072	0,09578	0,04176
Coke	5645	TONELADAS	4.704,17	m3	2,32153	0,43529	462,1731	1,0669	46,943	0,21338	0,09303
Coke	6576	TONELADAS	5.480,00	m3	2,70441	0,50708	538,3968	1,2428	54,685	0,24857	0,10838
Coke	3479	TONELADAS	2.899,17	m3	1,43076	0,26827	284,8361	0,6575	28,931	0,13150	0,05734

Coke	2897	TONELADAS	2.414,17	m3	1,19141	0,22339	237,1861	0,5475	24,091	0,10950	0,04774
Coke	7418	TONELADAS	6.181,67	m3	3,05069	0,57200	607,3339	1,4020	61,687	0,28039	0,12225
Coke	6613	TONELADAS	5.510,83	m3	2,71963	0,50993	541,4261	1,2498	54,992	0,24997	0,10899
Coke	5647	TONELADAS	4.705,83	m3	2,32236	0,43544	462,3368	1,0673	46,959	0,21345	0,09307
	48180	TONELADAS	**40.150,00**	**m3**	**19,81426**	**3,71517**	**3.944,64090**	**9,10582**	**400,65605**	**1,82116**	**0,79403**

Tipo de Combustible	**Consumo mensual**		**Consumo mensual**		**Emisiones (Ton/año)**						
	Cantidad	**Unidad**	**Cantidad**	**Unidad**	**PM10**	**PM2.5**	**SO2**	**CO**	**NOx**	**GOT**	**GOR**
Carbon	0	TONELADAS	0,00	m3			0,0000	0,0000	0,000		
Carbon	112	TONELADAS	83,21	m3			9,4859	0,0416	2,746		
Carbon	6693	TONELADAS	4.972,51	m3			566,8663	2,4863	164,093		
Carbon	7430	TONELADAS	5.520,06	m3			629,2868	2,7600	182,162		
Carbon	3495	TONELADAS	2.596,58	m3			296,0104	1,2983	85,687		
Carbon	75	TONELADAS	55,72	m3			6,3522	0,0279	1,839		
Carbon	450	TONELADAS	334,32	m3			38,1129	0,1672	11,033		
Carbon	3076	TONELADAS	2.285,29	m3			260,5230	1,1426	75,415		
Carbon	17	TONELADAS	12,63	m3			1,4398	0,0063	0,417		

Carbon	0	TONELADAS	0,00	m3			0,0000	0,0000	0,000		
Carbon	0	TONELADAS	0,00	m3			0,0000	0,0000	0,000		
Carbon	0	TONELADAS	0,00	m3			0,0000	0,0000	0,000		
	21348	TONELADAS	**15.860,33**	**m3**			**1.808,07727**	**7,93016**	**523,39079**		

Factores de emisión para combustión de coke

Contaminante	**<3,0000 c.c.) [kg/ton]**
PM10 SIN CONTROL	0,494
PM10 CICLON	0,167
PM10 SCRUBBER	0,074
PM10 PES	0,010
PM10 FILTROS BOLSA	0,003
PM2.5 SIN CONTROL	0,093
PM2.5 CICLON	0,009
PM2.5 SCRUBBER	0,046
PM2.5 PES	0,004
PM2.5 FILTROS BOLSA	0,002
SO2	98,248
CO	0,227
NOx SIN CONTROL	9,979
NOx QBNOx	4,989
GOR	0,020
GOT	0,045

Factores de emisión para combustión de carbón

Contaminante	<3,0000 c.c.) [kg/ton]
SO_2	114
NOx	33
CO	0,5

Número de Encuesta: IEGAM07-12

Actividad de la empresa: Producción de insumos y materia prima para construcción

Emisiones de proceso:

SCC	Factores de Emisión (kg/m³ de material)	Actividad, MP o Producto	Cantidad	Unidad	Emisión Total PM_{10} (ton/año)
3-05-011-21	**0,0018**	Grava	25857	m³ /año	0,047
3-05-011-22	**0,0004**	Arena	41810	m³ /año	0,017
3-05-011-23	**0,0018**	Grava	25857	m³ /año	0,047
3-05-011-24	**0,0004**	Arena	41810	m³ /año	0,017
3-05-011-04	**0,0018**	Grava	25857	m³ /año	0,048

3-05-011-05	**0,0004**	Arena	41810	m³ /año	0,017
3-05-011-07	**0.23kg/ton**	Cemento	38877	ton/año	**8,942**
3-05-011-17	**0,0001**	Aditivos	213,308	m³ /año	0,00002
3-05-011-08	**0,0023**	arena y grava	67667	m³ /año	0,156
3-05-011-10	**0,0231**	Concreto	78258	m³ /año	**1,81**
				total	11,096

Emisiones de combustión:

Mes	Tipo de Combustible "1 = "	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton/año)						GOR
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	
Enero	**Diesel**	8889	Litros	8,89	m3	0,00115	0,00027	0,0455	0,0053	0,026	0,00059	0,00022
Febrero	**Diesel**	14228	Litros	14,23	m3	0,00727	0,00043	0,0728	0,0085	0,041	0,00095	0,00036
Marzo	**Diesel**	13875	Litros	13,88	m3	0,00833	0,00042	0,0710	0,0083	0,040	0,00093	0,00035
Abril	**Diesel**	14978	Litros	14,98	m3	0,04314	0,00045	0,0766	0,0090	0,043	0,00100	0,00038
Mayo	**Diesel**	14135	Litros	14,14	m3	0,01696	0,00042	0,0723	0,0085	0,041	0,00094	0,00035
Junio	**Diesel**	11748	Litros	11,75	m3	0,00078	0,00035	0,0601	0,0070	0,034	0,00078	0,00029
Julio	**Diesel**	15246	Litros	15,25	m3	0,00084	0,00046	0,0780	0,0091	0,044	0,00102	0,00038
Agosto	**Diesel**	13311	Litros	13,31	m3	0,00054	0,00040	0,0681	0,0080	0,038	0,00089	0,00033

Septiembre	**Diesel**	11789	Litros	11,79	m3	0,00031	0,00035	0,0603	0,0071	0,034	0,00079	0,00030
Octubre	**Diesel**	15399	Litros	15,40	m3	0,00148	0,00046	0,0788	0,0092	0,044	0,00103	0,00039
Noviembre	**Diesel**	12835	Litros	12,84	m3	0,00000	0,00039	0,0657	0,0077	0,037	0,00086	0,00032
Diciembre	**Diesel**	14593	Litros	14,59	m3	0,00000	0,00044	0,0747	0,0088	0,042	0,00097	0,00037
Total		161026	Litros	**161,03**	**m3**	**0,08080**	**0,00483**	**0,8240**	**0,09662**	**0,464**	**0,01074**	**0,00403**

Tipo de Combustible "2"	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton/año)						
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COT	GOR
Bunker	4347	Litros	4,35	m3	0,00909	0,00592	0,1507	0,0026	0,029	0,00067	0,00055
Bunker	8673	Litros	8,67	m3	0,01814	0,01181	0,3007	0,0052	0,057	0,00133	0,00110
Bunker	6422	Litros	6,42	m3	0,01343	0,00875	0,2226	0,0039	0,042	0,00099	0,00082
Bunker	4149	Litros	4,15	m3	0,00868	0,00565	0,1438	0,0025	0,027	0,00064	0,00053
Bunker	4667	Litros	4,67	m3	0,00976	0,00636	0,1618	0,0028	0,031	0,00072	0,00059
Bunker	6767	Litros	6,77	m3	0,01415	0,00922	0,2346	0,0041	0,045	0,00104	0,00086
Bunker	5684	Litros	5,68	m3	0,01189	0,00774	0,1970	0,0034	0,038	0,00087	0,00072
Bunker	8277	Litros	8,28	m3	0,01731	0,01128	0,2869	0,0050	0,055	0,00127	0,00105
Bunker	6867	Litros	6,87	m3	0,01436	0,00935	0,2380	0,0041	0,045	0,00105	0,00087

Bunker	3546	Litros	3,55	m3	0,00742	0,00483	0,1229	0,0021	0,023	0,00054	0,00045
Bunker	7986	Litros	7,99	m3	0,01670	0,01088	0,2768	0,0048	0,053	0,00123	0,00102
Bunker	4828	Litros	4,83	m3	0,01010	0,00658	0,1674	0,0029	0,032	0,00074	0,00061
	72213	Litros	**72,21**	**m3**	**0,15103**	**0,09837**	**2,5033**	**0,04333**	**0,477**	**0,01109**	**0,00918**

Número de Encuesta: IEGAM07-13

Actividad de la empresa: Fabricación de vidrio

Emisiones de proceso:

Contenedor de vidrio: Horno de fundición							**Emisión (ton/año)**
SCC	**CONTAMINANTE**	**FE**	**kg/unidad**	**Actividad, MP o Producto**	**Cantidad**	**Unidad**	
3-05-014-02	**PART**	**0,70**	**TON DE VIDRIO PRODUCIDO**		67.749,0000	ton/año	**47,47172**
	PM10		**TON DE VIDRIO PRODUCIDO**		67.749,0000	ton/año	**45,09814**
	PM2.5	**0,64**	**TON DE VIDRIO PRODUCIDO**		67.749,0000	ton/año	**43,15611**

	SO2	1,70	TON DE VIDRIO PRODUCIDO		67.749,0000	ton/año	115,28847
	NOX	3,10	TON DE VIDRIO PRODUCIDO		67.749,0000	ton/año	210,23192
	CO	0,10	TON DE VIDRIO PRODUCIDO		67.749,0000	ton/año	6,78167
	GOR	0,20	TON DE VIDRIO PRODUCIDO		67.749,0000	ton/año	13,54980

Número de Encuesta: IEGAM07-14

Actividad de la empresa: Central Termoeléctrica

Emisiones de combustión:

Mes	Tipo de Combustible "1 = "	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton/año)						
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Enero	Diesel	2701054	L	2.701,05	m3	0,32413	0,08103	13,8216	1,6206	7,779	0,08168	0,06763
Febrero	Diesel	5630221	L	5.630,22	m3	0,67563	0,16891	28,8105	3,3781	16,215	0,17026	0,14097
Marzo	Diesel	6027203	L	6.027,20	m3	0,72326	0,18082	30,8419	3,6163	17,358	0,18226	0,15091

Abril	**Diesel**	5555171	L	5.555,17	m3	0,66662	0,16666	28,4265	3,3331	15,999	0,16799	0,13909
Mayo	**Diesel**	2367024	L	2.367,02	m3	0,28404	0,07101	12,1123	1,4202	6,817	0,07158	0,05927
Junio	**Diesel**	2221673	L	2.221,67	m3	0,26660	0,06665	11,3686	1,3330	6,398	0,06718	0,05563
Julio	**Diesel**	2127578	L	2.127,58	m3	0,25531	0,06383	10,8871	1,2765	6,127	0,06434	0,05327
Agosto	**Diesel**	1779736	L	1.779,74	m3	0,21357	0,05339	9,1071	1,0678	5,126	0,05382	0,04456
Septiembre	**Diesel**	837516	L	837,52	m3	0,10050	0,02513	4,2857	0,5025	2,412	0,02533	0,02097
Octubre	**Diesel**	484895	L	484,90	m3	0,05819	0,01455	2,4813	0,2909	1,396	0,01466	0,01214
Noviembre	**Diesel**	230987	L	230,99	m3	0,02772	0,00693	1,1820	0,1386	0,665	0,00699	0,00578
Diciembre	**Diesel**	458145	L	458,15	m3	0,05498	0,01374	2,3444	0,2749	1,319	0,01385	0,01147
Total		30421203	L	**30.421,2**	**m3**	**3,6505**	**0,9126**	**155,668**	**18,2527**	**87,613**	**0,91994**	**0,76171**

Número de Encuesta: IEGAM07-15

Actividad de la empresa: Central Termoeléctrica

Emisiones de combustión:

Mes	Tipo de Combustible "1 = "	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones (Ton/año)						
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Enero	**Diesel**	118290	L	118,29	m3	0,01419	0,00355	0,6053	0,0710	0,341	0,00358	0,00296
Febrero	**Diesel**	91435	L	91,44	m3	0,01097	0,00274	0,4679	0,0549	0,263	0,00276	0,00229
Marzo	**Diesel**	135704	L	135,70	m3	0,01628	0,00407	0,6944	0,0814	0,391	0,00410	0,00340
Abril	**Diesel**	68214	L	68,21	m3	0,00819	0,00205	0,3491	0,0409	0,196	0,00206	0,00171
Mayo	**Diesel**	98245	L	98,25	m3	0,01179	0,00295	0,5027	0,0589	0,283	0,00297	0,00246
Junio	**Diesel**	99177	L	99,18	m3	0,01190	0,00298	0,5075	0,0595	0,286	0,00300	0,00248
Julio	**Diesel**	97051	L	97,05	m3	0,01165	0,00291	0,4966	0,0582	0,280	0,00293	0,00243
Agosto	**Diesel**	103566	L	103,57	m3	0,01243	0,00311	0,5300	0,0621	0,298	0,00313	0,00259
Septiembre	**Diesel**	111431	L	111,43	m3	0,01337	0,00334	0,5702	0,0669	0,321	0,00337	0,00279
Octubre	**Diesel**	137891	L	137,89	m3	0,01655	0,00414	0,7056	0,0827	0,397	0,00417	0,00345
Noviembre	**Diesel**	37108	L	37,11	m3	0,00445	0,00111	0,1899	0,0223	0,107	0,00112	0,00093

Diciembre	**Diesel**	7291	L	7,29	m3	0,00087	0,00022	0,0373	0,0044	0,021	0,00022	0,00018
Total		1105403	L	**1.105,40**	**m3**	**0,13265**	**0,03316**	**5,6565**	**0,66324**	**3,184**	**0,03343**	**0,02768**

Tipo de Combustible "2"	Consumo mensual		Consumo mensual		Emisiones						
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
Bunker	461742	L	461,74	m3	0,96572	0,62899	16,0066	0,2770	3,047	0,07092	0,05872
Bunker	387167	L	387,17	m3	0,80974	0,52741	13,4214	0,2323	2,555	0,05947	0,04924
Bunker	699572	L	699,57	m3	1,46313	0,95297	24,2511	0,4197	4,617	0,10745	0,08897
Bunker	336310	L	336,31	m3	0,70338	0,45813	11,6584	0,2018	2,220	0,05166	0,04277
Bunker	390898	L	390,90	m3	0,81755	0,53249	13,5507	0,2345	2,580	0,06004	0,04971
Bunker	414216	L	414,22	m3	0,86632	0,56425	14,3590	0,2485	2,734	0,06362	0,05268
Bunker	396633	L	396,63	m3	0,82954	0,54030	13,7495	0,2380	2,618	0,06092	0,05044
Bunker	401031	L	401,03	m3	0,83874	0,54629	13,9020	0,2406	2,647	0,06160	0,05100
Bunker	489882	L	489,88	m3	1,02457	0,66733	16,9821	0,2939	3,233	0,07525	0,06230
Bunker	243690	L	243,69	m3	0,50967	0,33196	8,4477	0,1462	1,608	0,03743	0,03099
Bunker	41669	L	41,67	m3	0,08715	0,05676	1,4445	0,0250	0,275	0,00640	0,00530
Bunker	19679	L	19,68	m3	0,04116	0,02681	0,6822	0,0118	0,130	0,00302	0,00250

	4282489	L	**4.282,49**	**m3**	**8,95666**	**5,83369**	**148,4551**	**2,56949**	**28,264**	**0,65779**	**0,54465**

A.1.6. Cálculo de emisiones de proceso por extrapolación

Para aquellas empresas que pertenecen a la misma categoría de código CIIU y para las cuales no se aplicaron encuestas, se determinaron los factores de emisión por empleado con el fin de realizar las extrapolaciones correspondientes a las otras fuentes fijas. En las tablas A1.14 y A1.15 se muestra un extracto de los valores de emisión por empleado determinados para algunos códigos CIIU.

Tabla A.1.14. Factores de emisión (Ton/(año x empleado)) de contaminantes criterio para combustión realizados en las fuentes fijas de acuerdo con su respectivo código CIIU.

Empresa	PM_{10}	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
1511	1,2040E-06	1,2041E-06	4,8916E-08	6,7429E-06	3,9735E-05	1,08E-06	0
1512	0,00000120	0,0000012	0,0000005	0,0000067	0,0000397	0,000001	0,000000
1513	0,00000120	0,0000012	0,0000005	0,0000067	0,0000397	0,000001	0,0000000
1514	0,00777883	0,0051506	0,0159475	0,0079479	0,0350478	0,000628	0,0004845
1520	0,00026842	0,0002323	0,0003891	0,0023150	0,0047469	0,000309	0,0001702
1531	0,00042650	0,0004265	3,2757E-05	0,0046362	0,0058441	0,000614	0,0003095
1533	0,00060463	0,0006002	0,0001440	0,0062102	0,0091711	0,000845	0,0004354
1541	0,00031591	0,00031559	2,9986E-05	0,0033290	0,0046429	0,000450	0,0002292
1543	0,00025644	0,00021131	0,0007786	0,0013860	0,0050698	0,000187	0,0001247
1549	0,00032223	0,00031676	0,0001436	0,0032230	0,0063098	0,000438	0,0002282
1551	0,01122478	0,00884055	0,0004457	0,0089032	0,0117545	0,001331	0,0006772
1553	0,01122478	0,00884055	0,0004457	0,0089032	0,0117545	0,001331	0,0006772
1554	0,01122478	0,00884055	0,0004457	0,0089032	0,0117545	0,001331	0,0006772
1600	0,01122478	0,00884055	0,0004457	0,0089032	0,0117545	0,001331	0,0006772

Empresa	PM_{10}	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
1711	0	0	0	0	0	0	0
1712	0	0	0	0	0	0	0
1721	0	0	0	0	0	0	0
1723	0	0	0	0	0	0	0
1730	0	0	0	0	0	0	0
1810	0	0	0	0	0	0	0
1820	0,00011090	8,4704E-05	0,0005442	0,0005124	0,0025425	6,23E-05	4,9993E-05
1912	0,00011090	8,4704E-05	0,000544	0,0005124	0,0025425	6,24E-05	4,9993E-05
1920	2,3014E-05	1,8633E-05	3,7471E-05	6,5568E-05	0,0004122	1,36E-05	9,1543E-06
2010	0,0000945	7,2625E-05	0,000497	0,0004375	0,0021	0,000048	4,0279E-05
2022	0,0000945	7,2625E-05	0,000497	0,0004375	0,0021	0,000048	4,0279E-05
2023	8,3549E-05	6,4056E-05	0,0003882	0,0003955	0,0019609	4,69E-05	3,727E-05
2101	0,0000945	7,2625E-05	0,000497	0,0004375	0,0021	0,000048	4,0279E-05
2102	4,356E-06	1,089E-06	0,0001857	0,0000217	0,0001045	1,09E-06	1,3394E-05
2109	4,356E-06	1,089E-06	0,0001857	0,0000217	0,0001045	1,09E-06	1,3394E-05
2211	3,2996E-05	3,193E-05	2,4796E-05	0,0002037	0,0009075	3,58E-05	2,1796E-05
2212	3,2996E-05	3,193E-05	2,4796E-05	0,0002037	0,0009075	3,58E-05	2,1796E-05
2221	3,2996E-05	3,193E-05	2,4796E-05	0,0002037	0,0009075	3,58E-05	2,1796E-05
2411	0,00112066	0,0010752	0,0010795	0,0109310	0,0171278	0,001434	0,0007555
2412	0,00112066	0,0010752	0,0010795	0,0109310	0,0171278	0,001434	0,0007555
2413	0,00053645	0,00047417	0,0020019	0,0041061	0,0076293	0,000538	0,0002862
2422	3,795E-06	9,4108E-07	0,1605205	1,9679E-05	9,2043E-05	9,48E-07	7,8545E-07
2423	2,7699E-05	1,5486E-05	0,0006993	0,0001455	0,0007675	1,44E-05	0,0001552

Empresa	PM_{10}	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
2424	0,00048622	0,0004553	0,0003894	0,0044057	0,0063512	0,000577	0,000297
2429	0,00048622	0,0004553	0,0003894	0,0044057	0,0063512	0,000577	0,0002979
2511	0,01250027	0,00814174	0,2071898	0,0035860	0,0394469	0,000918	0,0007601
2519	0,01250027	0,00814174	0,2071898	0,0035860	0,0394469	0,000918	0,0007601
2520	0,00012359	0,00010892	0,0001262	0,0008517	0,0026330	0,000138	8,1236E-05
2610	0,05926167	0,05670974	0,1514960	0,0089115	0,2762574	0	0,0178052
2691	0,00050477	0,00050477	9,5601E-07	0,0022714	0,0165198	0,000619	0,0004002
2693	0,00050477	0,00050477	9,5601E-07	0,0022714	0,0165198	0,000619	0,0004002
2694	0,08120599	0,01522612	16,166561	0,0373189	1,6420329	0,007463	0,0032542
2710	0,00378479	0,00223107	0,0433437	0,0094814	0,0110964	0,000509	0,0003032
2720	0,00281108	0,00279439	0,0004403	0,0274604	0,0472731	0,003903	0,0020493
2811	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
2893	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
2899	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
2921	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
2922	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
2924	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
2926	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000424	0,0002330
2930	0,00031685	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000426	0,0002330
3000	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
3110	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
3130	1,1574E-06	0	0	0	0	0	0
3140	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330

Empresa	PM_{10}	PM2.5	SO2	CO	NOx	GOT	GOR
3150	1,157E-06	0	0	0	0	0	0
3190	1,157E-06	0	0	0	0	0	0
3210	1,1571E-06	0	0	0	0	0	0
3230	1,1571E-06	0	0	0	0	0	0
3311	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
3320	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
3410	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
3430	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
3512	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
3610	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
3691	0,00031684	0,00029993	3,5072E-05	0,0026756	0,0064302	0,000423	0,0002330
3699	8,2864E-05	7,6304E-05	9,0078E-05	0,0005192	0,0020707	9,33E-05	5,7028E-05

Tabla A.1.15. Factores de emisión (Ton/(año x empleado)) de contaminantes criterio para los procesos realizados en las fuentes fijas de acuerdo con su respectivo código CIIU.

Empresa	PM10 PROC	GOR PROC
1511	0	0
1512	0,00000000	0,00000000
1513	0,00000000	0,00000000
1514	0,04102519	0,00677923
1520	0,00052167	0,00116501

Empresa	PM10 PROC	GOR PROC
1531	0,17641778	0,00023855
1533	0,07833558	0
1541	0,00248444	0,15918243
1543		
1549	0,01761703	0,00229577
1551	0,01671906	0
1553	0,0038907	0,12752602
1554	0,00102977	0,01084389
1600	0,00102977	0,01084389
1711	0,00102977	0,01084389
1712	0,00102977	0,01084389
1721	0,00421053	0,10315789
1723	0,00421053	0,10315789
1730	0,00421053	0,10315789
1810	0,00421053	0,10315789
1820	0,00421053	0,10315789
1912	0,00421053	0,10315789
1920	0,00219407	0,00824286
2010	0,00219407	0,00824286
2022	0,0001506	0,03359938
2023	0,0165	0,00204167
2101	0,0165	0,00204167
2102	0,00064567	0,11169765

Empresa	PM10 PROC	GOR PROC
2109	0,0165	0,00204167
2211	0	0
2212	0	0
2221	0,00074176	0,23542406
2411	0,00074176	0,23542406
2412	0,00074176	0,23542406
2413	0,0068092	0,9649788
2422	0,0068092	0,9649788
2423	0,00333742	0,21563685
2424	0	0
2429	0,00258337	1,25141838
2511	0,00536807	0,18924927
2519	0,00536807	0,18924927
2520	0	0,21368806
2610	0	0,21368806
2691	0,00271321	0,26294307
2693	0	0
2694	0	0,00533788
2710	0	0,00533788
2720	0	0
2811	0,00547652	0,02288006
2893	0,03054934	0,75144915
2899	0,00367343	0,03709169

Empresa	PM10 PROC	GOR PROC
2921	0,00367343	0,03709169
2922	0,00367343	0,03709169
2924	0,00367343	0,03709169
2926	0,00367343	0,03709169
2930	0,00367343	0,03709169
3000	0,00367343	0,03709169
3110	0,00367343	0,03709169
3130	0,00367343	0,03709169
3140	0,00367343	0,03709169
3150	0	0,01568246
3190	0,00367343	0,03709169
3210	0	0,01568246
3230	0	0,01568246
3311	0	0,01568246
3320	0	0,01568246
3410	0,00367343	0,03709169
3430	0,00367343	0,03709169
3512	0,00367343	0,03709169
3610	0,00367343	0,03709169
3691	0,00367343	0,03709169
3699	0,00367343	0,03709169

A2. Memoria de Cálculo de Emisiones: Fuentes de Área

Las fuentes de área son esencialmente fuentes demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera efectiva en el inventario de fuentes fijas. Este apartado define las categorías en que se dividen las fuentes de área; describe la metodología empleada, y explica las estrategias de recopilación, revisión y aseguramiento de calidad de los datos utilizados para estimar las emisiones de las fuentes de área en el presente inventario de emisiones.

En esta sección se describe y documenta el procedimiento con el que se estimaron las emisiones de cada una de las categorías de fuentes de área que se incluyen en el presente inventario de emisiones. Además de los ajustes realizados a los factores de emisión y modelos computacionales con la información de parámetros meteorológicos locales y de la calidad de los combustibles que se distribuyen en el Área Metropolitana de Costa Rica, entre otros.

APARTADO 1

QUEMADO DE COMBUSTIBLES EN FUENTES ESTACIONARIAS

Nombre de Fuente:	Uso doméstico de combustibles (Leña)
Código de Fuente:	21-04-008-000
Descripción:	Uso de leña en los hogares para cocción de alimentos
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y PM $_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de leña
Fuente de datos:	• Viviendas que utilizan leña por municipio (Encuesta nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de leña en el país (Dirección Sectorial Energía) FACTORES DE EMISIÓN: • NOx – 1,4 kg/Mg (EIIP, 2001a) • SOx – 0,2 kg/Mg (EIIP, 2001a) • GOR – 26,5 kg/Mg (EIIP, 2001a) • CO – 115,4 kg/Mg (EIIP, 2001a) • PM_{10} – 15,3 kg/Mg (EIIP, 2001a) SUPUESTOS • La fracción $PM_{2.5}$ de las PM_{10} es 0,9627 (ARB, 1999). • Factores de emisión son para cocinas de leña • Las emisiones de GOR corresponden a 41,5% de los GOT

	(Manual de Inventarios de Emisiones de México)

El consumo de leña promedio por vivienda se determinó a partir del consumo nacional de leña para el sector residencial en el año 2007 correspondiente a 14433 TJ, lo cual equivale a 801,8 Ton (DSE, 2008). Según la Encuesta Nacional de Hogares del INEC para el año 2007, un total de 110 957 viviendas en el país utilizan este tipo de combustible, de las cuales 22766 se ubican en el área del inventario.

Las emisiones de GOT generadas por el uso doméstico de leña para cocción de alimentos corresponden a 10,54 ton/año.

Tabla A2.1.1. Emisiones generadas por las viviendas que utilizan leña para cocción de alimentos

Cantón	Viviendas que utilizan leña	Consumo de leña durante el año 2007 Kg	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx Ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	629	4560,3	0,53	0,0064	0,00091	0,070	0,067	0,121
Escazú	314	2276,5	0,26	0,0032	0,00046	0,035	0,034	0,060
Desamparados	1784	12934,0	1,49	0,0181	0,00259	0,198	0,191	0,343
Goicoechea	277	2008,3	0,23	0,0028	0,00040	0,031	0,030	0,053
Santa Ana	303	2196,8	0,25	0,0031	0,00044	0,034	0,032	0,058
Alajuelita	388	2813,0	0,32	0,0039	0,00056	0,043	0,041	0,075
Vásquez de Coronado	501	3632,3	0,42	0,0051	0,00073	0,056	0,054	0,096
Tibás	123	891,8	0,10	0,0012	0,00018	0,014	0,013	0,024

Moravia	213	1544,3	0,18	0,0022	0,00031	0,024	0,023	0,041
Montes de Oca	77	558,3	0,06	0,0008	0,00011	0,009	0,008	0,015
Curridabat	188	1363,0	0,16	0,0019	0,00027	0,021	0,020	0,036
Aserrí	1542	11179,5	1,29	0,0157	0,00224	0,171	0,165	0,296
Mora	899	6517,8	0,75	0,0091	0,00130	0,100	0,096	0,173
Alajuela	2905	21061,3	2,43	0,0295	0,00421	0,322	0,310	0,558
Grecia	2252	16327,0	1,88	0,0229	0,00327	0,250	0,240	0,433
Atenas	742	5379,5	0,62	0,0075	0,00108	0,082	0,079	0,143
Poás	894	6481,5	0,75	0,0091	0,00130	0,099	0,095	0,172
Cartago	2450	17762,5	2,05	0,0249	0,00355	0,272	0,262	0,471
Paraíso	865	6271,3	0,72	0,0088	0,00125	0,096	0,092	0,166
La Unión	550	3987,5	0,46	0,0056	0,00080	0,061	0,059	0,106
Oreamuno	837	6068,3	0,70	0,0085	0,00121	0,093	0,089	0,161
El Guarco	964	6989,0	0,81	0,0098	0,00140	0,107	0,103	0,185
Heredia	398	2885,5	0,33	0,0040	0,00058	0,044	0,043	0,076
Santo Domingo	439	3182,8	0,37	0,0045	0,00064	0,049	0,047	0,084
Barva	457	3313,3	0,38	0,0046	0,00066	0,051	0,049	0,088
Santa Bárbara	592	4292,0	0,50	0,0060	0,00086	0,066	0,063	0,114
San Rafael	394	2856,5	0,33	0,0040	0,00057	0,044	0,042	0,076
San Pablo	141	1022,3	0,12	0,0014	0,00020	0,016	0,015	0,027
Belén	109	790,3	0,09	0,0011	0,00016	0,012	0,012	0,021
Flores	148	1073,0	0,12	0,0015	0,00021	0,016	0,016	0,028
San Isidro	391	2834,8	0,33	0,0040	0,00057	0,043	0,042	0,075
Total	**22766**	**165054**	**19,05**	**0,23**	**0,033**	**2,525**	**2,431**	**4,374**

Nombre de Fuente:	Uso doméstico de combustibles (Gas LPG)
Código de Fuente:	21-04-007-000
Descripción:	Uso doméstico de gas licuado de petróleo (GLP) para la cocción de alimentos.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y PM $_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de gas licuado de petróleo
Fuente de datos:	• Viviendas que utilizan GLP por municipio (Encuesta nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de GLP en el país (Dirección Sectorial Energía) • Composición química y contenido de azufre del GLP (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos). FACTORES DE EMISIÓN: • NOx – 1,752 kg/1000 litros (EPA, 1995 sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • SOx – 0,0198 kg/1000 litros (EPA, 1995 sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • GOR – 0,0432 kg/1000 litros (EPA, 1995 sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • CO – 0,2424 kg/1000 litros (EPA, 1995 sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • PM – 0,0552 kg/1000 litros (EPA, 1995 sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996)

	• La composición del GLP corresponde a 68,9% propano, 18,5% butano y 11,9% isobutano (ARESEP) • Contenido de azufre del GLP corresponde a 110 mg/kg (ARESEP) SUPUESTOS: • Los factores de emisión de PM se suponen representativos de las emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$. • Los factores de emisión para la combustión doméstica de GLP son equivalentes a los de la combustión comercial. • Las emisiones de GOR corresponden a 64,6% de GOT (Manual de inventarios de emisiones de México)

El consumo de GLP promedio por vivienda se determinó a partir del consumo nacional de GLP para el sector residencial en el año 2007 correspondiente a 2490 TJ, lo cual equivale a 97 494 m^3 (DSE, 2008). Según la Encuesta Nacional de Hogares del INEC para el año 2007, un total de 285 053 viviendas en el país utilizan este tipo de combustible, de las cuales 111 370 se ubican en el área del inventario.

Las emisiones de GOT generadas por el uso doméstico de GLP para cocción de alimentos corresponden a 2,53 ton/año.

Tabla A2.1.2. Emisiones generadas por las viviendas que utilizan GLP para cocción de alimentos

Cantón	Viviendas que utilizan GLP	Consumo de GLP durante el año 2007 m^3	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	16588	5639,9	1,37	9,88	0,1117	0,311	0,311	0,244
Escazú	3301	1122,3	0,27	1,97	0,0222	0,062	0,062	0,048
Desamparados	9608	3266,7	0,79	5,72	0,0647	0,180	0,180	0,141
Goicoechea	5829	1981,9	0,48	3,47	0,0392	0,109	0,109	0,086
Santa Ana	2000	680,0	0,16	1,19	0,0135	0,038	0,038	0,029
Alajuelita	4051	1377,3	0,33	2,41	0,0273	0,076	0,076	0,060
Vásquez de Coronado	3897	1325,0	0,32	2,32	0,0262	0,073	0,073	0,057
Tibás	3598	1223,3	0,30	2,14	0,0242	0,068	0,068	0,053
Moravia	2759	938,1	0,23	1,64	0,0186	0,052	0,052	0,041
Montes de Oca	2831	962,5	0,23	1,69	0,0191	0,053	0,053	0,042
Curridabat	3676	1249,8	0,30	2,19	0,0247	0,069	0,069	0,054
Aserrí	2095	712,3	0,17	1,25	0,0141	0,039	0,039	0,031
Mora	1401	476,3	0,12	0,83	0,0094	0,026	0,026	0,021
Alajuela	16888	5741,9	1,39	10,06	0,1137	0,317	0,317	0,248
Grecia	5675	1929,5	0,47	3,38	0,0382	0,107	0,107	0,083
Atenas	1198	407,3	0,10	0,71	0,0081	0,022	0,022	0,018
Poás	2376	807,8	0,20	1,42	0,0160	0,045	0,045	0,035

Cartago	4131	1404,5	0,34	2,46	0,0278	0,078	0,078	0,061
Paraíso	1344	457,0	0,11	0,80	0,0090	0,025	0,025	0,020
La Unión	3703	1259,0	0,31	2,21	0,0249	0,069	0,069	0,054
Oreamuno	826	280,8	0,07	0,49	0,0056	0,016	0,016	0,012
El Guarco	959	326,1	0,08	0,57	0,0065	0,018	0,018	0,014
Heredia	4398	1495,3	0,36	2,62	0,0296	0,083	0,083	0,065
Santo Domingo	1792	609,3	0,15	1,07	0,0121	0,034	0,034	0,026
Barva	1040	353,6	0,09	0,62	0,0070	0,020	0,020	0,015
Santa Bárbara	1261	428,7	0,10	0,75	0,0085	0,024	0,024	0,019
San Rafael	1333	453,2	0,11	0,79	0,0090	0,025	0,025	0,020
San Pablo	651	221,3	0,05	0,39	0,0044	0,012	0,012	0,010
Belén	947	322,0	0,08	0,56	0,0064	0,018	0,018	0,014
Flores	563	191,4	0,05	0,34	0,0038	0,011	0,011	0,008
San Isidro	651	221,3	0,05	0,39	0,0044	0,012	0,012	0,010
Total	**111370**	**37865,8**	**9,18**	**66,3**	**0,750**	**2,090**	**2,090**	**1,636**

Nombre de Fuente:	Uso doméstico de combustibles (Queroseno)
Código de Fuente:	21-04-011-000
Descripción:	Uso de Queroseno en los hogares
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y PM $_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de queroseno
Fuente de datos:	• Estadísticas de viviendas por municipio (Encuesta nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de queroseno en el país (Dirección Sectorial Energía) **FACTORES DE EMISIÓN:** • NOx – 2,16 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • SOx – 4,654 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • GOR – 0,08556 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • CO – 0,6 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • PM – 0,048 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) **NOTAS Y SUPUESTOS:** • Se supone que las PM_{10} son 55% del total de PM (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998).

	• Se supone que las $PM_{2.5}$ son 42% del total de PM (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998). • El contenido de azufre en el petróleo diáfano se calculó en 0,22% m/v (ARESEP).

El consumo de queroseno promedio por vivienda se determinó a partir del consumo nacional de queroseno para el sector residencial en el año 2007 correspondiente a 55 TJ, lo cual equivale a 1595,6 m^3 (DSE, 2008). Según la Encuesta Nacional de Hogares del INEC para el año 2007, existen en el país un total de 936 243 viviendas, de las cuales 524 941 se ubican en el área del inventario. **Las emisiones de GOT generadas por el uso doméstico de queroseno corresponden a 0,11 ton/año.**

Tabla A2.1.3. Emisiones generadas por las viviendas que utilizan queroseno

Cantón	Viviendas ubicadas en el cantón	Consumo de queroseno durante el año 2007 m^3	Emisiones de CO Ton/año	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	79068	134,4	0,081	0,290	0,626	0,0035	0,0027	0,012
Escazú	13187	22,4	0,013	0,048	0,104	0,0006	0,0005	0,002
Desamparados	47473	80,7	0,048	0,174	0,376	0,0021	0,0016	0,007
Goicoechea	29963	50,9	0,031	0,110	0,237	0,0013	0,0010	0,004
Santa Ana	8600	14,6	0,009	0,032	0,068	0,0004	0,0003	0,001
Alajuelita	16315	27,7	0,017	0,060	0,129	0,0007	0,0006	0,002
Vásquez de Coronado	13864	23,6	0,014	0,051	0,110	0,0006	0,0005	0,002
Tibás	18479	31,4	0,019	0,068	0,146	0,0008	0,0006	0,003

Moravia	13406	22,8	0,014	0,049	0,106	0,0006	0,0005	0,002
Montes de Oca	14648	24,9	0,015	0,054	0,116	0,0007	0,0005	0,002
Curridabat	15502	26,4	0,016	0,057	0,123	0,0007	0,0005	0,002
Aserrí	11979	20,4	0,012	0,044	0,095	0,0005	0,0004	0,002
Mora	5469	9,3	0,006	0,020	0,043	0,0002	0,0002	0,001
Alajuela	55496	94,3	0,057	0,204	0,439	0,0025	0,0019	0,008
Grecia	16059	27,3	0,016	0,059	0,127	0,0007	0,0006	0,002
Atenas	5720	9,7	0,006	0,021	0,045	0,0003	0,0002	0,001
Poás	5948	10,1	0,006	0,022	0,047	0,0003	0,0002	0,001
Cartago	30422	51,7	0,031	0,112	0,241	0,0014	0,0010	0,004
Paraíso	12033	20,5	0,012	0,044	0,095	0,0005	0,0004	0,002
La Unión	18923	32,2	0,019	0,069	0,150	0,0008	0,0006	0,003
Oreamuno	8513	14,5	0,009	0,031	0,067	0,0004	0,0003	0,001
El Guarco	7541	12,8	0,008	0,028	0,060	0,0003	0,0003	0,001
Heredia	25742	43,8	0,026	0,095	0,204	0,0012	0,0009	0,004
Santo Domingo	8905	15,1	0,009	0,033	0,070	0,0004	0,0003	0,001
Barva	7765	13,2	0,008	0,029	0,061	0,0003	0,0003	0,001
Santa Bárbara	7099	12,1	0,007	0,026	0,056	0,0003	0,0002	0,001
San Rafael	9244	15,7	0,009	0,034	0,073	0,0004	0,0003	0,001
San Pablo	5122	8,7	0,005	0,019	0,041	0,0002	0,0002	0,001
Belén	4729	8,0	0,005	0,017	0,037	0,0002	0,0002	0,001
Flores	3784	6,4	0,004	0,014	0,030	0,0002	0,0001	0,001
San Isidro	3943	6,7	0,004	0,014	0,031	0,0002	0,0001	0,001
Total	**524941**	**892,40**	**0,54**	**1,93**	**4,153**	**0,024**	**0,018**	**0,076**

Nombre de Fuente:	Uso comercial de combustibles (GLP)
Código de Fuente:	21-02-007-000
Descripción:	Uso comercial de gas licuado de petróleo (GLP). Las fuentes de emisión incluyen calderas, hornos, calentadores, motores de combustión interna, etc.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de gas licuado de petróleo para el sector comercial
Fuente de datos:	• Estadísticas de empleo en el sector comercial por municipio (INEC) • Consumo anual de GLP en el país para el sector comercial (Dirección Sectorial Energía) FACTORES DE EMISIÓN: • NOx – 1,752 kg/1000 litros (EPA, 1995 sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • SOx – 0,0198 kg/1000 litros (EPA, 1995 sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • GOR – 0,0432 kg/1000 litros (EPA, 1995 sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • CO – 0,2424 kg/1000 litros (EPA, 1995 sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • PM – 0,0552 kg/1000 litros (EPA, 1995 sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • La composición del GLP corresponde a 68,9% propano,

	18,5% butano y 11,9% isobutano (ARESEP) • Contenido de azufre del GLP corresponde a 110 mg/kg (ARESEP) SUPUESTOS: •Los factores de emisión de PM se suponen representativos de las emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$. • Los factores de emisión para la combustión doméstica de GLP son equivalentes a los de la combustión comercial. • Las emisiones de GOR corresponden a 64,6% de GOT (Manual de inventarios de emisiones de México)

El consumo de GLP para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional de GLP para el sector comercial en el año 2007 correspondiente a 248 TJ, lo cual equivale a 9710,2 m^3 (DSE, 2008). Según el INEC para el año 2007, un total de 278155 personas en el país están empleadas en el sector comercial (incluyendo restaurantes y hoteles), de las cuales 189 673 se ubican en el área del inventario.

Las emisiones de GOT generadas por el uso comercial de GLP corresponden a 0,44 ton/año.

Tabla A2.1.4. Emisiones generadas en el sector comercial por el uso de GLP.

Cantón	Número de empleados en sector comercial	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx Ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	33962	0,29	2,08	0,0235	0,066	0,066	0,051
Escazú	4994	0,04	0,31	0,0035	0,010	0,010	0,008
Desamparados	19784	0,17	1,21	0,0137	0,038	0,038	0,030
Goicoechea	12038	0,10	0,74	0,0083	0,023	0,023	0,018
Santa Ana	3298	0,03	0,20	0,0023	0,006	0,006	0,005
Alajuelita	7319	0,06	0,45	0,0051	0,014	0,014	0,011
Vásquez de Coronado	5001	0,04	0,31	0,0035	0,010	0,010	0,008
Tibás	7550	0,06	0,46	0,0052	0,015	0,015	0,011
Moravia	4929	0,04	0,30	0,0034	0,010	0,010	0,007
Montes de Oca	4767	0,04	0,29	0,0033	0,009	0,009	0,007
Curridabat	5662	0,05	0,35	0,0039	0,011	0,011	0,009
Aserrí	4244	0,04	0,26	0,0029	0,008	0,008	0,006
Mora	1380	0,01	0,08	0,0010	0,003	0,003	0,002
Alajuela	17323	0,15	1,06	0,0120	0,033	0,033	0,026
Grecia	3991	0,03	0,24	0,0028	0,008	0,008	0,006
Atenas	1271	0,01	0,08	0,0009	0,002	0,002	0,002
Poás	1349	0,01	0,08	0,0009	0,003	0,003	0,002
Cartago	9528	0,08	0,58	0,0066	0,018	0,018	0,014
Paraíso	2894	0,02	0,18	0,0020	0,006	0,006	0,004

La Unión	6753	0,06	0,41	0,0047	0,013	0,013	0,010
Oreamuno	2699	0,02	0,17	0,0019	0,005	0,005	0,004
El Guarco	1987	0,02	0,12	0,0014	0,004	0,004	0,003
Heredia	9258	0,08	0,57	0,0064	0,018	0,018	0,014
Santo Domingo	3209	0,03	0,20	0,0022	0,006	0,006	0,005
Barva	2757	0,02	0,17	0,0019	0,005	0,005	0,004
Santa Bárbara	2228	0,02	0,14	0,0015	0,004	0,004	0,003
San Rafael	3316	0,03	0,20	0,0023	0,006	0,006	0,005
San Pablo	1793	0,02	0,11	0,0012	0,003	0,003	0,003
Belén	1894	0,02	0,12	0,0013	0,004	0,004	0,003
Flores	1248	0,01	0,08	0,0009	0,002	0,002	0,002
San Isidro	1247	0,01	0,08	0,0009	0,002	0,002	0,002
Total	**189673**	**1,61**	**11,63**	**0,131**	**0,366**	**0,366**	**0,287**

Nombre de Fuente:	Uso comercial de combustibles (Leña)
Código de Fuente:	21-03-008-000
Descripción:	Uso comercial de leña. Las fuentes de emisión incluyen calderas, hornos, calentadores, motores de combustión interna, etc.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de leña para el sector comercial
Fuente de datos:	• Estadísticas de empleo por municipio (Encuesta Nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de leña en el país (Dirección Sectorial Energía) FACTORES DE EMISIÓN: • NOx – 1,4 kg/Mg (EIIP, 2001a) • SOx – 0,2 kg/Mg (EIIP, 2001a) • GOR – 26,5 kg/Mg (EIIP, 2001a) • CO – 115,4 kg/Mg (EIIP, 2001a) • PM_{10} – 15,3 kg/Mg (EIIP, 2001a) SUPUESTOS: • La fracción $PM_{2.5}$ de las PM_{10} es 0,9627 (ARB, 1999). • Factores de emisión son para cocinas de leña • Las emisiones de GOR corresponden a 41,5% de los GOT (Manual de Inventarios de Emisiones de México)

El consumo de leña para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional para el sector comercial en el año 2007 correspondiente a 973 TJ, lo cual equivale a 1054 ton (DSE, 2008). Según el INEC para el año 2007, un total de 278155 personas en el país están empleadas en el sector comercial (incluyendo restaurantes y hoteles), de las cuales 189 673 se ubican en el área del inventario.

Las emisiones de GOT generadas por el uso comercial de leña corresponden a 0,44 ton/año.

Tabla A2.1.5. Emisiones generadas en el sector comercial por el uso de Leña.

Cantón	Número de empleados en sector comercial	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	33962	14,85	0,18	0,0257	1,969	1,896	3,411
Escazú	4994	2,18	0,03	0,0038	0,290	0,279	0,502
Desamparados	19784	8,65	0,10	0,0150	1,147	1,104	1,987
Goicoechea	12038	5,27	0,06	0,0091	0,698	0,672	1,209
Santa Ana	3298	1,44	0,02	0,0025	0,191	0,184	0,331
Alajuelita	7319	3,20	0,04	0,0055	0,424	0,409	0,735
Vásquez de Coronado	5001	2,19	0,03	0,0038	0,290	0,279	0,502
Tibás	7550	3,30	0,04	0,0057	0,438	0,421	0,758
Moravia	4929	2,16	0,03	0,0037	0,286	0,275	0,495
Montes de Oca	4767	2,08	0,03	0,0036	0,276	0,266	0,479
Curridabat	5662	2,48	0,03	0,0043	0,328	0,316	0,569
Aserrí	4244	1,86	0,02	0,0032	0,246	0,237	0,426

Mora	1380	0,60	0,01	0,0010	0,080	0,077	0,139
Alajuela	17323	7,58	0,09	0,0131	1,005	0,967	1,740
Grecia	3991	1,75	0,02	0,0030	0,231	0,223	0,401
Atenas	1271	0,56	0,01	0,0010	0,074	0,071	0,128
Poás	1349	0,59	0,01	0,0010	0,078	0,075	0,135
Cartago	9528	4,17	0,05	0,0072	0,553	0,532	0,957
Paraíso	2894	1,27	0,02	0,0022	0,168	0,162	0,291
La Unión	6753	2,95	0,04	0,0051	0,392	0,377	0,678
Oreamuno	2699	1,18	0,01	0,0020	0,157	0,151	0,271
El Guarco	1987	0,87	0,01	0,0015	0,115	0,111	0,200
Heredia	9258	4,05	0,05	0,0070	0,537	0,517	0,930
Santo Domingo	3209	1,40	0,02	0,0024	0,186	0,179	0,322
Barva	2757	1,21	0,01	0,0021	0,160	0,154	0,277
Santa Bárbara	2228	0,97	0,01	0,0017	0,129	0,124	0,224
San Rafael	3316	1,45	0,02	0,0025	0,192	0,185	0,333
San Pablo	1793	0,78	0,01	0,0014	0,104	0,100	0,180
Belén	1894	0,83	0,01	0,0014	0,110	0,106	0,190
Flores	1248	0,55	0,01	0,0009	0,072	0,070	0,125
San Isidro	1247	0,55	0,01	0,0009	0,072	0,070	0,125
Total	**189673**	**82,96**	**1,01**	**0,144**	**10,99**	**10,59**	**45,90**

Nombre de Fuente:	Uso comercial de combustibles (Diesel)
Código de Fuente:	21-03-008-000
Descripción:	Consumo comercial de combustibles destilados (incluye diesel). Las fuentes de emisión incluyen calderas, hornos, calentadores, motores de combustión interna, etc.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de diesel para el sector comercial
Fuente de datos:	• Estadísticas de empleo por municipio (Encuesta Nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de diesel en el país (Dirección Sectorial Energía) **FACTORES DE EMISIÓN:** • NOx – 2,88 kg/1000 litros (EPA, 1995, Sec. 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • SOx – 4,70 kg/1000 litros (EPA, 1995, Sec. 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • COV – 0,024 kg/1000 litros (EPA, 1995, Sec. 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • CO – 0,6 kg/1000 litros (EPA, 1995, Sec. 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • PM – 0,24 kg/1000 litros (EPA, 1995, Sec. 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • El contenido promedio de azufre en el diesel corresponde a 2500 ppm (ARESEP)

	NOTAS Y SUPUESTOS: • Se considera que las PM_{10} representan 55% del las PST (EPA, 1995, sección 1.3, actualizada en septiembre de 1998). • Se supuso que las $PM_{2.5}$ representan 42% de las PST (EPA, 1995, sección 1.3, actualizada en septiembre de 1998).

El consumo de diesel para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional para el sector comercial en el año 2007 correspondiente a 789 TJ, lo cual equivale a 21735,5 m^3 (DSE, 2008). Según el INEC para el año 2007, un total de 278155 personas en el país están empleadas en el sector comercial (incluyendo restaurantes y hoteles), de las cuales 189 673 se ubican en el área del inventario.

Las emisiones de GOT generadas por el uso comercial de diesel corresponden a 0,82 ton/año.

Tabla A2.1.6. Emisiones generadas en el sector comercial por el uso de Diesel

Cantón	Número de empleados en sector comercial	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	33962	1,59	6,36	12,45	0,350	0,267	0,108
Escazú	4994	0,23	0,93	1,83	0,051	0,039	0,016
Desamparados	19784	0,93	3,70	7,25	0,204	0,156	0,063
Goicoechea	12038	0,56	2,25	4,41	0,124	0,095	0,038
Santa Ana	3298	0,15	0,62	1,21	0,034	0,026	0,010
Alajuelita	7319	0,34	1,37	2,68	0,075	0,058	0,023

Vásquez de Coronado	5001	0,23	0,94	1,83	0,051	0,039	0,016
Tibás	7550	0,35	1,41	2,77	0,078	0,059	0,024
Moravia	4929	0,23	0,92	1,81	0,051	0,039	0,016
Montes de Oca	4767	0,22	0,89	1,75	0,049	0,037	0,015
Curridabat	5662	0,26	1,06	2,08	0,058	0,045	0,018
Aserrí	4244	0,20	0,79	1,56	0,044	0,033	0,014
Mora	1380	0,06	0,26	0,51	0,014	0,011	0,004
Alajuela	17323	0,81	3,24	6,35	0,178	0,136	0,055
Grecia	3991	0,19	0,75	1,46	0,041	0,031	0,013
Atenas	1271	0,06	0,24	0,47	0,013	0,010	0,004
Poás	1349	0,06	0,25	0,49	0,014	0,011	0,004
Cartago	9528	0,45	1,78	3,49	0,098	0,075	0,030
Paraíso	2894	0,14	0,54	1,06	0,030	0,023	0,009
La Unión	6753	0,32	1,26	2,48	0,070	0,053	0,021
Oreamuno	2699	0,13	0,51	0,99	0,028	0,021	0,009
El Guarco	1987	0,09	0,37	0,73	0,020	0,016	0,006
Heredia	9258	0,43	1,73	3,39	0,095	0,073	0,029
Santo Domingo	3209	0,15	0,60	1,18	0,033	0,025	0,010
Barva	2757	0,13	0,52	1,01	0,028	0,022	0,009
Santa Bárbara	2228	0,10	0,42	0,82	0,023	0,018	0,007
San Rafael	3316	0,16	0,62	1,22	0,034	0,026	0,011
San Pablo	1793	0,08	0,34	0,66	0,018	0,014	0,006
Belén	1894	0,09	0,35	0,69	0,020	0,015	0,006

Flores	1248	0,06	0,23	0,46	0,013	0,010	0,004
San Isidro	1247	0,06	0,23	0,46	0,013	0,010	0,004
Total	**189673**	**8,88**	**35,51**	**69,53**	**1,95**	**1,49**	**0,60**

Nombre de Fuente:	Uso comercial de combustibles (Fuel oil)
Código de Fuente:	21-03-011-000
Descripción:	Uso comercial de combustible Fuel oil
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de fuel oil para el sector comercial
Fuente de datos:	• Estadísticas de empleo por municipio (Encuesta Nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de fuel oil en el país (Dirección Sectorial Energía) **FACTORES DE EMISION** • NOx – 6,6 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • SOx – 34,66 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • GOT – 0,142 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • GOR – 0,1356 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998)

	• CO – 0,6 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • PM – 1,2 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998 NOTAS: • El contenido de azufre en el fuel oil corresponde a 1,84% por peso (ARESEP). • Se supuso que las PM10 representan 62% del total de partículas (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998). • Se supuso que las PM2.5 representan 23% del total de partículas (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998).

El consumo de fuel oil para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional para el sector comercial en el año 2007 correspondiente a 9 TJ, lo cual equivale a 231 m^3 (DSE, 2008). Según el INEC para el año 2007, un total de 278 155 personas en el país están empleadas en el sector comercial, de las cuales 189 673 se ubican en el área del inventario.

Las emisiones de GOT generadas por el uso comercial de fuel oil corresponden a 0,011 ton/año.

Tabla A2.1.7. Emisiones generadas en el sector comercial por el uso de fuel oil

Cantón	Número de empleados en sector comercial	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	33962	0,017	0,186	0,9770	0,021	0,0078	0,00382
Escazú	4994	0,002	0,027	0,1437	0,003	0,0011	0,00056
Desamparados	19784	0,010	0,108	0,5691	0,012	0,0045	0,00223
Goicoechea	12038	0,006	0,066	0,3463	0,007	0,0028	0,00135
Santa Ana	3298	0,002	0,018	0,0949	0,002	0,0008	0,00037
Alajuelita	7319	0,004	0,040	0,2106	0,005	0,0017	0,00082
Vásquez de Coronado	5001	0,002	0,027	0,1439	0,003	0,0011	0,00056
Tibás	7550	0,004	0,041	0,2172	0,005	0,0017	0,00085
Moravia	4929	0,002	0,027	0,1418	0,003	0,0011	0,00055
Montes de Oca	4767	0,002	0,026	0,1371	0,003	0,0011	0,00054
Curridabat	5662	0,003	0,031	0,1629	0,003	0,0013	0,00064
Aserrí	4244	0,002	0,023	0,1221	0,003	0,0010	0,00048
Mora	1380	0,001	0,008	0,0397	0,001	0,0003	0,00016
Alajuela	17323	0,009	0,095	0,4983	0,011	0,0040	0,00195
Grecia	3991	0,002	0,022	0,1148	0,002	0,0009	0,00045
Atenas	1271	0,001	0,007	0,0366	0,001	0,0003	0,00014
Poás	1349	0,001	0,007	0,0388	0,001	0,0003	0,00015
Cartago	9528	0,005	0,052	0,2741	0,006	0,0022	0,00107
Paraíso	2894	0,001	0,016	0,0833	0,002	0,0007	0,00033

La Unión	6753	0,003	0,037	0,1943	0,004	0,0015	0,00076
Oreamuno	2699	0,001	0,015	0,0776	0,002	0,0006	0,00030
El Guarco	1987	0,001	0,011	0,0572	0,001	0,0005	0,00022
Heredia	9258	0,005	0,051	0,2663	0,006	0,0021	0,00104
Santo Domingo	3209	0,002	0,018	0,0923	0,002	0,0007	0,00036
Barva	2757	0,001	0,015	0,0793	0,002	0,0006	0,00031
Santa Bárbara	2228	0,001	0,012	0,0641	0,001	0,0005	0,00025
San Rafael	3316	0,002	0,018	0,0954	0,002	0,0008	0,00037
San Pablo	1793	0,001	0,010	0,0516	0,001	0,0004	0,00020
Belén	1894	0,001	0,010	0,0545	0,001	0,0004	0,00021
Flores	1248	0,001	0,007	0,0359	0,001	0,0003	0,00014
San Isidro	1247	0,001	0,007	0,0359	0,001	0,0003	0,00014
Total	**189673**	**0,09**	**1,04**	**5,456**	**0,117**	**0,043**	**0,0214**

Nombre de Fuente:	Uso industrial de combustibles (GLP)
Código de Fuente:	21-02-007-000
Descripción:	Uso industrial de gas licuado de petróleo (GLP). Las fuentes de emisión incluyen calderas, hornos, calentadores, motores de combustión interna, etc.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y PM $_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de GLP para el sector industrial
Fuente de datos:	• Estadísticas de empleo por municipio (Encuesta Nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de GLP en el país (Dirección Sectorial Energía) **FACTORES DE EMISIÓN:** • NOx – 2,424 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • SOx – 0,0198 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • GOR – 0,0432 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • CO – 0,413 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • PM – 0,072 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.5 – actualizada en octubre de 1996) • La composición del GLP corresponde a 68,9% propano, 18,5% butano y 11,9% isobutano (ARESEP)

	• Contenido de azufre del GLP corresponde a 110 mg/kg (ARESEP) **NOTAS Y SUPUESTOS:** • Los factores de emisión de PM se suponen representativos de las PM_{10} y $PM_{2.5}$.

El consumo de gas LP para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional para el sector industrial en el año 2007 correspondiente a 2071 TJ, lo cual equivale a 81 088,5 m^3 (DSE, 2008). Según el INEC para el año 2007, un total de 218 648 personas en el país están empleadas en el sector industrial, de las cuales 166 122 se ubican en el área del inventario. **Las emisiones de GOT generadas por el uso industrial de GLP corresponden a 4,12 ton/año.**

Tabla A1.1.8. Emisiones generadas en el sector industrial por el uso de GLP

Cantón	Número de empleados en sector industrial	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	21860	3,35	19,66	0,1606	0,584	0,584	0,350
Escazú	3122	0,48	2,81	0,0229	0,083	0,083	0,050
Desamparados	14473	2,22	13,02	0,1063	0,387	0,387	0,232
Goicoechea	8782	1,35	7,90	0,0645	0,235	0,235	0,141
Santa Ana	2329	0,36	2,09	0,0171	0,062	0,062	0,037
Alajuelita	5604	0,86	5,04	0,0412	0,150	0,150	0,090
Vásquez de Coronado	4324	0,66	3,89	0,0318	0,116	0,116	0,069
Tibás	5415	0,83	4,87	0,0398	0,145	0,145	0,087

Moravia	3420	0,52	3,08	0,0251	0,091	0,091	0,055
Montes de Oca	2739	0,42	2,46	0,0201	0,073	0,073	0,044
Curridabat	4388	0,67	3,95	0,0322	0,117	0,117	0,070
Aserrí	3180	0,49	2,86	0,0234	0,085	0,085	0,051
Mora	1164	0,18	1,05	0,0086	0,031	0,031	0,019
Alajuela	22065	3,38	19,84	0,1621	0,589	0,589	0,354
Grecia	5573	0,85	5,01	0,0409	0,149	0,149	0,089
Atenas	1587	0,24	1,43	0,0117	0,042	0,042	0,025
Poás	1908	0,29	1,72	0,0140	0,051	0,051	0,031
Cartago	11516	1,76	10,36	0,0846	0,308	0,308	0,185
Paraíso	3910	0,60	3,52	0,0287	0,104	0,104	0,063
La Unión	6628	1,02	5,96	0,0487	0,177	0,177	0,106
Oreamuno	2793	0,43	2,51	0,0205	0,075	0,075	0,045
El Guarco	3499	0,54	3,15	0,0257	0,093	0,093	0,056
Heredia	9506	1,46	8,55	0,0698	0,254	0,254	0,152
Santo Domingo	2422	0,37	2,18	0,0178	0,065	0,065	0,039
Barva	2158	0,33	1,94	0,0159	0,058	0,058	0,035
Santa Bárbara	2570	0,39	2,31	0,0189	0,069	0,069	0,041
San Rafael	2836	0,43	2,55	0,0208	0,076	0,076	0,045
San Pablo	1535	0,24	1,38	0,0113	0,041	0,041	0,025
Belén	2380	0,36	2,14	0,0175	0,064	0,064	0,038
Flores	1388	0,21	1,25	0,0102	0,037	0,037	0,022
San Isidro	1048	0,16	0,94	0,0077	0,028	0,028	0,017
Total	**166122**	**25,45**	**149,4**	**1,220**	**4,437**	**4,437**	**2,662**

Nombre de Fuente:	Uso industrial de combustibles (Leña)
Código de Fuente:	21-02-008-000
Descripción:	Uso industrial de leña. Las fuentes de emisión incluyen calderas, hornos, calentadores, motores de combustión interna, etc.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de leña para el sector industrial
Fuente de datos:	• Estadísticas de empleo por municipio (Encuesta Nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de leña en el país (Dirección Sectorial Energía) **FACTORES DE EMISIÓN:** • NOx – 0,75 kg/Mg (EPA, 1995, sección 1.6 – actualizada en octubre de 1996) •SOx – 0,0375 kg/Mg (EPA, 1995, sección 1.6 – actualizada en octubre de 1996) • GOT – 0,11 kg/Mg (EPA, 1995, sección 1.6 – actualizada en octubre de 1996) • CO – 6,8 kg/Mg (EPA, 1995, sección 1.6 – actualizada en octubre de 1996) • PM_{10} – 1,30 kg/Mg (EPA, 1995, sección 1.6 – actualizada en octubre de 1996)

	NOTAS Y SUPUESTOS: • La fracción $PM_{2.5}$ de las PM_{10} es 0,9627 (ARB, 1999). Las emisiones de GOR corresponden a 41,5% de los GOT (Manual de Inventarios de Emisiones de México)

El consumo de leña para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional para el sector industrial en el año 2007 correspondiente a 4266 TJ, lo cual equivale a 237 000 ton (DSE, 2008). Según el INEC para el año 2007, un total de 218 648 personas en el país están empleadas en el sector industrial, de las cuales 166 122 se ubican en el área del inventario. **Las emisiones de GOT generadas por el uso industrial de leña corresponden a 19,8 ton/año.**

Tabla A2.1.9. Emisiones generadas en el sector industrial por el uso de leña

Cantón	Número de empleados en sector industrial	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx Ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	21860	161,13	17,77	0,89	30,8	29,7	1,082
Escazú	3122	23,01	2,54	0,13	4,4	4,2	0,154
Desamparados	14473	106,68	11,77	0,59	20,4	19,6	0,716
Goicoechea	8782	64,73	7,14	0,36	12,4	11,9	0,435
Santa Ana	2329	17,17	1,89	0,09	3,3	3,2	0,115
Alajuelita	5604	41,31	4,56	0,23	7,9	7,6	0,277
Vásquez de Coronado	4324	31,87	3,52	0,18	6,1	5,9	0,214
Tibás	5415	39,92	4,40	0,22	7,6	7,3	0,268

Moravia	3420	25,21	2,78	0,14	4,8	4,6	0,169
Montes de Oca	2739	20,19	2,23	0,11	3,9	3,7	0,136
Curridabat	4388	32,34	3,57	0,18	6,2	6,0	0,217
Aserrí	3180	23,44	2,59	0,13	4,5	4,3	0,157
Mora	1164	8,58	0,95	0,05	1,6	1,6	0,058
Alajuela	22065	162,65	17,94	0,90	31,1	29,9	1,092
Grecia	5573	41,08	4,53	0,23	7,9	7,6	0,276
Atenas	1587	11,70	1,29	0,06	2,2	2,2	0,079
Poás	1908	14,06	1,55	0,08	2,7	2,6	0,094
Cartago	11516	84,89	9,36	0,47	16,2	15,6	0,570
Paraíso	3910	28,82	3,18	0,16	5,5	5,3	0,193
La Unión	6628	48,86	5,39	0,27	9,3	9,0	0,328
Oreamuno	2793	20,59	2,27	0,11	3,9	3,8	0,138
El Guarco	3499	25,79	2,84	0,14	4,9	4,7	0,173
Heredia	9506	70,07	7,73	0,39	13,4	12,9	0,470
Santo Domingo	2422	17,85	1,97	0,10	3,4	3,3	0,120
Barva	2158	15,91	1,75	0,09	3,0	2,9	0,107
Santa Bárbara	2570	18,94	2,09	0,10	3,6	3,5	0,127
San Rafael	2836	20,90	2,31	0,12	4,0	3,8	0,140
San Pablo	1535	11,31	1,25	0,06	2,2	2,1	0,076
Belén	2380	17,54	1,93	0,10	3,4	3,2	0,118
Flores	1388	10,23	1,13	0,06	2,0	1,9	0,069
San Isidro	1048	7,73	0,85	0,04	1,5	1,4	0,052
Total	**166122**	**1224,52**	**135,06**	**6,75**	**234,1**	**225,4**	**8,220**

Nombre de Fuente:	Uso industrial de combustibles (Queroseno)
Código de Fuente:	21-02-011-000
Descripción:	Uso industrial de petróleo diáfano (Queroseno)
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y PM $_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de queroseno para el sector industrial
Fuente de datos:	• Estadísticas de empleo por municipio (Encuesta Nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de queroseno en el país (Dirección Sectorial Energía) **FACTORES DE EMISION** • NOx – 2,88 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • SOx – 3,75 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • GOR – 0,024 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • CO – 0,6 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • PM – 0,24 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • El contenido de azufre del petróleo diáfano se reporta como 0,22% por peso (ARESEP).

	NOTAS Y SUPUESTOS: • Se supone que las PM_{10} son 55% del total de PM (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998). • Se supone que las $PM_{2.5}$ son 12% del total de PM (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998). • Los factores de emisión del diáfano industrial se suponen equivalentes a los de los destilados industriales.

El consumo de queroseno para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional para el sector industrial en el año 2007 correspondiente a 15 TJ, lo cual equivale a 435 m^3 (DSE, 2008). Según el INEC para el año 2007, un total de 218 648 personas en el país están empleadas en el sector industrial, de las cuales 166 122 se ubican en el área del inventario.

Las emisiones de GOT generadas por el uso industrial de queroseno corresponden a 0,011 ton/año.

Tabla A2.1.10. Emisiones generadas en el sector industrial por el uso de queroseno

Cantón	Número de empleados en sector industrial	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} Ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	21860	0,026	0,13	0,164	0,0058	0,0013	0,0010
Escazú	3122	0,004	0,02	0,023	0,0008	0,0002	0,0001
Desamparados	14473	0,017	0,08	0,109	0,0038	0,0008	0,0007
Goicoechea	8782	0,011	0,05	0,066	0,0023	0,0005	0,0004

Santa Ana	2329	0,003	0,01	0,017	0,0006	0,0001	0,0001
Alajuelita	5604	0,007	0,03	0,042	0,0015	0,0003	0,0003
Vásquez de Coronado	4324	0,005	0,02	0,032	0,0011	0,0002	0,0002
Tibás	5415	0,006	0,03	0,041	0,0014	0,0003	0,0003
Moravia	3420	0,004	0,02	0,026	0,0009	0,0002	0,0002
Montes de Oca	2739	0,003	0,02	0,021	0,0007	0,0002	0,0001
Curridabat	4388	0,005	0,03	0,033	0,0012	0,0003	0,0002
Aserrí	3180	0,004	0,02	0,024	0,0008	0,0002	0,0002
Mora	1164	0,001	0,01	0,009	0,0003	0,0001	0,0001
Alajuela	22065	0,026	0,13	0,165	0,0058	0,0013	0,0011
Grecia	5573	0,007	0,03	0,042	0,0015	0,0003	0,0003
Atenas	1587	0,002	0,01	0,012	0,0004	0,0001	0,0001
Poás	1908	0,002	0,01	0,014	0,0005	0,0001	0,0001
Cartago	11516	0,014	0,07	0,086	0,0030	0,0007	0,0006
Paraíso	3910	0,005	0,02	0,029	0,0010	0,0002	0,0002
La Unión	6628	0,008	0,04	0,050	0,0017	0,0004	0,0003
Oreamuno	2793	0,003	0,02	0,021	0,0007	0,0002	0,0001
El Guarco	3499	0,004	0,02	0,026	0,0009	0,0002	0,0002
Heredia	9506	0,011	0,05	0,071	0,0025	0,0005	0,0005
Santo Domingo	2422	0,003	0,01	0,018	0,0006	0,0001	0,0001
Barva	2158	0,003	0,01	0,016	0,0006	0,0001	0,0001
Santa Bárbara	2570	0,003	0,01	0,019	0,0007	0,0001	0,0001
San Rafael	2836	0,003	0,02	0,021	0,0007	0,0002	0,0001

San Pablo	1535	0,002	0,01	0,012	0,0004	0,0001	0,0001
Belén	2380	0,003	0,01	0,018	0,0006	0,0001	0,0001
Flores	1388	0,002	0,01	0,010	0,0004	0,0001	0,0001
San Isidro	1048	0,001	0,01	0,008	0,0003	0,0001	0,0001
Total	**166122**	**0,20**	**0,96**	**1,25**	**0,0439**	**0,010**	**0,008**

Nombre de Fuente:	Uso industrial de combustibles (Bagazo)
Código de Fuente:	21-02-011-000
Descripción:	Uso industrial de bagazo (de los residuos del beneficio de la caña de azúcar); utilizado sólo en ingenios.
Contaminantes:	NOx, PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de bagazo para el sector industrial
Fuente de datos:	• Estadísticas de empleo en el sector azucarero (Encuesta Nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de bagazo en el país (Dirección Sectorial Energía) **FACTORES DE EMISION** • NOx – 0,6 kg/Mg (EPA, 1995, sección 1.8, actualizada en octubre de 1996) • PM_{10} – 0,68 kg/Mg (EPA, 1995, sección 1.8, actualizada en octubre de 1996)

	NOTAS Y SUPUESTOS: • Las emisiones de $PM_{2.5}$ son equivalentes a las de PM_{10} • Los factores de emisión reflejan control húmedo en las calderas.

El consumo de bagazo para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional para el sector industrial en el año 2007 correspondiente a 8813 TJ, lo cual equivale a 1 153 534 ton (DSE, 2008). Según datos de LAICA (Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar) de los 15 ingenios existentes en el país, solamente los ingenios El Porvenir, Costa Rica, Providencia y CoopeVictoria se encuentran ubicados en el área de estudio. Para el año 2007, la producción de estos ingenios representó el 11,6% del total generado en el país.

Tabla A2.1.11. Emisiones generadas en el sector industrial por el uso de bagazo

Cantón	Número de ingenios ubicados en el cantón	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año
San José	0	-	-	-
Escazú	0	-	-	-
Desamparados	0	-	-	-
Goicoechea	0	-	-	-
Santa Ana	0	-	-	-
Alajuelita	0	-	-	-
Vásquez de Coronado	0	-	-	-
Tibás	0	-	-	-

Moravia	0	–	–	–
Montes de Oca	0	–	–	–
Curridabat	0	–	–	–
Aserrí	0	–	–	–
Mora	0	–	–	–
Alajuela	0	–	–	–
Grecia	4	80,3	91,0	91,0
Atenas	0	–	–	–
Poás	0	–	–	–
Cartago	0	–	–	–
Paraíso	0	–	–	–
La Unión	0	–	–	–
Oreamuno	0	–	–	–
El Guarco	0	–	–	–
Heredia	0	–	–	–
Santo Domingo	0	–	–	–
Barva	0	–	–	–
Santa Bárbara	0	–	–	–
San Rafael	0	–	–	–
San Pablo	0	–	–	–
Belén	0	–	–	–
Flores	0	–	–	–
San Isidro	0	–	–	–
Total	**4**	**80,3**	**91,0**	**91,0**

Nombre de Fuente:	Uso industrial de combustibles (Gasoleo)
Código de Fuente:	21-02-011-000
Descripción:	Consumo industrial de gasoleo. Las fuentes de emisión incluyen calderas, hornos, calentadores, motores de combustión interna, etc.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y PM $_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de gasoleo para el sector industrial
Fuente de datos:	• Estadísticas de empleo por municipio (Encuesta Nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de gasoleo en el país (Dirección Sectorial Energía) FACTORES DE EMISION • NOx – 2,40 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • SOx – 37,44 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección1.3, actualización septiembre de 1998) • GOR – 0,047 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección1.3, actualización septiembre de 1998) • GOT – 0,067 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección1.3, actualización septiembre de 1998) • CO – 0,6 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección1.3, actualización septiembre de 1998)

	• PM10 – 0,84 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección1.3, actualización septiembre de 1998) • PM Total – 0,43 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección1.3, actualización septiembre de 1998) NOTAS Y SUPUESTOS: • El contenido promedio de azufre del gasoleo, se reporta como 2,08% (ARESEP).

El consumo de gasoleo para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional para el sector industrial en el año 2007 correspondiente a 154 TJ, lo cual equivale a 4242,4 m^3 (DSE, 2008). Según el INEC para el año 2007, un total de 218 648 personas en el país están empleadas en el sector industrial, de las cuales 166 122 se ubican en el área del inventario.

Las emisiones de GOT generadas por el uso industrial de gasoleo corresponden a 5,19 ton/año.

Tabla A2.1.12. Emisiones generadas en el sector industrial por el uso de gasoleo

Cantón	Número de empleados en sector industrial	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx Ton/año	Emisiones de SOx Ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	21860	6,11	24,4	381,39	8,56	4,380	0,48
Escazú	3122	0,87	3,5	54,47	1,22	0,626	0,07
Desamparados	14473	4,05	16,2	252,51	5,67	2,900	0,32
Goicoechea	8782	2,46	9,8	153,22	3,44	1,760	0,19
Santa Ana	2329	0,65	2,6	40,63	0,91	0,467	0,05

Alajuelita	5604	1,57	6,3	97,77	2,19	1,123	0,12
Vásquez de Coronado	4324	1,21	4,8	75,44	1,69	0,866	0,09
Tibás	5415	1,51	6,1	94,48	2,12	1,085	0,12
Moravia	3420	0,96	3,8	59,67	1,34	0,685	0,07
Montes de Oca	2739	0,77	3,1	47,79	1,07	0,549	0,06
Curridabat	4388	1,23	4,9	76,56	1,72	0,879	0,10
Aserrí	3180	0,89	3,6	55,48	1,24	0,637	0,07
Mora	1164	0,33	1,3	20,31	0,46	0,233	0,03
Alajuela	22065	6,17	24,7	384,97	8,64	4,421	0,48
Grecia	5573	1,56	6,2	97,23	2,18	1,117	0,12
Atenas	1587	0,44	1,8	27,69	0,62	0,318	0,03
Poás	1908	0,53	2,1	33,29	0,75	0,382	0,04
Cartago	11516	3,22	12,9	200,92	4,51	2,308	0,25
Paraíso	3910	1,09	4,4	68,22	1,53	0,783	0,09
La Unión	6628	1,85	7,4	115,64	2,59	1,328	0,15
Oreamuno	2793	0,78	3,1	48,73	1,09	0,560	0,06
El Guarco	3499	0,98	3,9	61,05	1,37	0,701	0,08
Heredia	9506	2,66	10,6	165,85	3,72	1,905	0,21
Santo Domingo	2422	0,68	2,7	42,26	0,95	0,485	0,05
Barva	2158	0,60	2,4	37,65	0,84	0,432	0,05
Santa Bárbara	2570	0,72	2,9	44,84	1,01	0,515	0,06
San Rafael	2836	0,79	3,2	49,48	1,11	0,568	0,06
San Pablo	1535	0,43	1,7	26,78	0,60	0,308	0,03

Belén	2380	0,67	2,7	41,52	0,93	0,477	0,05
Flores	1388	0,39	1,6	24,22	0,54	0,278	0,03
San Isidro	1048	0,29	1,2	18,28	0,41	0,210	0,02
Total	**166122**	**46,45**	**185,8**	**2898,34**	**65,03**	**33,288**	**3,64**

Nombre de Fuente:	Uso de combustibles en el sector público (Diesel)
Código de Fuente:	21-02-011-000
Descripción:	Consumo de diesel en el sector público. Las fuentes de emisión incluyen calderas, hornos, calentadores, motores de combustión interna, etc.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de diesel para el sector público
Fuente de datos:	• Estadísticas de empleo por municipio (Encuesta Nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de diesel en el país (Dirección Sectorial Energía) **FACTORES DE EMISION** • NOx – 2,88 kg/1000 litros (EPA, 1995, Sec. 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • SOx – 4,70 kg/1000 litros (EPA, 1995, Sec. 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • COV – 0,024 kg/1000 litros (EPA, 1995, Sec. 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • CO – 0,6 kg/1000 litros (EPA, 1995, Sec. 1.3 – actualizada

	en septiembre de 1998) • PM – 0,24 kg/1000 litros (EPA, 1995, Sec. 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • El contenido promedio de azufre en el diesel corresponde a 2500 ppm (ARESEP) NOTAS Y SUPUESTOS: • Se considera que las PM_{10} representan 50% de las PST (EPA, 1995, sección 1.3, actualizada en septiembre de 1998). • Se supuso que las partículas de tamaño $PM_{2.5}$ representan 12% de las PST (EPA, 1995, sección 1.3, actualizada en septiembre de 1998).

El consumo de diesel para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional para el sector público en el año 2007 correspondiente a 109 TJ, lo cual equivale a 3002,8 m^3 (DSE, 2008). Según el INEC para el año 2007, un total de 65 235 personas en el país están empleadas en el sector público, de las cuales 42 698 se ubican en el área del inventario.

Las emisiones de GOT generadas por el uso de diesel en el sector público corresponden a 0,067 ton/año.

Tabla A2.1.13. Emisiones generadas en el sector público por el uso de diesel

Cantón	Número de empleados en sector público	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	7675	0,21	1,02	1,66	0,042	0,0102	0,0085
Escazú	785	0,02	0,10	0,17	0,004	0,0010	0,0009
Desamparados	4541	0,13	0,60	0,98	0,025	0,0060	0,0050
Goicoechea	2815	0,08	0,37	0,61	0,016	0,0037	0,0031
Santa Ana	506	0,01	0,07	0,11	0,003	0,0007	0,0006
Alajuelita	1200	0,03	0,16	0,26	0,007	0,0016	0,0013
Vásquez de Coronado	1212	0,03	0,16	0,26	0,007	0,0016	0,0013
Tibás	1865	0,05	0,25	0,40	0,010	0,0025	0,0021
Moravia	1166	0,03	0,15	0,25	0,006	0,0015	0,0013
Montes de Oca	1419	0,04	0,19	0,31	0,008	0,0019	0,0016
Curridabat	1326	0,04	0,18	0,29	0,007	0,0018	0,0015
Aserrí	1012	0,03	0,13	0,22	0,006	0,0013	0,0011
Mora	424	0,01	0,06	0,09	0,002	0,0006	0,0005
Alajuela	2969	0,08	0,39	0,64	0,016	0,0039	0,0033
Grecia	724	0,02	0,10	0,16	0,004	0,0010	0,0008
Atenas	402	0,01	0,05	0,09	0,002	0,0005	0,0004
Poás	279	0,01	0,04	0,06	0,002	0,0004	0,0003
Cartago	2294	0,06	0,30	0,50	0,013	0,0030	0,0025
Paraíso	633	0,02	0,08	0,14	0,003	0,0008	0,0007

La Unión	1556	0,04	0,21	0,34	0,009	0,0021	0,0017
Oreamuno	537	0,01	0,07	0,12	0,003	0,0007	0,0006
El Guarco	422	0,01	0,06	0,09	0,002	0,0006	0,0005
Heredia	2517	0,07	0,33	0,54	0,014	0,0033	0,0028
Santo Domingo	822	0,02	0,11	0,18	0,005	0,0011	0,0009
Barva	641	0,02	0,08	0,14	0,004	0,0008	0,0007
Santa Bárbara	558	0,02	0,07	0,12	0,003	0,0007	0,0006
San Rafael	742	0,02	0,10	0,16	0,004	0,0010	0,0008
San Pablo	580	0,02	0,08	0,13	0,003	0,0008	0,0006
Belén	265	0,01	0,04	0,06	0,001	0,0004	0,0003
Flores	389	0,01	0,05	0,08	0,002	0,0005	0,0004
San Isidro	422	0,01	0,06	0,09	0,002	0,0006	0,0005
Total	42698	**1,18**	**5,66**	**9,23**	**0,236**	**0,0566**	**0,0471**

Nombre de Fuente:	Uso de combustibles en el sector público (Fuel oil)
Código de Fuente:	21-02-011-000
Descripción:	Consumo de fuel oil en el sector público. Las fuentes de emisión incluyen calderas, hornos, calentadores, motores de combustión interna, etc.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx , PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión y consumo anual de fuel oil para el sector público
Fuente de datos:	• Estadísticas de empleo por municipio (Encuesta Nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de fuel oil en el país (Dirección Sectorial Energía) **FACTORES DE EMISION** • NOx – 6,6 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • SOx – 34,66 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • GOT – 0,142 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • GOR – 0,1356 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • CO – 0,6 kg/1000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998) • PM – 1,2 kg/1,000 litros (EPA, 1995, sección 1.3 – actualizada en septiembre de 1998)

	NOTAS Y SUPUESTOS • El contenido de azufre del fuel oil se reporto como 1,84% por peso (ARESEP).

El consumo de fuel oil para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional para el sector público en el año 2007 correspondiente a 148 TJ, lo cual equivale a 3800,7 m^3 (DSE, 2008). Según el INEC para el año 2007, un total de 65 235 personas en el país están empleadas en el sector público, de las cuales 42 698 se ubican en el área del inventario.

Las emisiones de GOT generadas por el uso en el sector público de fuel oil corresponden a 0,35 ton/año.

Tabla A2.1.14. Emisiones generadas en el sector público por el uso de fuel oil

Cantón	Número de empleados en sector público	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de SOx ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ Ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	7675	0,27	2,95	15,51	0,33	0,1235	0,061
Escazú	785	0,03	0,30	1,59	0,03	0,0126	0,006
Desamparados	4541	0,16	1,75	9,18	0,20	0,0731	0,036
Goicoechea	2815	0,10	1,08	5,69	0,12	0,0453	0,022
Santa Ana	506	0,02	0,19	1,02	0,02	0,0081	0,004
Alajuelita	1200	0,04	0,46	2,42	0,05	0,0193	0,009
Vásquez de Coronado	1212	0,04	0,47	2,45	0,05	0,0195	0,010
Tibás	1865	0,07	0,72	3,77	0,08	0,0300	0,015

Moravia	1166	0,04	0,45	2,36	0,05	0,0188	0,009
Montes de Oca	1419	0,05	0,55	2,87	0,06	0,0228	0,011
Curridabat	1326	0,05	0,51	2,68	0,06	0,0213	0,010
Aserrí	1012	0,04	0,39	2,04	0,04	0,0163	0,008
Mora	424	0,01	0,16	0,86	0,02	0,0068	0,003
Alajuela	2969	0,10	1,14	6,00	0,13	0,0478	0,023
Grecia	724	0,03	0,28	1,46	0,03	0,0116	0,006
Atenas	402	0,01	0,15	0,81	0,02	0,0065	0,003
Poás	279	0,01	0,11	0,56	0,01	0,0045	0,002
Cartago	2294	0,08	0,88	4,64	0,10	0,0369	0,018
Paraíso	633	0,02	0,24	1,28	0,03	0,0102	0,005
La Unión	1556	0,05	0,60	3,14	0,07	0,0250	0,012
Oreamuno	537	0,02	0,21	1,09	0,02	0,0086	0,004
El Guarco	422	0,01	0,16	0,85	0,02	0,0068	0,003
Heredia	2517	0,09	0,97	5,09	0,11	0,0405	0,020
Santo Domingo	822	0,03	0,32	1,66	0,04	0,0132	0,006
Barva	641	0,02	0,25	1,30	0,03	0,0103	0,005
Santa Bárbara	558	0,02	0,21	1,13	0,02	0,0090	0,004
San Rafael	742	0,03	0,29	1,50	0,03	0,0119	0,006
San Pablo	580	0,02	0,22	1,17	0,03	0,0093	0,005
Belén	265	0,01	0,10	0,54	0,01	0,0043	0,002
Flores	389	0,01	0,15	0,79	0,02	0,0063	0,003
San Isidro	422	0,01	0,16	0,85	0,02	0,0068	0,003
Total	42698	**1,49**	**16,43**	**86,28**	**1,85**	**0,687**	**0,338**

Nombre de Fuente:	Uso de combustibles en el sector transporte (GLP)
Código de Fuente:	21-02-011-000
Descripción:	Uso de gas licuado de petróleo (GLP) en vehículos automotores de transporte.
Contaminantes:	GOT, CO y Nox
Metodología:	Factores de emisión
Fuente de datos:	• Estadísticas de población (Encuesta Nacional de Hogares, INEC) • Consumo anual de fuel oil en el país (Dirección Sectorial Energía) **FACTORES DE EMISIÓN:** • NOx – 20.41 g/litro (PEMEX, 1997) • GOR – 12.58 g/litro (PEMEX, 1997) • CO – 126.72 g/litro (PEMEX, 1997) **NOTAS Y SUPUESTOS:** • El uso de GLP para transporte no se incluyó en el cálculo de las emisiones de vehículos automotores en ruta. • El ahorro de combustible se calculó en 6.32 km/litro (PEMEX, 1997). • El uso de GLP en el sector transporte se supuso uniforme para todo el área de estudio

El consumo de gas LP para el Área Metropolitana se determinó a partir del consumo nacional para el sector transporte en el año 2007 correspondiente a 212 TJ, lo cual equivale a 8300,7 m^3 (DSE, 2008). Según el INEC para el año 2007, un total de 4389228 personas viven en el país, de las cuales 2 493 940 se ubican en el área del inventario.

Tabla A2.1.17. Emisiones generadas en el sector transporte por el uso de GLP

Cantón	Número de habitantes	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de GOR Ton/año	Emisiones de GOT ton/año
San José	340 192	81,48	13,12	8,09	12,52
Escazú	59 374	14,22	2,29	1,41	2,19
Desamparados	259 694	62,20	10,02	6,17	9,56
Goicoechea	129 160	30,93	4,98	3,07	4,75
Santa Ana	41 690	9,98	1,61	0,99	1,53
Alajuelita	107 603	25,77	4,15	2,56	3,96
Vásquez de Coronado	74 597	17,87	2,88	1,77	2,75
Tibás	64 953	15,56	2,51	1,54	2,39
Moravia	54 250	12,99	2,09	1,29	2,00
Montes de Oca	54 027	12,94	2,08	1,28	1,99
Curridabat	70 170	16,81	2,71	1,67	2,58
Aserrí	54 282	13,00	2,09	1,29	2,00
Mora	25 907	6,20	1,00	0,62	0,95
Alajuela	269 272	64,49	10,39	6,40	9,91

Grecia	78 312	18,76	3,02	1,86	2,88
Atenas	25 457	6,10	0,98	0,61	0,94
Poás	29 847	7,15	1,15	0,71	1,10
Cartago	150 241	35,98	5,80	3,57	5,53
Paraíso	65 087	15,59	2,51	1,55	2,40
La Unión	98 975	23,70	3,82	2,35	3,64
Oreamuno	43 807	10,49	1,69	1,04	1,61
El Guarco	37 455	8,97	1,44	0,89	1,38
Heredia	125 356	30,02	4,84	2,98	4,61
Santo Domingo	37 228	8,92	1,44	0,89	1,37
Barva	37 672	9,02	1,45	0,90	1,39
Santa Bárbara	33 508	8,03	1,29	0,80	1,23
San Rafael	42 202	10,11	1,63	1,00	1,55
San Pablo	23 282	5,58	0,90	0,55	0,86
Belén	22 784	5,46	0,88	0,54	0,84
Flores	17 137	4,10	0,66	0,41	0,63
San Isidro	20 419	4,89	0,79	0,49	0,75
Total	**2 493 940**	**597,30**	**96,20**	**59,30**	**91,79**

APARTADO 2

FUENTES MOVILES QUE NO CIRCULAN POR CARRETERAS

Nombre de Fuente:	Ferrocarriles
Código de Fuente:	22-85-002-005
Descripción:	En la mayoría de los sistemas ferroviarios existen dos tipos de locomotoras: diesel y diesel-eléctricas. Las primeras son alimentadas por la electricidad que es generada en las plantas estacionarias de energía y distribuida por un tercer riel, o por un sistema aéreo. Las emisiones son producidas solamente en la planta de generación eléctrica y no son cubiertas en un inventario de fuentes móviles que no circulan por carreteras. Las locomotoras diesel-eléctricas utilizan un motor de diesel, y un alternador o generador para producir la electricidad requerida para alimentar los motores de tracción.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx, PM Las emisiones de GOR constituyen 97,2% del GOT para la combustión diesel.
Metodología:	Para estimar las emisiones, los factores de emisión deben ser aplicados a los valores de consumo de combustible, como se indica en la siguiente ecuación: $$Elpi = Cci \times FElp$$ donde: ELpi = Estimado de emisiones anuales (kg) para el contaminante p para el área de inventario i, para

	operaciones ferroviarias largas Fci = Consumo de combustible ferroviario para el área de inventario i (litros/año) FElp = Factor de emisión para el contaminante p (kg/litro)
Fuente de datos:	Datos de consumo de combustible en la operación del ferrocarril durante el año 2007 (INCOFER) Factores de emisión (USEPA, 1992) GOT 0,0025 kg/litro CO 0,0075 kg/litro NO_x 0,0591 kg/litro SO_2 0,0043 kg/litro PM 0,0014 kg/litro

De acuerdo con datos proporcionados por el Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER), el consumo de diesel para el transporte de pasajeros y carga en el área metropolitana, durante el año 2007, equivale a 311 242 litros.

La emisión de contaminantes por el proceso de combustión interna del diesel en locomotoras se calculó con la siguiente ecuación:

$$Ei=[(C*FEi)/1000]$$

Donde:

Ei= Emisión del contaminante (i) [ton/año]

C= Cantidad de diesel quemado [l/año]

FEi= Factor de emisión del contaminante (i), [kg/l]

1000= Factor de conversión de [kg] a [ton]

El factor de emisión para el dióxido de azufre, se calculó con el contenido de azufre y densidad del diesel que se distribuye en el país, aplicando la siguiente ecuación:

$$FE\ SO_2=[(\delta[kg/l]\ *(C\ [\%w]/100)*2[kg\ SO2/Kg\ S])*1000]= 4,26\ [g/l]$$

Donde:

δ= Densidad del diesel [0,852 kg/l] (ARESEP)

C= Contenido de azufre [0,25 %w] (ARESEP)

Tabla A2.2.1 Condiciones de consumo de combustible en la operación del ferrocarril

Consumo Anual de diesel /l	Contenido de Azufre %	Densidad Kg/l	FE SO2 g/l
311242	0,25	0,8529	4,26

Tabla A2.2.2 Emisiones generadas por el consumo de combustible en la operación del ferrocarril

Emisión COT Kg	Emisión CO Kg	Emisión NOx kg	Emisión SOx Kg	Emisiones PM10 Kg	Emisiones PM2,5 kg	Emisiones GOR Kg
778,11	2334,32	18394,40	1327,29	435,74	404,61	756,32

Nombre de Fuente:	Aeronaves
Código de Fuente:	22-75-000-00
Descripción:	Las aeronaves civiles incluyen todas las categorías de naves con alas fijas y rotatorias, desde el motor individual más pequeño, de propiedad y operación privada, hasta las aeronaves comerciales de mayor tamaño. Dentro de la categoría civil, existen tres subcategorías: aeronaves comerciales, aerotaxis y aeronaves de aviación general. En el desarrollo de un inventario de emisión, es necesario tomar en cuenta los diferentes tipos de aeronaves que utilizan cada aeropuerto. Las aeronaves comerciales se usan en vuelos regularmente programados. Los aerotaxis también viajan con un programa, llevando pasajeros y/o carga, pero en general son naves más pequeñas y operan en una base más limitada que los transportes comerciales. La aviación de negocios realiza viajes, normalmente en un esquema no programado. Para propósitos de elaboración de un inventario de emisiones, los aviones de negocios son combinados con las aeronaves de aviación general debido a que su tamaño, frecuencia de uso y perfiles de operación son similares. De manera similar, los aerotaxis son manejados en gran medida dentro de la categoría de aviación general, debido a que típicamente tienen los mismos tipos de aeronaves. Los helicópteros, o aeronaves de alas rotatorias, pueden encontrarse en todas las categorías. Su operación es distinta debido a que no siempre operan en un aeropuerto, sino que pueden despegar y aterrizar en un helipuerto, en un hospital, estación de policía u otra localidad. Los contaminantes son emitidos por una aeronave cuando

	los motores están en operación. En el contexto del desarrollo de un inventario de emisiones, sin embargo, el interés está limitado a aquellas porciones del vuelo que se presentan entre el nivel de piso y una altitud definida como altura de inversión. Dentro de esta franja, el aire es sumamente estable y las emisiones tienden más a difundirse que a ser transportadas. Como resultado, las emisiones por debajo de la altura de inversión tienen un efecto sobre la calidad del aire a nivel de piso, debido a la mezcla que se presenta dentro de la celda de aire. Las emisiones de las aeronaves son afectadas el ajuste de la válvula de estrangulación, es decir, el porcentaje de máximo poder que los motores producen en un tiempo dado. Sin embargo, el ajuste de potencia es predecible, dado el modo de operación específico en el que la aeronave está funcionando. Para propósitos del desarrollo del inventario, se considera que existen cinco modos de operación: · Aproximación (30-40% de estrangulación) · Carreteo/Reposo Llegada (3-7% de estrangulación) · Carreteo/Reposo Salida (3-7% de estrangulación) · Despegue (100% de estrangulación) · Ascenso (85-90% de estrangulación). En conjunto, estos cinco modos integran el ciclo de aterrizaje y despegue (AD), que constituye las bases para asignar las emisiones de la aviación a una región determinada.

	Las emisiones para un modo dado son calculadas con base en el periodo de tiempo que la aeronave pasa en un modo específico. Este periodo se denomina Tiempo En Modo (TIM, por sus siglas en inglés). La duración de la aproximación y ascenso depende en gran medida de la meteorología local. Debido a que el periodo de interés se ubica durante la operación de la nave dentro de la zona de modelado del aire. El espesor de la capa de inversión determina el tiempo en que la aeronave se encuentra en esta zona. La masa de aire colocada debajo de la capa de inversión y que tiene una altura conocida como altura de mezclado, constituye la zona de mezclado. Dentro de esta zona existe una gran turbulencia que permite que el aire se mezcle, diluyendo así la contaminación. Por otro lado los contaminantes emitidos dentro de la capa de inversión, que es una zona de gran estabilidad, quedan atrapados en su interior. Cuando la aeronave se encuentra sobre la capa de inversión, ya sea en su descenso o en su ascenso a la altitud de crucero, las emisiones tienden a dispersarse más que a quedar atrapadas por la inversión, y no tienen efectos a nivel de suelo. El tiempo de carreteo e inactividad, ya sea desde la pista a la puerta (carreteo/llegada) o de la puerta a la pista, depende del tamaño y diseño del aeropuerto, el tráfico o congestión en tierra, y de los procedimientos operativos específicos del aeropuerto. El tiempo de carreteo y espera es el más variable de los modos AD, dado que puede variar significativamente en cada aeropuerto a lo largo del día, en la medida en que la actividad cambia; y a nivel estacional, conforme la actividad en los viajes aumenta o disminuye.

	El periodo de despegue, caracterizado principalmente por la operación al 100% de estrangulación, en general dura hasta que la nave alcanza entre 150 y 300 metros sobre el nivel de piso, cuando la potencia del motor es reducida e inicia el modo de ascenso. Esta altura de transición es bastante regular y no varía demasiado de una localidad a otra, o entre las categorías de aeronaves. Se asume que las aeronaves comerciales utilizadas alrededor del mundo tienen características de emisión similares. Si bien los datos que aquí se presentan fueron desarrollados en EU, podrían constituir estimados de emisión razonables para las aeronaves que operan en los aeropuertos costarricenses.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SO_2, PM Para aviones de reacción, las emisiones de GOR constituyen 84.4% del GOT. Para aviones de pistón, las emisiones de GOR constituyen 96% del GOT.
Metodología:	Para estimar la emisión de contaminantes se utilizó el modelo FAEED 3.1, y la cantidad de ciclos de operación de vuelo en los Aeropuertos Internacionales Juan Santamaría y Tobías Bolaños, por tipo de aeronave. Para realizar los ajustes correspondientes al tiempo en modo de aproximación (APP_TIME) y ascenso (CLI_TIME) se utilizaron los datos propuestos por el modelo
Fuente de datos:	Número de operaciones (incluyendo modelos de aeronaves) realizadas en los aeropuertos ubicados en el área de estudio durante el año 2007 (Aviación Civil).

Esta sección incluye la emisión que generan las aeronaves a nivel de piso y cuando se elevan hasta llegar a una altura conocida como capa de mezclado. Para estimar la emisión de contaminantes se utilizó el modelo FAEED 3.18, y la cantidad de ciclos de operación de vuelo en los Aeropuertos Internacionales Juan Santamaría y Tobías Bolaños, ubicados en el área de estudio.

Las tablas A2.2.3 y A2.2.4 muestran los datos de entrada al modelo FAEED V. 3.1.

Tabla A2.2.3 Operaciones realizadas en el Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños durante el año 2007.

Modelo de aeronave	Fabricante	Tiempo CLI minutos	Tiempo APP minutos	Número de operaciones
IA WESTWIND	AEROCOMANDER	7	11	1464
BE90	BOEING	7	11	1389
C303	BEECH	7	11	4733
DH 06	DE HAVILLAND	7	11	5459
F90	FOKKER	7	11	642
H550 A	GENERAL AVIATON	7	11	915
PA-42	CHEYENE	7	11	6370
MD902	MCDONNELL	7	11	270
B407	BOEING	7	11	1026
			Total	**22268**

Tabla A2.2.4 Operaciones realizadas en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría durante el año 2007.

Modelo de aeronave	Fabricante	Tiempo CLI minutos	Tiempo APP minutos	Número de operaciones
A310	Airbus	7	11	55
A320	Airbus	7	11	7528
A321	Airbus	7	11	1096
A300B	Airbus	7	11	1156
A330	Airbus	7	11	19
A340-200	Airbus	7	11	385
ATR-42	Aero Comander	7	11	934
B52H	Boeing	2	4	693
B737-100	Boeing	7	11	183
B737-200	Boeing	7	11	4011
B757-200	Boeing	7	11	1969
B747	Boeing	7	11	74
B720	Boeing	7	11	962
B767	Boeing	7	11	799
500 CITATION	Cessna	2	4	29
550 CITATION	Cessna	2	4	149
560 CITATION	Cessna	2	4	132
C-135B	Boeing	2	4	13390
CESSNA T337	Cessna A/C	2	4	182
DC8	McDonnell Doug	7	11	901

F100	Fokker	7	11	92
F-28	Fokker	7	11	584
CARAJA NE	Embraer-Empresa	7	11	999
GULFSTREAM	Gulfstream Aero	2	4	395
L-1011-1	Lockheed	7	11	619
MD-83	McDonnell Doug	7	11	15
MD-82	McDonnell Doug	7	11	19
MD-81	McDonnell Doug	7	11	51
MD-88	McDonnell Doug	7	11	5
PA-42	Cheyene	7	11	2064
SABRELINER 75[a]	Partenavia	2	4	141
			Total	**39631**

La emisión de COV representan el 96% de COT (USEPA, 2000). Las PM_{10}, fueron estimadas en función a la cantidad de ciclos de operación de vuelo [0,10736 kg/LOT] y la emisión de partículas menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$) el 96,7% PM10 (US EPA, 2000).

En las tablas A2.2.5 y A2.2.6 se muestran los resultados de la estimación de las emisiones, generadas por el modelo utilizado.

Tabla A2.2.5. Emisiones generadas por la operación del Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños durante el año 2007.

Modelo de aeronave	Emisión COT kg	Emisiones CO kg	Emisiones NOx kg	Emisiones SOx kg	Emisiones PM10 kg	Emisiones PM2,5 kg	Emisiones COV kg
IA WESTWIND	2638,6	27219	377,8	0,01	157,23	152,04	2533,06
BE90	3197,1	4521,9	487	0	149,18	144,26	3069,22
C303	14651,9	17021,7	659,2	0	508,32	491,55	14065,82
DH 06	6257,3	8598,5	762,9	0	586,30	566,95	6007,01
F90	920,21	8886,97	3690,3	0,05	68,95	66,68	883,40
H550 A	1053,05	1490,39	166,22	0	98,27	95,03	1010,93
PA-42	40328	47376	2332	0,01	684,14	661,56	38714,88
MD902	144,58	1602,58	2759,21	0,03	29,00	28,04	138,80
B407	1553,1	26996	16029,6	0,22	110,19	106,56	1490,98
Total	**70744**	**143713**	**27264**	**0,32**	**2392**	**2313**	**67914**

Tabla A2.2.6. Emisiones generadas por la operación del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría durante el año 2007.

Modelo de aeronave	Emisión COT kg	Emisiones CO kg	Emisiones NOx kg	Emisiones SOx kg	Emisiones PM10 kg	Emisiones PM2,5 kg	Emisiones COV kg
A310	135,46	654,73	1442,91	0	5,91	5,71	130,04
A320	10143,7	84237,7	88247,8	0	808,51	781,83	9737,95
A321	1352	11886,6	17059,5	0	117,71	113,83	1297,92
A300B	10540,3	46115,3	28624,3	0	124,15	120,06	10118,69
A330	28,56	170,84	709,55	0	2,04	1,97	27,42

A340-200	1558,87	9911,94	11965,51	0,14	41,35	39,98	1496,52
ATR-42	1683,37	17365,14	241,02	0,01	100,31	97,00	1616,04
B52H	43467,6	43581,3	5895,99	0,16	74,43	71,97	41728,90
B737-100	968,3	2927,74	1567,69	0,03	19,65	19,01	929,57
B737-200	21223,3	64170,3	34360,7	0,63	430,78	416,57	20374,37
B757-200	1208,9	20219,3	53686,1	0,69	211,47	204,49	1160,54
B747	352,76	2607,95	4695,78	0,1	7,95	7,69	338,65
B720	45114,47	54666,38	10489,62	0,27	103,32	99,91	43309,89
B767	714,1	5137,92	23213,43	0	85,81	82,98	685,54
500 CITATION	53,81	150,15	5,82	0	3,11	3,01	51,66
550 CITATION	251,71	649,09	47,03	0	16,00	15,47	241,64
560 CITATION	747,29	792,69	46,64	0	14,18	13,71	717,40
C-135B	419935	421034	56960,6	1,52	1438,09	1390,63	403137,60
CESSNA T337	126,67	2078,08	7,82	0	19,55	18,90	121,60
DC8	2073,87	2935,18	327,36	0	96,77	93,57	1990,92
F100	131,87	1273,52	528,92	0,01	9,88	9,55	126,60
F-28	367,46	5429,07	3364,09	0,03	62,72	60,65	352,76
CARAJA NE	1145,09	1573,54	139,6	0	107,29	103,75	1099,29
GULFSTREAM	262,16	1723,61	823,76	3,29	42,42	41,02	251,67
L-1011-1	45780	63964,21	19582,81	0,34	66,48	64,29	43948,80
MD-83	28,1	96,87	179,55	0	1,61	1,56	26,98
MD-82	35,59	122,71	227,44	0	2,04	1,97	34,17
MD-81	106,82	354,66	517,69	0,01	5,48	5,30	102,55
MD-88	13,11	45,21	83,79	0	0,54	0,52	12,59

PA-42	13067,2	15350,9	755,9	0	221,67	214,36	12544,51
SABRELINER 75ª	212,38	474,14	180,22	0	15,14	14,64	203,88
Total	**622829,82**	**881700,77**	**365978,94**	**7,23**	**4256,37**	**4115,91**	**597916,63**

Nombre de Fuente:	Terminales de autobuses
Código de Fuente:	22-30-070-900
Descripción:	Esta sección se refiere a las emisiones de las terminales de autobuses. En Costa Rica, estos vehículos a menudo hacen fila por largos periodos de tiempo esperando cargar y/o descargar carga o pasajeros. Los vehículos en la cola normalmente no apagan sus motores, sino que los mantienen encendidos mientras avanzan lentamente. Debido a que estas emisiones son generadas por vehículos que circulan por carreteras, podría argumentarse que deberían ser incluidas como fuentes móviles. Sin embargo, a diferencia de las emisiones de fuentes móviles típicas, la ubicación de estas emisiones en las terminales de autobuses y camiones está muy bien definida (i. e., el segmento de carretera o estaciones en las que se encuentra la terminal).
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx, PM Para los vehículos de gasolina sin catalizador, las emisiones GOR constituyen 92.4% del GOT. Para los vehículos de gasolina con catalizador, las emisiones GOR constituyen 85.2% del GOT. Para los vehículos diesel, las emisiones GOR constituyen 95.7% del GOT.
Metodología:	La siguiente ecuación es única para el calculó de CO, NOX y

	GOT: $$Eijl=[((NCj)*(FEij)*(Vj)*(Trj))/1000]$$ Donde: Eijl= Emisión del contaminante (i) [ton/año] del vehículo año modelo (j) en la terminal (l) NCj= Número de corridas de vehículos año modelo (j) en la terminal (l) FEij= Factor de emisión del contaminante (i) [kg/km] del vehículo año modelo (j) Vj= Velocidad del vehículo año modelo (j) [4 km/h] Trj= Tiempo en reposo promedio del vehículo año modelo (j) [0.25 h] 1000= Factor de conversión de [kg] a [ton] Para el calculó de emisiones de PM10, PM2.5 y NH3, se empleo la siguiente ecuación modificada, debido a que el factor de emisión no considera la velocidad. $$Eijl=[((NCj)*(FEij)*(Trj))/1000000]$$ Donde: Eijl = Emisión del contaminante (i) [ton/año] del vehículo año modelo (j) en la terminal (l) NCj = Número de corridas de vehículos año modelo (j) en la terminal (l) FEij = Factor de emisión contaminante (i) [g/h] Trj =Tiempo en reposo promedio del vehículo año modelo

	(j) [0.25 h] 1000000= Factor de conversión de [g] a [ton] Para calcular la emisión de GOT y GOR se realiza en función a los HCT con la relación: 1.032 HCT y 0.956 HCT respectivamente.
Fuente de datos:	Ubicación de estaciones de autobuses, número de autobuses, número de operaciones de los autobuses, modelos y tipo de combustibles de los autobuses (Consejo de Transporte Público, MOPT)

La emisión de contaminantes de esta categoría se debe a la combustión interna del diesel en camiones de pasajeros que se encuentran estacionados con motor encendido en la terminal de autobuses. La siguiente ecuación es única para el calculó de CO, NOX y GOT:

Eijl=[((NCj)*(FEij)*(Vj)*(Trj))/1000000]

Donde:

Eijl= Emisión del contaminante (i) [ton/año] del vehículo año modelo (j) en la terminal (l)

NCj= Número de corridas de vehículos año modelo (j) en la terminal (l)

FEij= Factor de emisión del contaminante (i) [g/km] del vehículo año modelo (j)

Vj= Velocidad del vehículo año modelo (j) [4 km/h]

Trj= Tiempo en reposo promedio del vehículo año modelo (j) [0.25 h]

1000000= Factor de conversión de [g] a [ton]

Tabla A2.2.7. Factores de emisión de GOT, GOR, NOx, CO y NH_3 para autobuses por año modelo obtenidos del modelo MOBILE 6 para la velocidad más baja de operación

Año Modelo	Factor de emisión (g/km)					
	GOT	GOR	NOx	CO	NH_3	SO_2
1983 y ant	0,0	0,00	0,000	0,0	0,0000	0,0000
1984	16,2	15,64	92,462	116,5	0,0168	24,9279
1985	0,0	0,00	0,000	0,0	0,0000	0,0000
1986	16,5	15,96	94,325	114,7	0,0168	24,9279
1987	16,5	15,96	94,325	112,3	0,0168	24,9279
1988	16,5	15,75	94,325	110,5	0,0168	24,6153
1989	14,5	13,86	94,325	109,3	0,0168	24,3108
1990	14,5	13,86	94,325	107,4	0,0168	24,0727
1991	9,4	9,00	97,687	29,8	0,0168	23,7812
1992	9,4	8,95	97,687	29,7	0,0168	23,5531
1993	9,6	9,15	77,707	43,0	0,0168	23,2741
1994	9,6	9,15	77,540	42,7	0,0168	23,0553
1995	9,6	9,15	77,375	42,4	0,0168	22,7881
1996	9,6	9,15	77,206	42,1	0,0168	22,5264

1997	9,6	9,15	77,042	41,8	0,0168	22,5264
1998	9,6	3,37	76,876	41,5	0,0168	22,5264
1999	9,6	9,15	76,708	41,2	0,0168	22,5264
2000	9,6	9,15	76,544	40,9	0,0168	22,5264
2001	9,6	9,15	76,375	40,6	0,0168	22,5264
2002	9,6	9,15	73,590	40,4	0,0168	22,5264
2003	9,6	9,15	65,564	40,1	0,0168	22,5264
2004	9,6	9,15	75,877	39,8	0,0168	22,5264
2005	9,6	9,15	75,711	39,5	0,0168	22,5264
2006	9,6	9,15	75,544	39,2	0,0168	22,5264
2007	0,0	0,00	0,000	0,0	0,0000	0,0000

Para el cálculo de emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$, se empleó la siguiente ecuación modificada, debido a que el factor de emisión no considera la velocidad.

$$E_{ijl}=[((NC_j)*(FE_{ij})*(Tr_j))/1000000]$$

Donde:

E_{ijl} = Emisión del contaminante (i) [ton/año] del vehículo año modelo (j) en la terminal (l).

NC_j = Número de corridas de vehículos año modelo (j) en la terminal (l) (ver Tabla A.2.12).

FE_{ij} = Factor de emisión contaminante (i) [g/h] (ver Tabla A.2.11).

Tr_j =Tiempo en reposo promedio del vehículo año modelo (j) [0.25 h] (Radian International LLC, 1997).

1000000= Factor de conversión de [g] a [ton].

Cabe mencionar que la corrida del modelo Mobile 6, para centrales de autobuses, fue realizada para obtener los factores de emisión de partículas cuando el autobús está en reposo.

Tabla A2.2.8. Factores de emisión para autobuses generados por el modelo MOBILE 6 adaptado a las condiciones del área metropolitana de Costa Rica

Factores de emisión para autobuses (g/h)	
PM_{10}	$PM_{2,5}$
1,339	1,205

En las siguientes tablas, se muestra el número de unidades por modelo y la frecuencia de operaciones de los autobuses que brindan servicios concesionados en los cantones que conforman el Área Metropolitana del país:

Tabla A2.2.9. Número de unidades y frecuencia de las operaciones de las rutas de transporte público que operan en los cantones de la provincia de Alajuela, que forman parte del Área Metropolitana durante el año 2007.

Cantones	ALAJUELA		POAS		GRECIA		ATENAS	
Año Modelo	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes
1983	3	21528	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	1	10192	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	1	4125	0	0	0	0	0	0
1991	1	1664	1	5772	0	0	0	0
1992	4	31581	0	0	0	0	0	0
1993	4	13545	0	0	0	0	0	0
1994	7	21112	0	0	0	0	0	0
1995	1	2231	0	0	0	0	0	0
1996	4	19818	0	0	0	0	0	0
1997	7	32479	0	0	0	0	0	0
1998	6	21773	1	4218	0	0	0	0
1999	9	30529	4	8501	3	2896	0	0
2000	32	119987	2	8436	8	10706	1	1036

2001	38	223345	5	11642	1	736	3	3109
2002	23	79099	1	33	5	5745	0	0
2003	98	179378	8	25374	12	12961	1	1036
2004	17	49645	0	0	0	0	0	0
2005	81	106549	1	4218	0	0	3	3109
2006	15	47604	0	0	2	2160	1	1036
2007	196	171411	5	21091	0	0	5	5181
Total	**548**	**1187596**	**28**	**89284**	**31**	**35204**	**14**	**14508**

Tabla A2.2.10. Número de unidades y frecuencia de las operaciones de las rutas de transporte público que operan en los cantones de la provincia de Heredia, que forman parte del Área Metropolitana durante el año 2007.

Cantones	HEREDIA		SANTO DOMINGO		SAN PABLO		SAN ISIDRO	
Año Modelo	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes
1983	4	25287	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	1	6322	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	1	6322	0	0	0	0	0	0
1990	1	6322	0	0	0	0	0	0

1991	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	4	18717	0	0	0	0	0	0
1995	13	31240	7	12979	0	0	1	3296
1996	6	15721	0	0	0	0	3	4087
1997	12	46647	2	3432	0	0	3	1187
1998	32	122446	0	0	1	4917	5	1978
1999	27	89978	5	8580	1	4917	6	5273
2000	40	147890	4	6864	2	9834	1	3296
2001	22	70461	16	27940	2	9834	9	9360
2002	48	148459	0	0	3	14751	1	3296
2003	35	139919	19	34538	0	0	6	11073
2004	3	23317	14	24024	0	0	0	0
2005	24	87867	3	6599	0	0	2	791
2006	16	58605	0	0	0	0	3	6987
2007	63	224253	3	5148	0	0	4	13182
Total	**352**	**1268904**	**73**	**130104**	**9**	**44252**	**44**	**63804**

Cantones	**SAN RAFAEL**		**BARBA**		**SANTA BARBARA**		**FLORES**	
Año Modelo	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes
1983	0	0	0	0	0	0	4	25287
1984	0	0	0	0	0	0	0	0

1985	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	1	6322
1988	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	1	6322
1990	0	0	0	0	0	0	1	6322
1991	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	1	6020	3	8892	0	0
1995	0	0	1	2371	0	0	0	0
1996	3	6318	0	0	1	4235	1	527
1997	7	12749	1	6020	0	0	1	527
1998	9	17728	2	8392	1	4235	0	0
1999	7	15351	4	16783	3	12705	0	0
2000	0	0	2	4742	3	8892	1	527
2001	7	17953	1	2371	1	2964	0	0
2002	0	0	1	2371	3	9816	0	0
2003	3	7694	1	6020	2	5581	2	1055
2004	0	0	0	0	2	5755	0	0
2005	2	5129	2	8392	5	15398	0	0
2006	1	2565	1	6020	4	11336	2	1055
2007	0	0	2	8392	4	14398	0	0
Total	**39**	**85488**	**19**	**77896**	**32**	**104208**	**14**	**47944**

Cantones	BELEN	
Año Modelo	Unidades	Frecuencia de viajes
1983	0	0
1984	0	0
1985	0	0
1986	0	0
1987	0	0
1988	0	0
1989	0	0
1990	0	0
1991	0	0
1992	0	0
1993	0	0
1994	0	0
1995	0	0
1996	3	7923
1997	1	2243
1998	3	7985
1999	3	8520
2000	11	22598
2001	3	3689
2002	0	0

2003	9	19542
2004	1	2840
2005	3	3689
2006	5	10327
2007	7	11835
Total	**49**	**101192**

Tabla A2.2.11. Número de unidades y frecuencia de las operaciones de las rutas de transporte público que operan en los cantones de la provincia de Cartago, que forman parte del Área Metropolitana durante el año 2007.

Cantones	CARTAGO		LA UNION		EL GUARCO		OREAMUNO	
Año Modelo	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes
1983	2	15340	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	1	13104	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	1	1777	0	0	0	0	1	1777
1992	5	22441	0	0	1	347	4	22094
1993	3	1473	0	0	2	693	0	0
1994	0	0	1	14690	0	0	0	0

1995	10	28176	11	42730	0	0	3	11065
1996	5	18774	7	14397	2	10516	0	0
1997	4	17082	0	0	0	0	1	5524
1998	5	10984	1	2016	0	0	1	5524
1999	12	23388	1	1464	3	11062	3	5044
2000	13	48998	11	14433	4	18908	5	7536
2001	26	71376	18	70754	5	12154	1	858
2002	28	113235	15	34169	2	10516	4	15670
2003	41	63519	28	71034	0	0	6	11300
2004	9	20021	7	22178	0	0	2	7530
2005	33	55528	4	21024	1	546	4	6678
2006	54	85345	9	10404	0	0	1	1634
2007	20	28912	4	5550	0	0	0	0
Total	**272**	**631620**	**117**	**324844**	**20**	**52260**	**36**	**102232**

Cantones	**PARAISO**	
Año Modelo	Unidad	Frecuencia de viajes
1983	1	2236
1984	0	0
1985	0	0
1986	0	0
1987	0	0
1988	0	0

1989	0	0
1990	0	0
1991	0	0
1992	0	0
1993	0	0
1994	0	0
1995	0	0
1996	0	0
1997	0	0
1998	0	0
1999	1	702
2000	0	0
2001	3	3692
2002	4	4923
2003	3	3163
2004	1	1231
2005	0	0
2006	0	0
2007	2	2461
Total	**15**	**18408**

Tabla A2.2.12. Número de unidades y frecuencia de las operaciones de las rutas de transporte público que operan en los cantones de la provincia de San José, que forman parte del Área Metropolitana durante el año 2007.

Cantones	SAN JOSE		ESCAZU		SANTA ANA		MORA	
Año Modelo	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes
1983	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	3	477	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	4	1329	0	0	0	0	0	0
1992	2	12142	0	0	0	0	0	0
1993	5	19269	0	0	0	0	0	0
1994	32	75429	10	12674	10	19957	10	573
1995	46	124313	2	2535	2	3991	2	115
1996	28	92734	1	1267	1	1996	1	57
1997	51	194050	0	0	0	0	0	0
1998	44	110553	0	0	0	0	0	0
1999	106	338865	2	2535	2	3991	2	115
2000	197	715330	9	11406	9	17962	9	516

2001	194	532100	6	7604	6	11974	15	10172
2002	218	674251	17	21545	17	33928	17	974
2003	232	578183	20	25347	20	39915	20	1146
2004	117	393754	4	5069	4	7983	4	229
2005	261	849446	37	46892	37	73842	37	2121
2006	195	530138	25	31684	25	49893	25	1433
2007	358	694497	4	5069	4	7983	8	4597
Total	**2093**	**6252164**	**137**	**173627**	**137**	**273416**	**150**	**22048**

Cantones	**ALAJUELITA**		**ASERRI**		**DESAMPARADOS**		**MONTES DE OCA**	
Año Modelo	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes
1983	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	1	1708	0	0
1994	0	0	0	0	5	8540	0	0

1995	0	0	2	923	12	29084	0	0
1996	0	0	3	1385	12	48477	0	0
1997	24	45352	4	1846	5	18455	0	0
1998	2	6503	2	923	8	21642	0	0
1999	3	4307	1	462	8	16296	5	13424
2000	0	0	17	11574	46	143450	35	104626
2001	30	15834	4	1846	16	40772	29	76107
2002	0	0	0	0	20	72432	12	36577
2003	8	9670	8	3692	14	48628	0	0
2004	27	92394	5	2308	7	22840	0	0
2005	10	32515	0	0	16	51574	0	0
2006	0	0	35	105892	6	18153	12	33256
2007	10	18897	10	15063	25	86317	5	19722
Total	**114**	**225472**	**91**	**145912**	**201**	**628368**	**98**	**283712**

Cantones	**TIBAS**		**MORAVIA**		**VASQUEZ DE COR**		**GOICOECHEA**	
Año Modelo	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes	Unidades	Frecuencia de viajes
1983	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0

1989	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	4	7896	4	616	7	30900
1995	5	12373	10	13380	10	9214	1	4414
1996	0	0	7	15606	1	154	3	13243
1997	2	4949	1	1974	1	154	4	17657
1998	0	0	4	9088	0	0	3	13243
1999	5	12373	4	7995	1	1113	0	0
2000	4	9898	9	19852	2	308	1	4414
2001	15	37118	11	12969	25	46978	19	67640
2002	0	0	5	5895	5	5566	29	128014
2003	15	37118	12	16334	18	64302	14	61800
2004	14	34644	7	8253	7	7793	6	26486
2005	70	57928	6	9757	7	10461	7	29097
2006	0	0	1	1179	5	14739	9	36122
2007	3	7424	20	37989	29	7498	35	117547
Total	**133**	**213824**	**101**	**168168**	**115**	**168896**	**138**	**405392**

Cantones	CURRIDABAT	
Año Modelo	Unidades	Frecuencia de viajes
1983	0	0
1984	0	0
1985	0	0
1986	0	0
1987	0	0
1988	0	0
1989	0	0
1990	0	0
1991	0	0
1992	0	0
1993	0	0
1994	0	0
1995	5	12373
1996	0	0
1997	2	4949
1998	0	0
1999	5	12373
2000	4	9898
2001	15	37118
2002	0	0
2003	15	37118

2004	14	34644
2005	70	57928
2006	0	0
2007	3	7424
Total	**133**	**213824**

Con base en lo anterior se calcularon las emisiones por año modelo y cantón del área metropolitana ver tabla A2.2.13.

Tabla A2.2.13. Emisión de contaminantes originada por las paradas de autobuses ubicadas en cada uno de los cantones del área metropolitana.

Cantón	Emisiones de CO ton/año	Emisiones de NOx ton/año	Emisiones de NH_3 ton/año	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ Ton/año	Emisiones de GOR ton/año	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de SO_2 ton/año
San José	211,63	392,08	0,088	1,05	0,94	47,35	50,30	118,19
Escazú	6,76	12,50	0,003	0,03	0,03	1,54	1,62	3,80
Desamparados	22,11	40,75	0,009	0,11	0,09	4,84	5,20	12,22
Goicoechea	17,54	32,06	0,007	0,07	0,06	3,89	4,16	9,77
Santa Ana	10,65	19,69	0,004	0,05	0,04	2,43	2,55	5,99
Alajuelita	8,33	15,64	0,003	0,04	0,03	1,85	1,98	4,65
Vásquez de Coronado	6,50	11,60	0,003	0,03	0,03	1,48	1,55	3,64
Tibás	8,31	15,33	0,003	0,04	0,03	1,89	1,98	4,65
Moravia	5,34	9,79	0,002	0,03	0,03	1,14	1,25	2,94

Montes de Oca	10,71	20,05	0,004	0,05	0,04	2,42	2,53	5,95
Curridabat	8,31	15,33	0,003	0,04	0,03	1,89	1,98	4,65
Aserrí	5,17	9,87	0,002	0,02	0,02	1,19	1,26	2,95
Mora	0,71	1,32	0,000	0,00	0,00	0,16	0,17	0,39
Alajuela	40,91	74,76	0,017	0,20	0,18	9,06	9,63	22,49
Grecia	1,42	2,53	0,001	0,01	0,01	0,32	0,34	0,79
Atenas	0,37	0,70	0,000	0,00	0,00	0,09	0,09	0,21
Poás	2,70	5,06	0,001	0,01	0,01	0,60	0,65	1,54
Cartago	24,71	45,17	0,010	0,11	0,10	5,47	5,80	13,47
Paraíso	0,55	1,00	0,000	0,00	0,00	0,13	0,13	0,31
La Unión	13,00	23,56	0,005	0,05	0,05	2,91	3,06	7,21
Oreamuno	3,90	8,16	0,002	0,02	0,02	0,90	0,98	2,33
El Guarco	2,65	4,94	0,001	0,01	0,01	0,59	0,62	1,46
Heredia	42,82	76,43	0,017	0,21	0,19	8,73	9,90	23,04
Santo Domingo	5,06	9,17	0,002	0,02	0,02	1,14	1,20	2,82
Barva	2,84	5,25	0,001	0,01	0,01	0,59	0,67	1,57
Santa Bárbara	3,64	6,77	0,002	0,02	0,02	0,80	0,86	2,03
San Rafael	3,51	6,47	0,001	0,01	0,01	0,68	0,82	1,93
San Pablo	1,80	3,34	0,001	0,01	0,01	0,38	0,42	1,00
Belén	3,63	6,62	0,001	0,02	0,02	0,77	0,86	2,01
Flores	2,23	2,06	0,000	0,01	0,01	0,31	0,32	0,55
San Isidro	2,06	3,74	0,001	0,01	0,01	0,45	0,49	1,14
Total	**479,90**	**881,74**	**0,198**	**2,27**	**2,04**	**105,97**	**113,36**	**265,70**

APARTADO 3

USO DE DISOLVENTES

Nombre de Fuente:	Recubrimiento de superficies arquitectónicas
Código de Fuente:	24-01-001-00
Descripción:	Los recubrimientos para superficies arquitectónicas son utilizados por los contratistas e individuos para proteger y mejorar las superficies interiores y exteriores de las construcciones. El proceso implica la aplicación de una delgada capa de recubrimiento tal como pintura, barniz o laca a las superficies arquitectónicas, y el uso de solventes para adelgazar y limpiar.
Contaminantes:	GOT Las emisiones de GOR constituyen 94.5% del GOT para los recubrimientos arquitectónicos con base de agua; 96.8% del GOT para los recubrimientos arquitectónicos con base de aceite; y 69.9% del GOT para los solventes adelgazadores y limpiadores utilizados con los recubrimientos arquitectónicos.
Metodología:	Emisiones Anual GOT = (Población) x (Factor de Emisión)
Fuente de datos:	Población del Área Metropolitana: INEC Factor de emisión de GOT: 1,360 kg/persona x año

	Factor de emisión de GOR: 1,183 kg/persona x año (Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Area Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827.

Tabla A2.3.1. Emisiones generadas por el recubrimiento de superficies arquitectónicas

Cantón	Población	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	340 192	462,66	402,45
Escazú	59 374	80,75	70,24
Desamparados	259 694	353,18	307,22
Goicoechea	129 160	175,66	152,80
Santa Ana	41 690	56,70	49,32
Alajuelita	107 603	146,34	127,29
Vásquez de Coronado	74 597	101,45	88,25
Tibás	64 953	88,34	76,84
Moravia	54 250	73,78	64,18
Montes de Oca	54 027	73,48	63,91
Curridabat	70 170	95,43	83,01
Aserrí	54 282	73,82	64,22

Mora	25 907	35,23	30,65
Alajuela	269 272	366,21	318,55
Grecia	78 312	106,50	92,64
Atenas	25 457	34,62	30,12
Poás	29 847	40,59	35,31
Cartago	150 241	204,33	177,74
Paraíso	65 087	88,52	77,00
La Unión	98 975	134,61	117,09
Oreamuno	43 807	59,58	51,82
El Guarco	37 455	50,94	44,31
Heredia	125 356	170,48	148,30
Santo Domingo	37 228	50,63	44,04
Barva	37 672	51,23	44,57
Santa Bárbara	33 508	45,57	39,64
San Rafael	42 202	57,39	49,92
San Pablo	23 282	31,66	27,54
Belén	22 784	30,99	26,95
Flores	17 137	23,31	20,27
San Isidro	20 419	27,77	24,16
Total	**2 493 940**	**3391,76**	**2950,33**

Nombre de Fuente:	Pintado de carrocerías
Código de Fuente:	24-01-005-00
Descripción:	El pintado de autos engloba la reparación y restauración de carrocerías de automóviles, camiones ligeros y otros vehículos. Las operaciones de pintado son posteriores a las que el equipo original recibe en las plantas de ensamble del fabricante. La mayoría de los trabajos de pintado de carrocerías son realizados como parte de la reparación de una colisión y sólo involucra partes de un vehículo. La pintura puede aplicarse en una cabina de aspersión. Las emisiones se generan durante la limpieza de superficies, resanado y apresto, pintado y pulido, y son influenciadas por el contenido de solvente en el producto, la eficiencia de transferencia del equipo de aspersión utilizado para aplicar los recubrimientos, y las prácticas de pulido. Los controles pueden incluir el uso de compuestos con menor cantidad de solventes, un incremento de la eficiencia de transferencia en el equipo de aspersión, y equipos de limpieza cerrados.
Contaminantes:	GOT Las emisiones de GOR constituyen 98,8% del GOT
Metodología:	Emisiones Anual GOT = (Población) x (Factor de Emisión)

Fuente de datos:	Población del Área Metropolitana: INEC Factor de emisión de GOT: 0,140 kg/persona x año Factor de emisión de GOR: 0,137 kg/persona x año (Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Area Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827.

TABLA A2.3.2. EMISIONES GENERADAS POR APLICACIÓN DE PINTURAS AUTOMOTRICES

Cantón	Población	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	340 192	47,63	46,61
Escazú	59 374	8,31	8,13
Desamparados	259 694	36,36	35,58
Goicoechea	129 160	18,08	17,69
Santa Ana	41 690	5,84	5,71
Alajuelita	107 603	15,06	14,74
Vásquez de Coronado	74 597	10,44	10,22
Tibás	64 953	9,09	8,90
Moravia	54 250	7,60	7,43
Montes de Oca	54 027	7,56	7,40
Curridabat	70 170	9,82	9,61
Aserrí	54 282	7,60	7,44

Mora	25 907	3,63	3,55
Alajuela	269 272	37,70	36,89
Grecia	78 312	10,96	10,73
Atenas	25 457	3,56	3,49
Poás	29 847	4,18	4,09
Cartago	150 241	21,03	20,58
Paraíso	65 087	9,11	8,92
La Unión	98 975	13,86	13,56
Oreamuno	43 807	6,13	6,00
El Guarco	37 455	5,24	5,13
Heredia	125 356	17,55	17,17
Santo Domingo	37 228	5,21	5,10
Barva	37 672	5,27	5,16
Santa Bárbara	33 508	4,69	4,59
San Rafael	42 202	5,91	5,78
San Pablo	23 282	3,26	3,19
Belén	22 784	3,19	3,12
Flores	17 137	2,40	2,35
San Isidro	20 419	2,86	2,80
Total	**2 493 940**	**349,15**	**341,67**

Nombre de Fuente:	Pintura de Tráfico
Código de Fuente:	24-01-008-00
Descripción:	La aplicación de pintura de tráfico consiste en el pintado de carriles, banquetas, marcas de dirección, señales de estacionamiento y superficies pavimentadas y no pavimentadas para facilitar el flujo del tránsito. Las señales de tráfico pueden utilizar pinturas con base de solvente y de agua, que generalmente se aplican con spray, o en forma de cintas termoplásticas o preformadas que son aplicadas con epóxicos sobre la superficie de los caminos. Las pinturas de tráfico son aplicadas por cuadrillas de mantenimiento y contratistas durante la construcción y reparación de caminos.
Contaminantes:	GOT Las emisiones de GOR constituyen el 98.8% del GOT
Metodología:	Factores de emisión
Fuente de datos:	DATOS DE LA ACTIVIDAD: • Estadísticas nacionales de ventas de señales de tránsito (MOPT,2007) • Longitud nacional y municipal de rutas pavimentadas (kilómetros) (MOPT, 2007)

	NOTAS Y SUPUESTOS: • Se estima que se pintan 5 señales de transito por litro de pintura y a su vez se emiten 85 g de GOR por litro de pintura (GDF, 2010). • Se considera un grosor promedio de las señales de tránsito horizontales de 0,1m (GDF, 2010). • Con un litro de pintura de puede pintar 2,6 m^2 se señales horizontales en la carretera (GDF, 2010).

TABLA A2.3.3. EMISIONES GENERADAS POR PINTURA EN TRÁNSITO, 2007

km de vialidades demarcadas	Emisiones de GOR ton/año	Emisiones de GOT ton/año	Señales de tránsito colocadas durante el año	Emisiones de GOR ton/año	Emisiones de GOT Ton/año
217,81	0,712	0,721	3079	0,0523	0,0530

<table>
<tr><td>Nombre de Fuente:</td><td>Uso doméstico de solventes</td></tr>
<tr><td>Código de Fuente:</td><td>24-65-000-00</td></tr>
<tr><td>Descripción:</td><td>Productos para el cuidado personal (i.e., perfumes, sprays para el cabello, etc.); productos de uso automotriz (i.e., limpiador de parabrisas, cera, limpiadores de vidrios, etc.); productos de limpieza para el hogar, adhesivos, selladores, plaguicidas domésticos, etc.</td></tr>
<tr><td>Contaminantes:</td><td>GOT

Se estima que las emisiones GOR constituyen 69% del GOT.</td></tr>
<tr><td>Metodología:</td><td>Factores de emisión</td></tr>
<tr><td>Fuente de datos:</td><td>DATOS DE LA ACTIVIDAD:

• Población (INEC)

FACTORES DE EMISIÓN:

<table>
<tr><th>Actividad</th><th>Factor de emisión GOT* (kg/hab)</th></tr>
<tr><td>Productos en aerosol</td><td>0,067</td></tr>
<tr><td>Productos domésticos</td><td>0,520</td></tr>
<tr><td>Productos de cuidado personal</td><td>1,520</td></tr>
<tr><td>Productos de cuidado</td><td>0,880</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

automotor	
Adhesivos y selladores	0,380
Pesticidas comerciales	1,174
Productos misceláneos	0,040
Total	4,577

*** Manuales de inventarios de emisiones de México. Vol 5.**

NOTAS Y SUPUESTOS:

• El uso per cápita de solventes de consumo en Costa Rica se supone idéntico al de México.

TABLA A2.3.4. EMISIONES GENERADAS POR USO DOMÉSTICO DE SOLVENTES

Cantón	Población	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	340 192	1558,08	1075,07
Escazú	59 374	271,93	187,63
Desamparados	259 694	1189,40	820,68
Goicoechea	129 160	591,55	408,17
Santa Ana	41 690	190,94	131,75
Alajuelita	107 603	492,82	340,05
Vásquez de Coronado	74 597	341,65	235,74
Tibás	64 953	297,48	205,26

Moravia	54 250	248,47	171,44
Montes de Oca	54 027	247,44	170,74
Curridabat	70 170	321,38	221,75
Aserrí	54 282	248,61	171,54
Mora	25 907	118,65	81,87
Alajuela	269 272	1233,27	850,95
Grecia	78 312	358,67	247,48
Atenas	25 457	116,59	80,45
Poás	29 847	136,70	94,32
Cartago	150 241	688,10	474,79
Paraíso	65 087	298,10	205,69
La Unión	98 975	453,31	312,78
Oreamuno	43 807	200,64	138,44
El Guarco	37 455	171,54	118,37
Heredia	125 356	574,13	396,15
Santo Domingo	37 228	170,50	117,65
Barva	37 672	172,54	119,05
Santa Bárbara	33 508	153,47	105,89
San Rafael	42 202	193,29	133,37
San Pablo	23 282	106,63	73,58
Belén	22 784	104,35	72,00
Flores	17 137	78,49	54,16
San Isidro	20 419	93,52	64,53
Total	**2 493 940**	**11422,55**	**7881,35**

Nombre de Fuente:	Lavado en seco
Código de Fuente:	24-20-000-00
Descripción:	Evaporación de solventes en el lavado en seco; por fugas en el equipo, y de los sistemas de recuperación o disposición de solventes. Incluye sólo los establecimientos de lavado en seco que utilizan solventes orgánicos destilados de petróleo. Normalmente, el lavado en seco utiliza los siguientes solventes: percloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, triclorofluoroetano (CFC-113), así como solvente de Stoddard y otros solventes derivados del petróleo. El percloroetileno, 1,1,1-tricloroetano y CFC-113 no son considerados fotoquímicamente reactivos, y no deben ser incluidos en un inventario de precursores de ozono.
Contaminantes:	GOT Se puede asumir que las emisiones GOR constituyen 58% del GOT (U.S. EPA,1991a).
Metodología:	Factores de emisión
Fuente de datos:	DATOS DE LA ACTIVIDAD: • Población (INEC) FACTORES DE EMISIÓN: GOT: 0,6007 kg/hab año **(Manuales de inventarios de emisiones de México. Vol 5.)** NOTAS Y SUPUESTOS: El uso per cápita de servicios de lavandería en seco en Costa Rica se supone idéntico al de México

TABLA A2.3.5. EMISIONES GENERADAS POR USO DE SERVICIOS DE LAVANDERÍA EN SECO

Cantón	Población	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	340 192	204,35	118,52
Escazú	59 374	35,67	20,69
Desamparados	259 694	156,00	90,48
Goicoechea	129 160	77,59	45,00
Santa Ana	41 690	25,04	14,53
Alajuelita	107 603	64,64	37,49
Vásquez de Coronado	74 597	44,81	25,99
Tibás	64 953	39,02	22,63
Moravia	54 250	32,59	18,90
Montes de Oca	54 027	32,45	18,82
Curridabat	70 170	42,15	24,45
Aserrí	54 282	32,61	18,91
Mora	25 907	15,56	9,03
Alajuela	269 272	161,75	93,82
Grecia	78 312	47,04	27,28
Atenas	25 457	15,29	8,87
Poás	29 847	17,93	10,40
Cartago	150 241	90,25	52,34
Paraíso	65 087	39,10	22,68
La Unión	98 975	59,45	34,48

Oreamuno	43 807	26,31	15,26
El Guarco	37 455	22,50	13,05
Heredia	125 356	75,30	43,67
Santo Domingo	37 228	22,36	12,97
Barva	37 672	22,63	13,13
Santa Bárbara	33 508	20,13	11,67
San Rafael	42 202	25,35	14,70
San Pablo	23 282	13,99	8,11
Belén	22 784	13,69	7,94
Flores	17 137	10,29	5,97
San Isidro	20 419	12,27	7,11
Total	**2 493 940**	**1498,13**	**868,91**

Nombre de Fuente:	Artes Gráficas
Código de Fuente:	24-25-000-00
Descripción:	Las artes gráficas incluyen las operaciones que están relacionadas con la impresión de periódicos, revistas, libros y otros materiales impresos. La impresión puede ser realizada sobre diversos sustratos (e. g., papel con y sin estuco, metal o tela). La diferencia de la impresión sobre papel estucado es que ésta siempre involucra la aplicación de tinta con una prensa de impresión. Las cuatro operaciones básicas utilizadas en las artes gráficas en EU son la litografía con rotativa, el rotograbado, la tipografía con rotativa y la flexografía. La impresión con retícula y las técnicas manuales o de alimentación de hojas son menos comunes.
Contaminantes:	GOT Se puede asumir que las emisiones GOR constituyen 100% del GOT (U.S. EPA,1991).
Metodología:	Factores de emisión
Fuente de datos:	DATOS DE LA ACTIVIDAD: • Población (INEC) FACTORES DE EMISIÓN: GOT: 0,40 kg/hab año para todos los tipos de operaciones de artes gráficas **(Manuales de inventarios de emisiones de México. Vol 5.)**

TABLA A2.3.6. EMISIONES GENERADAS POR USO DE SERVICIOS DE ARTES GRÁFICAS

Cantón	Población	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	340 192	136,08	136,08
Escazú	59 374	23,75	23,75
Desamparados	259 694	103,88	103,88
Goicoechea	129 160	51,66	51,66
Santa Ana	41 690	16,68	16,68
Alajuelita	107 603	43,04	43,04
Vásquez de Coronado	74 597	29,84	29,84
Tibás	64 953	25,98	25,98
Moravia	54 250	21,70	21,70
Montes de Oca	54 027	21,61	21,61
Curridabat	70 170	28,07	28,07
Aserrí	54 282	21,71	21,71
Mora	25 907	10,36	10,36
Alajuela	269 272	107,71	107,71
Grecia	78 312	31,32	31,32
Atenas	25 457	10,18	10,18
Poás	29 847	11,94	11,94
Cartago	150 241	60,10	60,10
Paraíso	65 087	26,03	26,03
La Unión	98 975	39,59	39,59

Oreamuno	43 807	17,52	17,52
El Guarco	37 455	14,98	14,98
Heredia	125 356	50,14	50,14
Santo Domingo	37 228	14,89	14,89
Barva	37 672	15,07	15,07
Santa Bárbara	33 508	13,40	13,40
San Rafael	42 202	16,88	16,88
San Pablo	23 282	9,31	9,31
Belén	22 784	9,11	9,11
Flores	17 137	6,85	6,85
San Isidro	20 419	8,17	8,17
Total	2 493 940	997,58	997,58

APARTADO 4 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTES DE DERIVADOS DEL PETROLEO

Nombre de Fuente:	Distribución de gasolina
Código de Fuente:	25-01-060-00
Descripción:	En la industria de la distribución de gasolina ésta es transportada en pipas desde las refinerías hasta las plantas y terminales a granel y finalmente a las estaciones de servicio. Los procedimientos que se discuten a continuación se refieren directamente a las emisiones que ocurren durante el transporte y distribución de gasolina desde las plantas y terminales de almacenamiento de cuentas comerciales hasta las estaciones de servicio. Las emisiones evaporativas se presentan en todos los puntos del proceso de distribución de gasolina. Las operaciones que generalmente se consideran como fuentes de área son las estaciones expendedoras de gasolina (estaciones de servicio) y las pipas de gasolina en tránsito. Las plantas y terminales de almacenamiento que son los puntos intermedios de distribución entre las refinerías y los expendedores deben inventariarse como fuentes puntuales. Todas las fuentes de área de GOT provenientes del transporte y distribución de gasolina incluyen los siguientes tipos de emisiones: *Pérdidas por respiración:* - Evaporación de la gasolina de las pipas durante su transporte desde la planta o terminal de almacenamiento

	hasta la estación de servicio u otro expendio; - Evaporación de la gasolina de la pipa vacía durante el viaje de regreso desde la estación de servicio dentro de un área de inventario hasta la planta o terminal de almacenamiento y - Evaporación de la gasolina desde el tanque o tanques de almacenamiento subterráneos o de las líneas que van hacia las bombas despachadoras cuando están paradas y fuera de uso. *Pérdidas durante la operación* - Evaporación de la gasolina durante la transferencia de la pipa al tanque subterráneo de almacenamiento en la estación de servicio (a menudo referida como "Etapa I"); - Evaporación de la gasolina durante la transferencia de la bomba a los vehículos (a menudo referida como "Etapa II"); - Derrames de gasolina (y su subsecuente evaporación) durante cualquiera de las actividades anteriores. Estas pérdidas están constituidas por los goteos de la boquilla antes y después del llenado y por el rebosamiento del tubo de llenado del tanque de gasolina del vehículo durante el llenado y - Evaporación de la gasolina del tanque subterráneo de almacenamiento o de las líneas que van hacia las bombas durante la transferencia de la gasolina.
Contaminantes:	GOT En la gasolina la fracción de las emisiones totales que son metano o etano es despreciable. Por lo tanto, se estima que las emisiones de GOR constituyen el 100% de los GOT. Para

	los combustibles diesel, el metano y el etano constituyen el 15% de las emisiones evaporativas totales de GOT por lo que se estima que las emisiones de GOR constituyen el 85% de los GOT.
Metodología:	*Descarga de pipas*: Para estimar las emisiones, se aplica el factor de emisión para la descarga de pipas al combustible total distribuido como se indica en la siguiente ecuación: $$Edp = FEdp \times C$$ donde: Edp = Emisiones totales de la descarga de pipas (kg/año) FEdp = Factor de emisión para las pipas durante la carga de combustible (kg/litro) C = Combustible distribuido (litros/año). *Pérdidas por respiración de tanques subterráneos:* Para estimar las emisiones se aplica el factor de emisión para la respiración del tanque al combustible total distribuido como se indica en la siguiente ecuación: $$Er = FEr \times C$$ donde: Er = Emisiones totales por respiración del tanque subterráneo (mg/año); FEr = Factor de emisión para la respiración del tanque (mg/litro) y C = Combustible distribuido (litro/año).

	Pipas de gasolina en tránsito: Para estimar las emisiones el factor de emisión para pipas en tránsito se aplica al combustible total transferido como se indica en la siguiente ecuación: $$Ept = FEpt \times Ct$$ donde: Ept = Emisiones totales de las pipas en tránsito (mg/año); FEpt = Factor de emisión para las pipas en tránsito (mg/litro) y Ct = Combustible en tránsito en el área del inventario incluyendo a las plantas de almacenamiento (litro/año). *Carga de combustible a vehículos:* Para estimar las emisiones el factor de emisión para la carga de combustible a vehículos se aplica al combustible total servido como se indica en la siguiente ecuación: $$Ecd = FEcd \times C$$ donde: Ecd = Emisiones asociadas con la carga de combustible de los vehículos y derrames (kg/año) FEcd = Factores de emisión para la carga de combustible de los vehículos y derrames (mg/litro) C = Combustible distribuido (litro/año).
Fuente de datos:	Volumen de gasolina distribuido en la GAM (ARESEP) Factores de emisión tomados AP-42 (1995): Pérdidas en tránsito:

	Camiones con carga: 0,00000005 ton/m^3 Camiones sin carga: 0,000000065 ton/m^3 Descarga de pipas en estaciones de servicio: 0,0010468 ton/m^3 Respiración del tanque subterráneo: 0,00012 ton/m^3 Recarga de combustibles en automóviles: 0,001079 ton/m^3 Derrame de combustibles en la recarga: 0,00008 ton/m^3

La emisión por pérdidas en tránsito incluye el recorrido de la terminal a la estación de servicio y viceversa (con o sin carga). La cantidad emisiones depende del grado de venteo que se presente en tránsito, de la hermeticidad del tanque, el ajuste de presión a la válvula de alivio, la presión del tanque al inicio del recorrido, la presión de vapor del combustible transportado y del grado de saturación de vapor del combustible en el espacio vapor del tanque. La estimación de emisiones se realiza con la siguiente ecuación:

$EE1 = \Sigma([FEtc,i,c + FEtv,i,c] * CVi)$

Donde:

EE1= Emisión de COT en la etapa E1 [ton/año]

FEtc,i,c= Factor de emisión por pérdida en tránsito con producto a la estación de servicio (i) en condiciones de tránsito (c) [$5x10^{-8}$ ton/m^3]

FEtv,i,c= Factor de emisión de pérdida en tránsito sin producto a la estación de servicio (i) en condiciones de tránsito (c) [$6,5x10^{-8}$ ton/m^3]

CVi= Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio (i) [m^3/año],

n= Numero de estación de servicio (i)

TABLA A2.4.1. EMISIONES GENERADAS POR PÉRDIDAS EN TRÁNSITO DURANTE LA VENTA Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES, AÑO 2007.

Cantón	Número de estaciones de expendio	Vol de gasolina vendido en 2007 /m^3	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	34	127170	0,01462	0,01462
Escazú	4	20374	0,00234	0,00234
Desamparados	6	22260	0,00256	0,00256
Goicoechea	8	31249	0,00359	0,00359
Santa Ana	5	12949	0,00149	0,00149
Alajuelita	1	2006	0,00023	0,00023
Vásquez de Coronado	2	11572	0,00133	0,00133
Tibás	6	11288	0,00130	0,00130
Moravia	3	11837	0,00136	0,00136
Montes de Oca	4	17879	0,00206	0,00206
Curridabat	5	20089	0,00231	0,00231
Aserrí	2	2934	0,00034	0,00034
Mora	2	5041	0,00058	0,00058
Alajuela	17	50722	0,00583	0,00583
Grecia	7	15417	0,00177	0,00177
Atenas	2	5494	0,00063	0,00063

Poás	2	504	0,00006	0,00006
Cartago	10	42038	0,00483	0,00483
Paraíso	4	7556	0,00087	0,00087
La Unión	3	16700	0,00192	0,00192
Oreamuno	3	7159	0,00082	0,00082
El Guarco	2	7677	0,00088	0,00088
Heredia	8	30883	0,00355	0,00355
Santo Domingo	3	10482	0,00121	0,00121
Barva	1	5799	0,00067	0,00067
Santa Bárbara	1	3435	0,00040	0,00040
San Rafael	1	5352	0,00062	0,00062
San Pablo	1	5219	0,00060	0,00060
Belén	2	4997	0,00057	0,00057
Flores	1	3515	0,00040	0,00040
San Isidro	1	2224	0,00026	0,00026
Total	151	**521820**	**0,06001**	**0,06001**

Ejemplo de cálculo:

Emisiones de GOT San José = (127 170 m^3)((0,00000005 + 0,000000065)) $tonm^{-3}$ = 0,0146 ton

Estimación de emisiones por la descarga de pipas a estaciones de servicio:

La emisión de COT se calculó con la siguiente ecuación:

$EE2 = \Sigma FEdp*CVi$

Donde:

EE2= Emisión de COT en la etapa E2 [ton/año]

FEdp= Factor de emisión por descarga de pipas a la estación de servicio (i) [1.0468x10^{-3} ton/m^3]

CVi= Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio (i) [m^3/año]

TABLA A2.4.2. EMISIONES GENERADAS POR PÉRDIDAS EN LA DESCARGA DE PIPAS EN ESTACIONES DE SERVICIO DURANTE LA VENTA Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES, AÑO 2007.

Cantón	Número de estaciones de expendio	Vol de gasolina vendido en 2007 /m^3	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	34	127170	133,12	133,12
Escazú	4	20374	21,33	21,33
Desamparados	6	22260	23,30	23,30
Goicoechea	8	31249	32,71	32,71
Santa Ana	5	12949	13,56	13,56
Alajuelita	1	2006	2,10	2,10
Vásquez de Coronado	2	11572	12,11	12,11
Tibás	6	11288	11,82	11,82
Moravia	3	11837	12,39	12,39
Montes de Oca	4	17879	18,72	18,72
Curridabat	5	20089	21,03	21,03
Aserrí	2	2934	3,07	3,07
Mora	2	5041	5,28	5,28

Alajuela	17	50722	53,10	53,10
Grecia	7	15417	16,14	16,14
Atenas	2	5494	5,75	5,75
Poás	2	504	0,53	0,53
Cartago	10	42038	44,01	44,01
Paraíso	4	7556	7,91	7,91
La Unión	3	16700	17,48	17,48
Oreamuno	3	7159	7,49	7,49
El Guarco	2	7677	8,04	8,04
Heredia	8	30883	32,33	32,33
Santo Domingo	3	10482	10,97	10,97
Barva	1	5799	6,07	6,07
Santa Bárbara	1	3435	3,60	3,60
San Rafael	1	5352	5,60	5,60
San Pablo	1	5219	5,46	5,46
Belén	2	4997	5,23	5,23
Flores	1	3515	3,68	3,68
San Isidro	1	2224	2,33	2,33
Total	151	**521820**	**546,24**	**546,24**

Ejemplo de cálculo:

Emisiones de GOT San José = (127170 m^3)(0,0010468) $tonm^{-3}$ = 133,12 ton

Estimación de emisiones por respiración de tanques subterráneos:

La cantidad de emisión depende principalmente de la evaporación y los cambios en la presión barométrica, la frecuencia de extracción de gasolina del tanque también puede afectar las emisiones debido a que el aire fresco que entra incrementar la tasa de evaporación. La emisión de GOT se calculó con la siguiente ecuación:

$EE3 = \Sigma CVi * FEr * (1-(Fc/100))$

Donde:

EE3= Emisión de COT en la etapa E3 [ton/año]

CVi= Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio (i) [m^3/año]

FEr= Factor de emisión de pérdida por respiración del tanque [$1,2 \times 10^{-4}$ ton/m^3]

FC= Factor de corrección referido a la eficiencia del sistema de recuperación de vapores

n= Numero de estación de servicio (i)

TABLA A2.4.3. EMISIONES GENERADAS POR RESPIRACIÓN DE TANQUES SUBTERRÁNEOS EN ESTACIONES DE SERVICIO DURANTE LA VENTA Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES, AÑO 2007.

Cantón	Número de estaciones de expendio	Vol de gasolina vendido en 2007 /m^3	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	34	127170	15,26	15,26
Escazú	4	20374	2,44	2,44

Desamparados	6	22260	2,67	2,67
Goicoechea	8	31249	3,75	3,75
Santa Ana	5	12949	1,55	1,55
Alajuelita	1	2006	0,24	0,24
Vásquez de Coronado	2	11572	1,39	1,39
Tibás	6	11288	1,35	1,35
Moravia	3	11837	1,42	1,42
Montes de Oca	4	17879	2,15	2,15
Curridabat	5	20089	2,41	2,41
Aserrí	2	2934	0,35	0,35
Mora	2	5041	0,60	0,60
Alajuela	17	50722	6,09	6,09
Grecia	7	15417	1,85	1,85
Atenas	2	5494	0,66	0,66
Poás	2	504	0,06	0,06
Cartago	10	42038	5,04	5,04
Paraíso	4	7556	0,91	0,91
La Unión	3	16700	2,00	2,00
Oreamuno	3	7159	0,86	0,86
El Guarco	2	7677	0,92	0,92
Heredia	8	30883	3,71	3,71
Santo Domingo	3	10482	1,26	1,26
Barva	1	5799	0,70	0,70

Santa Bárbara	1	3435	0,41	0,41
San Rafael	1	5352	0,64	0,64
San Pablo	1	5219	0,63	0,63
Belén	2	4997	0,60	0,60
Flores	1	3515	0,42	0,42
San Isidro	1	2224	0,27	0,27
Total	151	**521820**	**62,62**	**62,62**

Estimación de emisiones por recarga de gasolina en vehículos:

Durante la recarga de gasolina en vehículos se producen emisiones por desplazamiento y la cantidad de vapores depende de la temperatura de la gasolina, la temperatura del tanque del automóvil, de la presión de vapor Reid de la gasolina y de la cantidad de gasolina vendida. La emisión de COT se calculó con la siguiente ecuación:

$EE3 = \Sigma CVi * FEcg$

Donde:

EE4= Emisión de COT en la etapa [ton/año]

CVi= Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio (i) [m^3/año]

FEcg= Factor de emisión de pérdida por recarga en vehículos [$1,079x10^{-3}$ ton/m^3]

TABLA A2.4.4. EMISIONES GENERADAS POR RECARGA DE GASOLINA EN VEHÍCULOS EN ESTACIONES DE SERVICIO DURANTE LA VENTA Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES, AÑO 2007.

Cantón	Número de estaciones de expendio	Vol de gasolina vendido en 2007 /m³	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	34	127170	137,22	137,22
Escazú	4	20374	21,98	21,98
Desamparados	6	22260	24,02	24,02
Goicoechea	8	31249	33,72	33,72
Santa Ana	5	12949	13,97	13,97
Alajuelita	1	2006	2,16	2,16
Vásquez de Coronado	2	11572	12,49	12,49
Tibás	6	11288	12,18	12,18
Moravia	3	11837	12,77	12,77
Montes de Oca	4	17879	19,29	19,29
Curridabat	5	20089	21,68	21,68
Aserrí	2	2934	3,17	3,17
Mora	2	5041	5,44	5,44
Alajuela	17	50722	54,73	54,73
Grecia	7	15417	16,63	16,63
Atenas	2	5494	5,93	5,93
Poás	2	504	0,54	0,54
Cartago	10	42038	45,36	45,36

Paraíso	4	7556	8,15	8,15
La Unión	3	16700	18,02	18,02
Oreamuno	3	7159	7,72	7,72
El Guarco	2	7677	8,28	8,28
Heredia	8	30883	33,32	33,32
Santo Domingo	3	10482	11,31	11,31
Barva	1	5799	6,26	6,26
Santa Bárbara	1	3435	3,71	3,71
San Rafael	1	5352	5,77	5,77
San Pablo	1	5219	5,63	5,63
Belén	2	4997	5,39	5,39
Flores	1	3515	3,79	3,79
San Isidro	1	2224	2,40	2,40
Total	151	**521820**	**563,04**	**563,04**

Estimación de emisiones por derrames de combustible en la recarga

La emisión de GOT en esta etapa depende de las características comerciales de la estación de servicio, de la configuración del tanque y especialmente de la técnica del operador por recarga de combustible. La emisión de COT se calculó con la siguiente ecuación:

EE3= ΣCVi*FEd

Donde:

EE5= Emisión de COT en la etapa [ton/año]

CVi= Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio (i) [m^3/año]

FEd= Factor de emisión por derrames [$8x10^{-5}$ ton/m^3]

TABLA A2.4.5. EMISIONES GENERADAS POR DERRAMES DE COMBUSTIBLE EN LA RECARGA EN ESTACIONES DE SERVICIO DURANTE LA VENTA Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES, AÑO 2007.

Cantón	Número de estaciones de expendio	Vol de gasolina vendido en 2007 /m^3	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	34	127170	10,17	10,17
Escazú	4	20374	1,63	1,63
Desamparados	6	22260	1,78	1,78
Goicoechea	8	31249	2,50	2,50
Santa Ana	5	12949	1,04	1,04
Alajuelita	1	2006	0,16	0,16
Vásquez de Coronado	2	11572	0,93	0,93
Tibás	6	11288	0,90	0,90
Moravia	3	11837	0,95	0,95
Montes de Oca	4	17879	1,43	1,43
Curridabat	5	20089	1,61	1,61
Aserrí	2	2934	0,23	0,23
Mora	2	5041	0,40	0,40
Alajuela	17	50722	4,06	4,06
Grecia	7	15417	1,23	1,23

Atenas	2	5494	0,44	0,44
Poás	2	504	0,04	0,04
Cartago	10	42038	3,36	3,36
Paraíso	4	7556	0,60	0,60
La Unión	3	16700	1,34	1,34
Oreamuno	3	7159	0,57	0,57
El Guarco	2	7677	0,61	0,61
Heredia	8	30883	2,47	2,47
Santo Domingo	3	10482	0,84	0,84
Barva	1	5799	0,46	0,46
Santa Bárbara	1	3435	0,27	0,27
San Rafael	1	5352	0,43	0,43
San Pablo	1	5219	0,42	0,42
Belén	2	4997	0,40	0,40
Flores	1	3515	0,28	0,28
San Isidro	1	2224	0,18	0,18
Total	151	**521820**	**41,75**	**41,75**

El factor de emisión de COT en la etapa de descarga de pipas, se estimo con relación a las características de la gasolina distribuida en el área metropolitana y se calculó con la siguiente ecuación modificada:

$FEdp=0.001493(S*P*M/T)= 0.0010468$ [ton/m^3]

Donde:

FEdp= factor de emisión por descarga de las pipas durante la carga de combustible [ton/m^3]

S= Factor de saturación

P= Presión de vapor verdadera del líquido RVP

M= Peso molecular de los vapores [68lb/lb-mol]

T= Temperatura del líquido en la descarga, equivalente a temperatura ambiente

0.001493= Factor de conversión de [lb/1,000 gal] a [ton/m^3]

El factor de emisión de GOT en la recarga de combustible en vehículos, se ajusto a las características de la gasolina distribuida en el área metropolitana y se calculó con la siguiente ecuación modificada:

$FEcg=264.2*[(-5.9099)-(0.0949*\Delta T))+(0.0884*Ts)+(0.485*PVR)]=1,709[mg/l]$

Donde:

FEcg= Factor de emisión no controlada de COT para recarga de combustible [mg/l]

ΔT= Gradiente de temperatura del tanque del vehículo y del combustible despachado

Ts= Temperatura del combustible despachado (temperatura ambiente promedio)

PVR= Presión de Vapor de Reid

Nombre de Fuente:	Carga de combustible en aeronaves
Código de Fuente:	22-75-900-000
Descripción:	El gas avión y la turbosina son los tipos más comunes de combustibles para avión. Las emisiones ocurren si el aire cargado de vapor en un tanque parcialmente vacío es desplazado hacia la atmósfera cuando se recarga el tanque. La cantidad de vapor desplazado depende de la temperatura y presión de vapor del combustible, de la temperatura del tanque de combustible del avión y de la tasa a la que se carga el combustible. Es probable que la aviación comercial y la general no contribuyan con suficientes emisiones como para que se les trate como fuentes puntuales. Sus emisiones por carga de combustible muestran variaciones regionales, estacionales y temporales que son determinadas por la concentración del tránsito aéreo en los aeropuertos del área de estudio (que se localizan por lo general cerca de las áreas urbanas), por los horarios diarios de las aerolíneas y por las temporadas de viajes.
Contaminantes:	GOT Se estima que las emisiones de GOR constituyen el 100% de los GOT dado que se supone que las fracciones de metano y de etano son despreciables.
Metodología:	Para estimar las emisiones producidas en la carga de combustible en aviones se aplica el factor de emisión del avión al total de combustible para aviones distribuido como se indica en la siguiente ecuación:

	$$Ea = FEa \times Ca$$ donde: Ea = Emisiones totales producidas en la carga de combustible en aviones (mg/año); FEa = Factor de emisión para la carga de combustible en aviones (mg/litro) Ca = Combustible para aviones distribuido en las áreas de inventario (litro/año). Se pueden calcular los factores de emisión usando la siguiente ecuación (AP-42, 1995): $$FEa = 12.46 \times \frac{SP(PM)}{T}$$ donde: FEa= Factor de emisión en libras de GOT por 1,000 galones de combustible usado; S = Factor de saturación de 1.45; P = Presión de vapor verdadera del combustible en psia; PM = Peso molecular de los vapores en lb/lb mol y T = Temperatura de la masa del líquido cargado °R.

Fuente de datos:	Volumen de combustible para aviones distribuido en la GAM (RECOPE) Factores de emisión tomados AP-42

La emisión de hidrocarburos ocurre cuando se recarga el tanque de la aeronave, la cantidad de vapor desplazado depende de la presión de vapor del combustible, la temperatura del tanque y se calculó con la siguiente ecuación:

ECOT,i= (FECOT,i*Ci)/2,202.6= [ton/año]

Donde:

ECOT,i = Emisión de GOT por recarga del combustible (i)

FECOT,i= Factor de emisión de GOT por recarga del combustible (i) [lb/1,000 gal]

Ci= Cantidad de combustible (i) en la recarga [1,000 gal],

El factor de emisión se ajusto a las características del combustible con la siguiente expresión:

FECOT,i= 12.48*(S*P*PM/T)= [lb/1,000 gal]

Donde:

FECOT,i= Factor de emisión de COT por recarga del combustible (i) [lb/1,000 gal]

S= Factor de saturación [1.45]

P= Presión de vapor verdadera del combustible (i) a temperatura ambiente

PM= peso molecular de los vapores del combustible (i) [lb/lb-mol]

T= Temperatura de la masa del combustible (i) a temperatura ambiente

TABLA A2.4.6. PROPIEDADES Y FACTOR DE EMISIÓN DEL COMBUSTIBLE AV-GAS

Combustible	Factor de saturación	Presión de Vapor Reid (kPa)	PM (lb/lb-mol)	T (°R)	Factor de emisión (lb GOT/1000 gal)
AV-GAS	1,45	46,6	65,3	537,5	14,66

TABLA A2.4.7. CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIÓN GENERADA EN LA RECARGA DE AERONAVES

Consumo (1000 gal/año)	Emisión de GOT (ton/año)	Emisión de GOR (ton/año)
564,8	3,76	3,76

Nombre de Fuente:	Distribución de gas licuado de petróleo
Código de Fuente:	25-05-000-210
Descripción:	Además de las emisiones de la combustión del gas LP, las emisiones debidas a fugas o a evaporación de los sistemas de almacenamiento y distribución representan una importante fuente de contaminación que debe ser considerada cuando se desarrolla un inventario de emisiones de área. Si bien una parte del gas LP es usado por los sectores industriales, comerciales y de servicios, en Costa Rica el gas LP se usa sobre todo a nivel doméstico, para cocinar. Esta categoría de fuente se refiere a las emisiones generadas en toda la distribución de gas LP.
Contaminantes:	GOT Las emisiones de GOR constituyen el 98.4% de los GOT (PEMEX, 1996).
Metodología:	La forma esperada del cálculo de emisiones es: Emisiones de GOT = (volumen de gas LP usado) $\times$ (densidad del gas LP) $\times$ (FE [expresado como % de fugas])
Fuente de datos:	Uso total de gas en el área de estudio (MINAET)

La importancia de contabilizar la emisión de este hidrocarburo, radica en la alta tasa de crecimiento del consumo de este combustible en el área metropolitana del país. Las emisiones fugitivas en terminales de almacenamiento y distribución se generan durante el almacenamiento, descarga-recarga de auto-tanques y recarga de

recipientes portátiles. La estimación de emisiones de COT se realiza con la siguiente ecuación:

$EGOT,j = FEGOT,j * FAj$

Donde:

ECOT,j= Emisión de COT asociada a la actividad (j) [kg/año]

FECOT,j= Factor de emisión de COT asociado a la actividad (j)

FA= Factor de actividad (j)

Los factores de emisión fueron obtenidos de la memoria técnica Efecto de los componentes del Gas Licuado de Petróleo en la Acumulación de Ozono en la Atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de México y son reportados en la tabla A2.4.8.

TABLA A2.4.8. FACTORES DE EMISION EN ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE GLP

Categoría	Actividad	Factor de emisión GOT	Unidades
Almacenamiento masivo de GLP en terminales	Almacenamiento	0,179	kg/ton
	Carga de auto-tanque	0,471	
	Descarga de semirremolques	0,179	
	Llenado de recipientes portátiles	0,563	
Distribución de GLP	Estaciones de servicio	8,356	
	Tanques estacionarios	0,474	

Se asume que las emisiones de GOR representan el 98,4% de GOT y debido a que no se emiten aldehídos la emisión de hidrocarburos totales es igual a la emisión de GOT.

Los indicadores de actividad que se presentan en la tabla A2.4.9 se obtuvieron con las siguientes consideraciones:

-*Almacenamiento:* Volumen de GLP suministrado a cada una de las plantas de almacenamiento y distribución, equivalente a la descarga por semirremolque.

-*Carga de auto-tanques:* Volumen de GLP suministrado a tanques estacionarios del sector industrial, comercial, auto-transporte y residencial, equivalente a la recarga de auto-tanques por planta de almacenamiento y distribución.

-*Descarga de semirremolques:* Se considera que la distribución total de GLP en el área metropolitana se realizó por semirremolques.

-*Llenado de recipiente portátil:* Considera el 96% del suministro de gas en la región según datos de la Dirección Sectorial Energía (cantidad de tanques de 25 lb).

-*Estaciones de carburación:* Es la cantidad de GLP suministrado al sector auto-transporte.

-*Tanques estacionarios:* Cantidad de gas suministrado a tanques estacionarios (mayores a 40 lb) y es el 4% del suministro de gas en la región.

TABLA A2.4.9. INDICADORES DE ACTIVIDAD PARA ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE GLP.

Categoría	Actividad	Área Metropolitana de Costa Rica	Unidades
Almacenamiento masivo de GLP en terminales	Almacenamiento	105 054	ton/año
	Carga de auto-tanque	2212	
	Descarga de semirremolques	105 054	
	Llenado de recipientes portátiles	53092	
Distribución de GLP	Estaciones de servicio	4814	
	Tanques estacionarios	2212	

La siguiente tabla muestra las emisiones obtenidas por actividad:

TABLA A2.4.10. EMISIONES OBTENIDAS POR LA DISTRIBUCIÓN DE GLP.

Categoría	Actividad	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
Almacenamiento masivo de GLP en terminales	Almacenamiento	18,80	18,50
	Carga de auto-tanque	1,04	1,03
	Descarga de semirremolques	18,80	18,50
	Llenado de recipientes portátiles	29,89	29,41
Distribución de GLP	Estaciones de servicio	21,65	21,30
	Tanques estacionarios	1,05	1,03

APARTADO 5

FUENTES INDUSTRIALES LIGERAS Y COMERCIALES

Nombre de Fuente:	Panaderías
Código de Fuente:	23-02-050-00
Descripción:	La fermentación de la levadura en las panaderías produce emisiones de hidrocarburos. Otras emisiones de las panaderías que se deben a la combustión no se cubren en esta sección y se deben calcular como parte de la categoría de uso comercial de combustibles. Las panaderías que producen artículos horneados que no son leudados no generan ningunos gases orgánicos provenientes de la fermentación de levaduras.
Contaminantes:	GOT Las emisiones de GOR constituyen el 100% del GOT
Metodología:	Emisiones Anual GOT = (Población) x (Factor de Emisión)
Fuente de datos:	Población del Área Metropolitana: INEC Consumo de pan por habitante: 24,8 Kg/hab año (Ministerio de Salud, 2001) Factor de emisión de GOT: 5 kg/ Mg de pan (EIIP, 1999)

EJEMPLO DE CÁLCULO:

Estimación de las emisiones anuales totales de panificadoras del cantón central de San José:

Población de San José = 340 192 habitantes

Consumo anual de pan en San José = 340 192 × 25 kg/persona-año = 8 504 800 kg = 8 504, 8 Mg de pan

Factor de emisión de GOT = 5 kg GOT/Mg de pan horneado

Emisiones anuales de GOT = 8 504,8 Mg de pan × 5 kg GOT/Mg de pan horneado = 42 524 kg = 42,52 Mg

TABLA A2.5.1. EMISIONES GENERADAS POR USO DE SERVICIOS DE PANADERÍAS

Cantón	Población	Emisiones de GOT ton/año	Emisiones de GOR ton/año
San José	340 192	42,52	42,52
Escazú	59 374	7,42	7,42
Desamparados	259 694	32,46	32,46
Goicoechea	129 160	16,15	16,15
Santa Ana	41 690	5,21	5,21
Alajuelita	107 603	13,45	13,45
Vásquez de Coronado	74 597	9,32	9,32
Tibás	64 953	8,12	8,12
Moravia	54 250	6,78	6,78
Montes de Oca	54 027	6,75	6,75

Curridabat	70 170	8,77	8,77
Aserrí	269 272	6,79	6,79
Mora	83 576	3,24	3,24
Alajuela	78 312	33,66	33,66
Grecia	25 457	9,79	9,79
Atenas	36 127	3,18	3,18
Poás	43 810	3,73	3,73
Cartago	29 847	18,78	18,78
Paraíso	17 982	8,14	8,14
La Unión	13 739	12,37	12,37
Oreamuno	150 241	5,48	5,48
El Guarco	65 087	4,68	4,68
Heredia	98 975	15,67	15,67
Santo Domingo	13 542	4,65	4,65
Barva	43 807	4,71	4,71
Santa Bárbara	37 455	4,19	4,19
San Rafael	125 356	5,28	5,28
San Pablo	37 228	2,91	2,91
Belén	37 672	2,85	2,85
Flores	33 508	2,14	2,14
San Isidro	20 419	2,55	2,55
Total	**2 493 940**	**311,74**	**311,74**

Nombre de Fuente:	Esterilización en hospitales
Código de Fuente:	23-02-050-00
Descripción:	Se toma en cuenta las emisiones generadas en los múltiples procesos de esterilización aplicados en centros médicos públicos y privados en el área metropolitana
Contaminantes:	GOT
Metodología:	La emisión de COT por esterilización en hospitales fue estimada con factor de emisión en función al número de camas, con la siguiente ecuación: $E_{COT,j} = (FE_{COT,j} * FA_j)/1000$ Donde: $E_{COT,j}$= Emisión de COT asociada a la unidad medica (j) [ton/año] $FE_{COT,j}$= Factor de emisión de COT asociado al número de camas de la unidad medica (j) [kg/cama/año], tabla A1.8.2 FA_j= Numero de camas en la unidad medica (j) [cama/año], tabla A1.8.3 1000= Factor de conversión de [kg] a [ton]
Fuente de datos:	Factor de emisión asociado a la unidad médica (Procedures for Estimating and Allocating Area Source missions of Air Toxics. EPA Contract No. 68-02-4254 Work Assignment No.105) Número de camas por unidad médica (CCSS)

TABLA A2.5.2. FACTORES DE EMISIÓN PARA ESTERILIZACIÓN EN HOSPITALES

Rango	Factor de emisión kg/cama x año
200 < X < 500	0,590
X < 200	0,770
X > 500	0,820

X: número de camas existentes en los hospitales

TABLA A2.5.3. EMISIONES GENERADAS POR LOS PROCESOS DE ESTERILIZACIÓN EN HOSPITALES.

Número de camas reportadas por CCSS	Porcentaje de ocupación para el 2007	Emisiones de GOT Ton/año	Emisiones de GOR ton/año
3209	83,8	1,58	1,58

Según datos de la Caja Costarricense de Seguro Social, los hospitales y clínicas ubicadas en el área metropolitana cuentan con 3209 camas, las cuales para el año de estudio presentaron un porcentaje de ocupación de 83,8%.

A partir de la información anterior, se estimaron las emisiones de GOT de la siguiente forma:

Emisiones GOT = (3209 x 0,838 x 0,590) /1000 = 1,58 ton / año

Debido a que la composición de los solventes utilizados no cuenta con metano, las emisiones de HNM y HCT son iguales a la emisión de GOT, igual a la emisión de GOR.

Nombre de Fuente:	Actividades de construcción
Código de Fuente:	23-11-000-00
Descripción:	La construcción de edificios, caminos y otras actividades relacionadas son una fuente potencialmente importante de emisiones de partículas fugitivas. Estas emisiones pueden generarse por una gran variedad de actividades incluyendo el desmonte, el barrenado y dinamitado, la excavación y el movimiento de tierra y la construcción del edificio en sí. Las emisiones debidas a las actividades de construcción varían en cada sitio debido a los diferentes niveles de actividad, de operaciones y a las condiciones meteorológicas. Esta sección se enfoca solamente en las emisiones fugitivas de partículas generadas por las actividades de construcción.
Contaminantes:	Partículas PM_{10}
Metodología:	Emisiones = Área x Tiempo x FE donde: Emisiones = Emisiones totales anuales de polvo fugitivo (PM_{10}); Área = Área total del sitio específico de construcción; Tiempo = Duración total de las actividades de construcción FE = Factor de emisión de polvo fugitivo (PM_{10}).
Fuente de datos:	Área total de construcción (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos). FACTORES DE EMISIÓN:

	• PM_{10} – 0,25 Mg/hectárea-mes (MRI, 1996) NOTAS Y SUPUESTOS: • Las $PM_{2.5}$ representan 0.20785 de las PM_{10} (ARB, 2002). • La duración promedio de la construcción se supuso de 2,5 meses.

TABLA A2.5.4. EMISIONES GENERADAS POR LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN

Cantón	Metros cuadrados construidos durante 2007	Emisiones de partículas PM10 ton/año	Emisiones de partículas PM 2.5 ton/año
San José	426978	26,69	5,55
Escazú	401250	25,08	5,21
Desamparados	149880	9,37	1,95
Goicoechea	154300	9,64	2,00
Santa Ana	290843	18,18	3,78
Alajuelita	19983	1,25	0,26
Vásquez de Coronado	36979	2,31	0,48
Tibás	31757	1,98	0,41
Moravia	58760	3,67	0,76
Montes de Oca	66231	4,14	0,86
Curridabat	117979	7,37	1,53
Aserrí	13525	0,85	0,18

Mora	57083	3,57	0,74
Alajuela	586819	36,68	7,62
Grecia	92147	5,76	1,20
Atenas	47211	2,95	0,61
Poás	17456	1,09	0,23
Cartago	249354	15,58	3,24
Paraíso	37654	2,35	0,49
La Unión	249354	15,58	3,24
Oreamuno	25793	1,61	0,34
El Guarco	44421	2,78	0,58
Heredia	456134	28,51	5,93
Santo Domingo	72668	4,54	0,94
Barva	60637	3,79	0,79
Santa Bárbara	18671	1,17	0,24
San Rafael	71204	4,45	0,92
San Pablo	68048	4,25	0,88
Belén	69457	4,34	0,90
Flores	63779	3,99	0,83
San Isidro	18968	1,19	0,25
Total	**4075323**	**254,71**	**52,94**

APARTADO 6 ACTIVIDADES AGRÍCOLAS

Nombre de Fuente:	Plaguicidas
Código de Fuente:	24-61-850-00
Descripción:	La mayor parte de las emisiones al aire provenientes del uso de plaguicidas ocurren sobre todo debido a la naturaleza volátil de los ingredientes activos, los solventes acarreadores y otros productos químicos en las formulaciones. La volatilización de los plaguicidas puede ocurrir tanto durante la aplicación como algún tiempo después.
Contaminantes:	GOT Las emisiones de GOR constituyen el 100% del GOT
Metodología:	Para plaguicidas orgánicos sintéticos: Emisionesi = (Usoi x % activoi x FEi) + (Usoi x % inertei x %Vi) donde: Emisionesi = Emisiones totales anuales de GOT del plaguicida i, Usoi = Uso anual total del plaguicida i; % activoi = Porciento de ingredientes activos en el plaguicida i; FEi = Factor de emisión de ingredientes activos en el plaguicida i;

	% inertei = Porciento de ingredientes inertes en el plaguicida i (100% - % activoi) y %Vi = Contenido volátil de la fracción inerte del plaguicida i. El factor de emisión usado en la ecuación anterior depende de la presión de vapor de los ingredientes activos específicos y del método de aplicación del plaguicida (ver tabla A2.6.1)
Fuente de datos:	Uso anual de plaguicidas por ingrediente activo (IRET-UNA) Método de aplicación de los plaguicidas: (MAG) Presiones de vapor de los ingredientes activos (USEPA AP42 Tabla 9.2.2-1) Tipo de formulación (emulsión, solución, etc): Casas comerciales, etiquetas de productos

Tabla A2.6.1. Factores de emisión sin control para los ingredientes activos de los plaguicidas

Tipo de aplicación	Intervalo de presión de vapor (mm de Hg a 20°C)	Factor de emisión (kg/Mg)
Aplicación Superficial	1×10^{-4} a 1×10^{-6}	350
	$> 1 \times 10^{-4}$	580
Incorporación al suelo	$< 1 \times 10^{-6}$	2,7
	1×10^{-4} a 1×10^{-6}	21
	$> 1 \times 10^{-4}$	52

Tabla modificada del AP-42, Tabla 9.2.2-4.

Las presiones de vapor de algunos ingredientes activos específicos se pueden encontrar en el AP-42, Tabla 9.2.2-1. Para otros ingredientes activos, se deben consultar las referencias sobre plaguicidas.

Los factores de emisión expresan como el peso equivalente de ingredientes activos volatilizados por unidad de peso de los ingredientes activos aplicados.

Tabla A2.6.2. Emisiones generadas por el uso de plaguicidas utilizados en el área de estudio

Nombre del ingrediente activo	Kg importados durante el año 2007	Presión de vapor / mm de Hg	Emisiones anuales nacionales de GOT ingredientes activos ton/año	Emisiones anuales nacionales de GOT ingredientes inertes ton/año
2,4-D	1361125,60	0,000008	3,6750	1,1433
Abamectina	242,06	1,5E-09	0,0007	0,0002
Acetamiprid	30,24	0,00017	0,0175	0,0000
Acetato	19040,00	0,0000017	0,0514	0,0160
Aldicarb	1836,00	0,00003	1,0649	0,0015
Ametrina	107567,50	0,00000084	0,2904	0,0904
Amidosulfuron	0,40	9,77E-08	0,0000	0,0000
Aminopiralid	1,60	1,87E-14	0,0000	0,0000
Amitraz	144,00	0,0000026	0,0004	0,0001
Atrazina	2083,00	0,00000029	0,0056	0,0017
Avermectina	48,00	1,5E-09	0,0001	0,0000
Azoxistrobina	2108,60	8,5E-13	0,0057	0,0018
Azufre	50760,00	1,95E-22	0,1371	0,0426
Benfuracarb	710,40	3,15E-08	0,0019	0,0006

Benomil	11100,00	1E-10	0,0300	0,0093
Bentazon	19267,20	0,00000345	0,0520	0,0162
Benzoato de emamectina	93,60	0,00000008	0,0003	0,0001
Bifentrina	1123,50	0,000042	0,0030	0,0009
Bispiribac de sodio	959,20	0,0000055	0,0026	0,0008
Bitertanol	33060,00	1,6E-12	0,0893	0,0278
Boscalid	5918,77	1,95E-10	0,0160	0,0050
brodifacouma	13,74	7,5E-09	0,0000	0,0000
Bromacil	67841,22	0,00000031	0,1832	0,0570
Bromadiolona	3,17	0,000000015	0,0000	0,0000
Bromuro de Metilo	410718,00	676,5	238,2164	0,3450
Buprofezin	500,00	0,0000094	1,3500	0,0004
Butaclor	11135,58	0,0000018	30,0661	0,0094
Cadusafos	31119,80	0,0009	18,0495	0,0261
Captan	24095,00	0,00000008	0,0651	0,0202
Carbaril	87938,56	0,0000012	0,2374	0,0739
Carbendazim	92831,65	0,000000083	0,2506	0,0780
Carbofuran	95932,80	0,0000006	0,2590	0,0806
Carbosulfan	1250,00	0,00000031	0,0034	0,0011
Carboxin	1235,00	0,00000015	0,0033	0,0010
Carfentrazone	122,40	0,000000054	0,0003	0,0001
Cialofop butil	2065,82	0,000000398	0,0056	0,0017
Cialotrina gama	66,84	7,7E-10	0,0002	0,0001

Cianamida	561,60	3E-10	0,0015	0,0005
Ciflutrina	575,25	4,2E-10	0,0016	0,0005
Ciflutrina Beta	27,00	4,2E-10	0,0001	0,0000
Cihalotrina-lambda	432,36	1,5E-09	0,0012	0,0004
Cipermetrina	31045,07	0,000000003	0,0838	0,0261
Cipermetrina Alfa	40,00	0,00000002	0,0001	0,0000
Cipermetrina Zeta	432,00	0,000000003	0,0012	0,0004
Ciproconazol	1941,60	0,00000019	0,0052	0,0016
Ciromazina	435,00	0,0000098	0,0012	0,0004
Citoquinina	805,20	3,4E-10	0,0022	0,0007
Cletodim	4392,01	0,000000075	0,0119	0,0037
Clofentezine	90,00	0,000000011	0,0002	0,0001
Clomazone	2915,03	0,000144	1,6907	0,0024
Clorfenapir	960,00	0,000000073	0,0026	0,0008
Cloroneb	1989,78	0,003	1,1541	0,0017
Cloropicrina	13356,47	18	7,7468	0,0112
Clorotalonil	286871,15	0,001	166,3853	0,2410
Clorpirifos	77567,89	0,000017	0,2094	0,0652
Cloruro mepiquat	180,00	7,5E-11	0,0005	0,0002
Clothanidin	1,28	2,1E-13	0,0000	0,0000
Coumatetralil	29,14	6,8E-11	0,0001	0,0000
Daminozide	109,65	0,000000095	0,0003	0,0001
Diazinon	134334,00	0,00006	0,3627	0,1128

Diclofluanida	1867,50	0,0075	1,0832	0,0016
Dicloropropeno	161362,88	34	93,5905	0,1355
Difenoconazol	27559,52	2,2E-10	0,0744	0,0231
Dimetoato	38345,00	0,000025	0,1035	0,0322
Disulfotón	8160,00	0,00015	4,7328	0,0069
Diuron	161257,63	0,000000069	0,4354	0,1355
Endosulfan	92286,06	0,00000017	0,2492	0,0775
Etoprofos	235889,08	0,00038	136,8157	0,1981
Fenamifos	144928,00	0,000001	0,3913	0,1217
Fosetil	226213,20	7,5E-10	0,6108	0,1900
Glifosato	1370510,72	0,000000067	3,7004	1,1512
Linuron	2960,00	0,000017	0,0080	0,0025
Malation	35422,40	0,000008	0,0956	0,0298
Mancozeb	3186606,21	0,000075	8,6038	2,6767
Metam sodio	325381,10	0,00043	188,7210	0,2733
Metamidofos	34776,00	0,0008	20,1701	0,0292
Metil paration	5085,20	0,000015	0,0137	0,0043
Metil tiofanato	26030,89	0,000000066	0,0703	0,0219
Metiocarb	849,70	0,00012	0,4928	0,0007
Metiram	47982,75	0,000000075	0,1296	0,0403
Oxifluorfen	17514,72	0,00023	54,0171	0,0782
Paraquat	359887,11	0,0000002	0,0473	0,0147
Pendimetalina	67287,53	7,5E-09	0,9717	0,3023
Permetrina	6483,91	0,0000094	0,1817	0,0565

Picloram	28812,38	0,000000013	0,0175	0,0054
Propanil	29177,36	6,4E-10	0,0778	0,0242
Propargita	294,05	0,00004	0,0788	0,0245
Propiconazol	13245,04	0,003	0,1706	0,0002
Simazina	208,00	0,0000002	0,0358	0,0111
Spiroxamina	34400,00	0,000000022	0,0006	0,0002
Terbufos	460189,35	0,000026	0,0929	0,0289
Terbutilazina	16700,00	0,00032	266,9098	0,3866
Terbutrina	52536,25	0,00000113	0,0451	0,0140
Tiodicarb	150,00	0,0000096	0,1418	0,0441
Tridemorf	734354,40	0,0000001	0,0004	0,0001
Ziram	24069,96	0,00009	1,9828	0,6169
		Total	**1256,72**	**9,30**

A las emisiones generadas a partir de los ingredientes activos de los principales plaguicidas importados en el país se le agregaron las emisiones generadas por los componentes inertes de los productos. Se supuso que el contenido de COV de los ingredientes inertes fue de 56% (concentrado en emulsión) (EIIP, 2001d).

Emisiones nacionales totales de GOT = 1256,7 + 9,30 = 1266 Mg/año

Para obtener las emisiones en el área de estudio, se hace una corrección a partir de la relación entre el área cultivada en el área metropolitana con respecto al área total de cultivos del país.

Emisiones totales de GOT= 1266 x (0,105) = 132,9 Mg/año

Nombre de Fuente:	Aplicación de Fertilizantes
Código de Fuente:	28-05-700-00
Descripción:	Los fertilizantes se utilizados de manera extensiva para añadir o reabastecer nutrientes agotados o que de alguna otra manera faltan en el suelo agrícola. Debido a la gran variedad de suelos y de cultivos se han formulado muchos tipos diferentes de fertilizantes. Después de su aplicación, los fertilizantes con base nitrógeno emiten amoníaco a la atmósfera. La cantidad de emisiones de amoníaco depende del tipo de fertilizante aplicado y por lo general se expresa como un porcentaje del contenido de nitrógeno del fertilizante.
Contaminantes:	NH_3
Metodología:	Las emisiones de amoníaco provenientes de la aplicación de fertilizantes se pueden estimar usando la siguiente ecuación: Emisionesf = Usof x%Nf x FEf donde: Emisionesf = Emisiones anuales totales de NH_3 para el fertilizante tipo f Usof = Uso anual total del fertilizante tipo f %Nf = Contenido de nitrógeno del fertilizante tipo f FEf = Factor de emisión para el fertilizante tipo f.
Fuente de datos:	Uso anual de fertilizante por tipo de producto (Servicio Fitosanitario del Estado, MAG) Contenido de nitrógeno por tipo de fertilizante (Servicio Fitosanitario del Estado, MAG)

	Factores de emisión por tipo de fertilizante (Battye et al., 1994)

Tabla A2.6.3. Factores de emisión de amoníaco para distintas categorías de fertilizantes

Tipo de fertilizante	Factor de Emisión kg de NH_3/Mg de N total
Amoníaco Anhidro	12
Amoníaco Acuoso	12
Soluciones de Nitrógeno	30
Urea	187
Nitrato de amonio	25
Sulfato de amonio	97
Tiosulfato de amonio	30
Otro nitrógeno directo	30
Fosfatos de amonio	48
N-P-K	48

Tabla A.2.6.4. Emisiones generadas por la aplicación de fertilizantes durante el año 2007

Nombre del producto	Porcentaje de Nitrógeno	Cantidad importada / kg	Emisiones nacionales de NH_3 ton/año
Fosfato monoamónico	12	20 000	0,12
Cafesa Fosfato diamónico	18	1 500 000	12,96
Barco Vikingo Urea Granular	42	46 727	3,67
Cafesa Urea 46%	46	6 087 258	523,63
Fosfato diamónico	20	60 000	0,58
Pelicano 46-0-0	46	3 000 000	41,40
Pelicano 16-0-0	16	2 198 271	10,55
Fertica Sulfato de amonio	21	6 200 452,8	26,30
Fertica Sulfato diamónico	18	8 675 000	51,47
Albatros NH_4NO_3 perlado	33,5	5 208 691	43,62
Fertica Urea	46	6 662 780	573,13
Urea Fosfatada	35	42 000	2,75
Transmerquin fosfato monoamónico	12	100 920	0,58
Nitrofoska azul	12	642 000	2,31
Fertica Nitrato de Amonio	33,5	1 401 2481	17,35

Nitrato de amonio	23	147 000	0,85
Yara Fosfato monoamónico	12	100 000	0,58
		Total	1612

Para obtener las emisiones en el área de estudio, se hace una corrección a partir de la relación entre el área cultivada en el área metropolitana con respecto al área total de cultivos del país.

Emisiones totales de NH_3= 1612 x (0,105) = 169,26 Mg/año

Nombre de Fuente:	Desechos de animales
Código de Fuente:	28-05-020-00
Descripción:	El ganado y otros animales domésticos de granja son una fuente importante de emisiones de amoníaco. En algunos lugares constituyen la fuente única mas grande de emisiones de amoníaco. Estas emisiones resultan de la conversión del nitrógeno excretado en amoniaco y su subsecuente volatilización. Se piensa que el nitrógeno contenido en la orina del ganado se convierte fácilmente en amoníaco y se emite como tal. En cambio, las emisiones de amoníaco del estiércol por lo general requieren considerable descomposición.
Contaminantes:	NH_3
Metodología:	Las emisiones de amoníaco del ganado y de otros animales domésticos de granja se pueden estimar usando la siguiente ecuación: $Emisiones_a = Población_a \times FEa \times TRa$ donde: Emisionesa = Emisiones anuales totales de NH_3 para el animal tipo a; Poblacióna = Población total del animal tipo a; FEa = Factor de emisión de NH_3 para el animal tipo a y TRa = Tiempo de residencia del ganado para el animal tipo a como una fracción de un año.

Fuente de datos:	Población estimada de animales (Cámara de avicultores, Cámara de porcicultores, etc) Supuestos: Las estadísticas ganaderas son representativas de la cantidad de ganado en todo el año. Los factores de emisión se elaboraron con base en sistemas de manejo de estiércol (manure Management train, MMT) específicos de EU, combinados con factores de distribución específica de los MMT para México (EPA, 1992; EPA, 2004). • La población avícola se supuso 22% de ponedoras y 78% para producción de carne (EPA, 2004).

Tabla A2.6.5. Emisiones generadas por los desechos de los animales

Tipo de animal	Población	Factor de emisión Kg/cabeza-año	Emisiones nacionales de NH_3 ton/año
Ganado de engorde	880763	4,37	3848,9
Ganado de leche	173443	21,30	3694,3
Cerdos	665860	4,05	2696,7
Aves productoras	891438	0,25	222,9
Aves ponedoras	2586303	0,19	491,4

Los datos de ganado de engorde y leche se obtuvieron por estimación a partir del dato del último censo nacional de ganado realizado en el año 2000.

La información del sector avícola se obtuvo por estimación a partir de los datos del año 2005.

Las emisiones correspondientes al área de estudio se calcularon mediante un factor de corrección de los datos nacionales, utilizando un estimado de la distribución regional de ganado bovino generado en el censo anteriormente mencionado.

Emisiones de NH_3 GAM= 10954,3 x (150452 cabezas en la GAM)

(1 358 209 cabezas en el país)

Emisiones de NH_3 GAM= 1213,4 ton/año

Nombre de Fuente:	Labranza Agrícola
Código de Fuente:	28-01-000-03
Descripción:	El polvo fugitivo de las operaciones agrícolas puede contribuir de manera significativa a las emisiones de PM_{10} en algunas áreas rurales. Por lo general las operaciones agrícolas se dividen en tres clasificaciones: preparación del suelo, mantenimiento del suelo y cosecha. La categoría de labranza agrícola se enfoca principalmente en la preparación del suelo. Ésta incluye operaciones tales como: arado, gradado, nivelado y cortado.
Contaminantes:	PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Para estimar la emisiones de la labranza agrícola se usa la siguiente ecuación derivada del AP-42 y del manual de la Air Resources Board: *Emission Inventory Procedural Manual* (ARB, 1995):

	$Emisiones_c$ = Áreac x FEc x HPc donde: $Emisiones_c$ = Emisiones anuales de PM10 para el cultivo tipo c; FEc = Factor de emisión para el cultivo tipo c HPc = Número de hectárea-pases por hectárea para el cultivo tipo c y Áreac = Área total cultivada del cultivo tipo c.
Fuente de datos:	Área agrícola cultivada total por tipo de cultivo (INEC) Pases por tipo de cultivo (ARB, 2003) Las $PM_{2.5}$ representan 0.2217 de las PM_{10} (ARB, 2002). Se asume que las prácticas de labranza en la agricultura costarricense (i.e., hectárea-pase/hectárea) son similares a las de México.

Tabla A2.6.6. Emisiones generadas por la labranza de los distintos productos agrícolas

Cultivo	Área (ha)	FE kg/haxpase	pases/ha	Emisiones de PM_{10} ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$ ton/año
Café	98681	1,37	3	405,58	89,92
Caña de azúcar	56200	1,84	3	310,22	68,78
Cebolla	1424	1,57	3	6,71	1,49
Fresa	60	1,57	3	0,28	0,06
Chayote	550	1,57	3	2,59	0,57

Maíz	9051	1,84	3	49,96	11,08
Mango	8200	1,37	2	22,47	4,98
Naranja	25000	1,37	2	68,50	15,19
Papa	2807	1,63	3	13,73	3,04
Yuca	11790	1,63	2	38,44	8,52
Tomate	950	1,57	3	4,47	0,99
			Total	922,95	204,62

APARTADO 7 MANEJO DE RESIDUOS

Nombre de Fuente:	Quema de basura a cielo abierto domiciliaria
Código de Fuente:	26-10-000-000
Descripción:	En algunas áreas la quema a cielo abierto es el método preferido para eliminar los residuos sólidos. La quema agrícola a gran escala no se incluye en esta sección. Los tiraderos grandes donde se hace quema a cielo abierto se clasifican, por lo general, como fuentes puntuales y no se incluyen en esta sección.
Contaminantes:	GOT, CO, NOx, SOx, PM_{10} y $PM_{2,5}$ Las emisiones de GOR constituyen el 38,7% del GOT
Metodología:	Factores de emisión • NOx – 3 kg/Mg de residuos; SOx – 0.5 kg/Mg de residuos; COV – 15 kg/Mg de residuos; CO – 42.5 kg/Mg, PM10 – 19 kg/Mg de residuos y PM2.5 – 17.4 kg/Mg de residuos (EIIP, 2001e)
Fuente de datos:	Cantidad de viviendas en donde se quema basura (INEC) Tasa de generación de basura por habitante (Estado de la Nación, CONARE) Factores de emisión (EIIP, 2001e)

TABLA A2.7.1. CANTIDAD DE BASURA GENERADA QUE ES QUEMADA A CIELO ABIERTO

Cantón	Número de viviendas	Número de viviendas que queman basura	Cantidad de basura quemada al año, Mg
San José	79068	7353	10399
Escazú	13187	1226	1734
Desamparados	47473	4415	6244
Goicoechea	29963	2787	3941
Santa Ana	8600	800	1131
Alajuelita	16315	1517	2146
Vásquez de Coronado	13864	1289	1823
Tibás	18479	1719	2430
Moravia	13406	1247	1763
Montes de Oca	14648	1362	1927
Curridabat	15502	1442	2039
Aserrí	11979	1114	1575
Mora	5469	509	719
Alajuela	55496	5161	7299
Grecia	16059	1493	2112
Atenas	5720	532	752
Poás	5948	553	782
Cartago	30422	2829	4001
Paraíso	12033	1119	1583

La Unión	18923	1760	2489
Oreamuno	8513	792	1120
El Guarco	7541	701	992
Heredia	25742	2394	3386
Santo Domingo	8905	828	1171
Barva	7765	722	1021
Santa Bárbara	7099	660	934
San Rafael	9244	860	1216
San Pablo	5122	476	674
Belén	4729	440	622
Flores	3784	352	498
San Isidro	3943	367	519
Total	**524941**	**48820**	**69040**

Los datos del número de viviendas que queman basura al año fueron tomados de la Encuesta de Hogares del INEC, año 2007. De acuerdo con este instrumento, la densidad de ocupación de las residencias en Costa Rica es de 4,1 habitantes. De acuerdo con estudios de caracterización realizados en varias ciudades, aproximadamente el 61,56% de los residuos totales son combustibles (García, 2001).

Tabla A2.7.2. Emisiones de contaminantes generados por la quema de basura domiciliaria a cielo abierto en la GAM, 2007

Cantón	CO Mg/año	NOx Mg/año	SOx Mg/año	PM_{10} Mg/año	$PM_{2,5}$ Mg/año	GOR Mg/año	GOT Mg/año
San José	272,2	19,2	3,2	121,7	111,4	96,1	152,2
Escazú	45,4	3,2	0,5	20,3	18,6	16,0	25,4
Desamparados	163,4	11,5	1,9	73,1	66,9	57,7	91,4
Goicoechea	103,2	7,3	1,2	46,1	42,2	36,4	57,7
Santa Ana	29,6	2,1	0,3	13,2	12,1	10,4	16,6
Alajuelita	56,2	4,0	0,7	25,1	23,0	19,8	31,4
Vásquez de Coronado	47,7	3,4	0,6	21,3	19,5	16,8	26,7
Tibás	63,6	4,5	0,7	28,4	26,0	22,5	35,6
Moravia	46,2	3,3	0,5	20,6	18,9	16,3	25,8
Montes de Oca	50,4	3,6	0,6	22,5	20,6	17,8	28,2
Curridabat	53,4	3,8	0,6	23,9	21,8	18,8	29,8
Aserrí	41,2	2,9	0,5	18,4	16,9	14,6	23,1
Mora	18,8	1,3	0,2	8,4	7,7	6,6	10,5
Alajuela	191,1	13,5	2,2	85,4	78,2	67,4	106,8
Grecia	55,3	3,9	0,7	24,7	22,6	19,5	30,9
Atenas	19,7	1,4	0,2	8,8	8,1	7,0	11,0
Poás	20,5	1,4	0,2	9,2	8,4	7,2	11,4
Cartago	104,7	7,4	1,2	46,8	42,9	37,0	58,6
Paraíso	41,4	2,9	0,5	18,5	17,0	14,6	23,2

La Unión	65,1	4,6	0,8	29,1	26,7	23,0	36,4
Oreamuno	29,3	2,1	0,3	13,1	12,0	10,3	16,4
El Guarco	26,0	1,8	0,3	11,6	10,6	9,2	14,5
Heredia	88,6	6,3	1,0	39,6	36,3	31,3	49,5
Santo Domingo	30,7	2,2	0,4	13,7	12,6	10,8	17,1
Barva	26,7	1,9	0,3	12,0	10,9	9,4	14,9
Santa Bárbara	24,4	1,7	0,3	10,9	10,0	8,6	13,7
San Rafael	31,8	2,2	0,4	14,2	13,0	11,2	17,8
San Pablo	17,6	1,2	0,2	7,9	7,2	6,2	9,9
Belén	16,3	1,1	0,2	7,3	6,7	5,7	9,1
Flores	13,0	0,9	0,2	5,8	5,3	4,6	7,3
San Isidro	13,6	1,0	0,2	6,1	5,6	4,8	7,6
Total	**1807,2**	**127,6**	**21,3**	**807,9**	**739,9**	**637,8**	**1010,3**

Nombre de Fuente:	Rellenos Sanitarios
Código de Fuente:	26-10-040-000
Descripción:	El metano (CH4) y el dióxido de carbono (CO2) son los principales constituyentes de los gases que se desprenden de la degradación de residuos en un relleno sanitario
Contaminantes:	GOT, CO y GOR
Metodología:	- La estimación de emisiones se realiza con el modelo LANDFILL y se requiere de información relacionada al sitio de disposición (tasa de aceptación anual, año de apertura, año de clausura, capacidad del sitio). - Debido a que la emisión de aldehídos es despreciable, la emisión de HCT es igual a HCNM más CH4 y la emisión de GOT es igual a la emisión de HCT; por su parte, la emisión de GOR es el 0.5% de GOT.
Fuente de datos:	Ministerio da Salud: datos de cantidad de basura ingresa a los principales rellenos sanitarios de la GAM, año 2007.

Los residuos sólidos generados en el país tienen en promedio la composición mostrada en la tabla A1.7.3, de acuerdo con la información suministrada por el Programa Competividad y Medio Ambiente desarrollado por el gobierno de Costa Rica y la Agencia de Cooperación Alemana GTZ.

Tabla A2.7.3. Composición de los residuos sólidos generados en Costa Rica

Tipo de Residuo	Porcentaje en Peso
Céramica	0,9
Cuero	0,3
Materia Orgánica	52,9
Metal	3,5
Papel	16,3
Plásticos	11,4
Químicos	0,1
Tela	2,7
Vidrio	1,5
Otros	10,4

El metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2) son los principales constituyentes de los gases que se desprenden de la degradación de residuos en un relleno sanitario, la estimación de emisiones se realiza con el modelo LANDFILL[1] Versión 3.02 de la US-EPA. Se requiere de información relacionada al sitio de disposición (tasa de aceptación anual, año de apertura, año de clausura) como se muestra en la tabla A2.7.4.

Tabla A2.7.4. Indicadores de actividad en los principales rellenos sanitarios ubicados en el área metropolitana de Costa Rica, 2007

Relleno Sanitario	Los Mangos	Los Pinos	EBI La Carpio	Río Azul
Año de Apertura	1995	2001	2001	1977
Año de Clausura	En uso	En uso	En uso	2007
Cantidad de Basura dispuesta (ton/año)				
1995	61 739			340 910
1996	122 566			332 150
1997	120 907			345 290
1998	136 370			392 375
1999	172 526			447 885
2000	192 951			451 505
2001	207 097	28 653	128 845	343 100
2002	200 799	58 119	247 470	265 720
2003	201 866	55 805	266 085	294 555
2004	218 586	31 471	249 660	272 655
2005	216 677	54 578	258 055	280 320
2006	225 039	55 906	249 240	274 867
2007	209 142	78 868	380 880	112 663

Promedio Anual	175 867	51 914	254 319	319 538

Debido a que la emisión de aldehídos es despreciable, la emisión de HCT es igual a la emisión de HCNM más la emisión de CH_4. La emisión de GOT es igual a la emisión de HCT. Los resultados de la aplicación del programa, se presentan en la tabla A2.7.5.

Tabla A2.7.5. Emisiones generadas por los rellenos sanitarios en el Área Metropolitana de Costa Rica estimadas con el Modelo LANDFILL v 3.02, 2007.

Relleno Sanitario	CO (ton/año)	GOT (ton/año)	GOR (ton/año)
Los Mangos	4,5	9666,4	398,4
Los Pinos	0,69	1448,7	39,8
EBI La Uruca	3,40	7244,5	298,5
Rìo Azul	11,6	24698	1018
Total	20,2	43057,6	1754,7

Nombre de Fuente:	Tratamiento de aguas residuales
Código de Fuente:	26-30-000-000
Descripción:	Hay varios procesos industriales que generan corrientes de aguas residuales que contienen compuestos orgánicos. Por lo general estas corrientes se recolectan, se someten a un tratamiento de sus contaminantes y a los pasos de almacenamiento antes de que sean descargadas, ya sea a un cuerpo receptor o a una planta municipal de tratamiento para recibir un tratamiento posterior. Durante algunas de estas operaciones las aguas residuales están expuestas al aire y se pueden emitir compuestos orgánicos a la atmósfera. Además de las aguas residuales industriales, las plantas también pueden tratar aguas domésticas, institucionales o comerciales, así como aguas que ingresan al sistema de alcantarillado desde el suelo y desde los escurrimientos pluviales. En general, estos otros tipos de aguas residuales no contienen niveles significativos de GOT. Los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben cumplir con las normas de calidad antes de ser descargados a un cuerpo receptor. El tamaño y grado del tratamiento de las corrientes de aguas residuales dependerá de su volumen y grado de contaminación, así como del grado de remoción de contaminantes que se desea.
Contaminantes:	GOT Las emisiones de GOR se asumen iguales a las de GOT

Metodología:	Factores de emisión
Fuente de datos:	Volumen de aguas residuales vertidas previo tratamiento en la GAM (Ministerio de Salud)

Para estimar las emisiones de esta categoría, se utilizó la metodología del Manual del Programa de Inventario de Emisiones para México (Radian Internacional LLC, 1997), la cual se basa en un factor de emisión, aplicando la siguiente ecuación:

$$E_{GOT} = (VART * FE_{COT})/1{,}000$$

Donde:

E_{GOT}: Emisión de GOT [ton/año]

VART: Volumen de agua residual tratada [l/año]

FE_{GOT}: Factor de emisión GOT [1.3 x 10^{-5} kg/l agua tratada-año]

1000: Factor de conversión de [kg] a [ton]

Debido a la ausencia de aldehídos, se asume que las emisiones de HCT son iguales a los GOT; asimismo, la emisión de GOR representa el 92% de los GOT.

En la tabla A2.7.6. se presenta el cálculo de las emisiones generadas por el tratamiento de aguas residuales, en cada uno de los cantones que conforman el Área Metropolitana de Costa Rica, a partir de los registros de reportes operacionales presentados en el Ministerio de Salud durante el año 2007.

Tabla A2.7.6. Volumen de aguas residuales y emisiones generadas producto de su tratamiento en el Área Metropolitana de Costa Rica, 2007.

Cantón	Plantas de tratamiento registradas MINSALUD	Volumen de aguas Residuales tratadas m3	Emisiones GOT ton/año	Emisiones GOR ton/año
San José	13	173550,3	2,26	2,08
Escazú	32	688980,4	8,96	8,24
Desamparados	3	114845,3	1,49	1,37
Goicoechea	1	199749,9	2,60	2,39
Santa Ana	28	2563603,1	33,33	30,66
Alajuelita	0	0,0	0,00	0,00
Vásquez de Coronado	4	21736,5	0,28	0,26
Tibás	1	10450,9	0,14	0,12
Moravia	2	53809,9	0,70	0,64
Montes de Oca	1	87091,2	1,13	1,04
Curridabat	6	87732,1	1,14	1,05
Aserrí	2	13902,2	0,18	0,17
Mora	3	27775,9	0,36	0,33
Alajuela	42,0	2480027,0	32,24	29,66
Grecia	1,0	63483,3	0,83	0,76
Atenas	3,0	229096,4	2,98	2,74
Poás	3,0	2782,1	0,04	0,03
Cartago	16,0	535126,6	6,96	6,40

Paraíso	7,0	348330,2	4,53	4,17
La Unión	3,0	11448,1	0,15	0,14
Oreamuno	3,0	32790,5	0,43	0,39
El Guarco	3,0	62389,7	0,81	0,75
Heredia	11	1086450,6	14,12	12,99
Santo Domingo	8	245768,3	3,19	2,94
Barva	4	15551,1	0,20	0,19
Santa Bárbara	2	10177,9	0,13	0,12
San Rafael	3	247587,8	3,22	2,96
San Pablo	4	31352,8	0,41	0,37
Belén	26	2250553,5	29,26	26,92
Flores	3	275332,6	3,58	3,29
San Isidro	1	83980,8	1,09	1,00
Total	**239**	**12055457,3**	**157**	**144**

APARTADO 8 Fuentes de áreas miscelaneas

Nombre de Fuente:	Emisiones domésticas de amoníaco
Código de Fuente:	28-10-010-000 (Perros)
Descripción:	Esta categoría consiste de diversas fuentes domésticas de amoníaco (NH3) incluyendo los desechos de mascotas, la transpiración y la respiración humanas, el uso doméstico de amoníaco, el humo de cigarrillos y los desechos humanos sin tratar. A nivel individual, las emisiones de estas fuentes son relativamente pequeñas. Sin embargo, a nivel colectivo, podrían ser significativas.
Contaminantes:	NH_3
Metodología:	Factores de emisión
Fuente de datos:	Población de la región (INEC) Población de la región con edad menor a 3 años (INEC) Proporción de mascotas (INEC)

Estimación de la contribución de cada tipo de fuente:

28-10-010-000 Pañales

Para evaluar esta categoría se tomaron los datos de población menor a los 3 años del INEC y se trabajó con un factor de emisión de 0,16 kg/niño x año, tomado del Manual de Inventario de Emisiones de México

27-10-020-020 Mascotas

Las estimaciones de emisiones de amoníaco producidas por las mascotas (perros y gatos) se pueden hacer usando la siguiente ecuación:

$$Emisiones_p = Población \times PMp \times FEp$$

donde:

$Emisiones_p$ = Emisiones anuales para el tipo de mascota p;

Población = Población total en la región;

PMp = Proporción de mascotas (número de mascotas por 1,000 habitantes) para el tipo de mascota p y FEp = Factor de emisión para el tipo de mascota p.

TABLA A2.8.1. EMISIONES DE AMONÍACO GENERADAS POR EL USO DE PAÑALES EN POBLACIÓN MENOR A LOS TRES AÑOS DE EDAD.

Cantón	Habitantes menores a los 3 años de edad	Emisiones de NH_3 (ton/año)
San José	74585	11,93
Escazú	12295	1,97
Desamparados	66016	10,56
Goicoechea	24781	3,96
Santa Ana	9264	1,48
Alajuelita	31510	5,04
Vásquez de Coronado	16793	2,69

Tibás	10562	1,69
Moravia	8931	1,43
Montes de Oca	7931	1,27
Curridabat	14463	2,31
Aserrí	13636	2,18
Mora	6271	1,00
Alajuela	64536	10,32
Grecia	19751	3,16
Atenas	5145	0,82
Poás	7488	1,20
Cartago	34193	5,47
Paraíso	16296	2,61
La Unión	23360	3,74
Oreamuno	11217	1,79
El Guarco	9443	1,51
Heredia	27534	4,40
Santo Domingo	6344	1,01
Barva	7586	1,21
Santa Bárbara	7398	1,18
San Rafael	9104	1,46
San Pablo	4361	0,70
Belén	4322	0,69
Flores	3396	0,54
San Isidro	4328	0,69

Total	562840	90,05

En la Tabla A2.8.2 se presentan algunas proporciones de mascotas por habitante que son típicas para los EU. Estos son los únicos datos disponibles que existen.

Tabla A2.8.2. Proporciones Típicas de mascotas para varias regiones

Tipo de Región	Proporción de perros (mascotas/1000 hab)	Proporción de gatos (mascotas/1000 hab)	Referencia
Urbana (> 800 000)	**122**	**83**	**Coe et al., 1996**
Suburbana (200 000-800 000)	**167**	**111**	
Rural (< 200 000)	**220**	**133**	

Tabla A2.8.3. Emisiones de Amoníaco generadas por las mascotas en la región

Cantón	Población	Emisiones de NH_3 debidas a perros ton/año	Emisiones de NH_3 debidas a gatos ton/año
San José	340192	141,46	30,96
Escazú	59374	32,53	6,48
Desamparados	259694	107,99	23,64
Goicoechea	129160	70,75	14,09
Santa Ana	41690	22,84	4,55
Alajuelita	107603	58,94	11,74
Vásquez de Coronado	74597	40,86	8,14
Tibás	64953	35,58	7,08

Moravia	54250	29,72	5,92
Montes de Oca	54027	29,60	5,89
Curridabat	70170	38,44	7,65
Aserrí	54282	29,74	5,92
Mora	25907	14,19	2,83
Alajuela	269272	111,97	24,51
Grecia	78312	42,90	8,54
Atenas	25457	13,95	2,78
Poás	29847	16,35	3,26
Cartago	150241	82,30	16,39
Paraíso	65087	35,65	7,10
La Unión	98975	54,22	10,79
Oreamuno	43807	24,00	4,78
El Guarco	37455	20,52	4,08
Heredia	125356	68,67	13,67
Santo Domingo	37228	20,39	4,06
Barva	37672	20,64	4,11
Santa Bárbara	33508	18,36	3,65
San Rafael	42202	23,12	4,60
San Pablo	23282	12,75	2,54
Belén	22784	12,48	2,48
Flores	17137	9,39	1,87
San Isidro	20419	11,19	2,23
Total	**2 493 940**	**1251,5**	**256,3**

28-10-010-000 Respiración Humana:

Las emisiones generadas a partir de esta fuente, se evaluaron utilizando los datos de población (INEC) y un factor de emisión de 0,0016 kg/persona x año.

Tabla A2.8.4. Emisiones de Amoníaco generadas por la respiración humana

Cantón	Población	Emisiones de NH_3 por respiración humana ton/año
San José	340192	0,544
Escazú	59374	0,095
Desamparados	259694	0,416
Goicoechea	129160	0,207
Santa Ana	41690	0,067
Alajuelita	107603	0,172
Vásquez de Coronado	74597	0,119
Tibás	64953	0,104
Moravia	54250	0,087
Montes de Oca	54027	0,086
Curridabat	70170	0,112
Aserrí	54282	0,087
Mora	25907	0,041
Alajuela	269272	0,431
Grecia	78312	0,125
Atenas	25457	0,041

Poás	29847	0,048
Cartago	150241	0,240
Paraíso	65087	0,104
La Unión	98975	0,158
Oreamuno	43807	0,070
El Guarco	37455	0,060
Heredia	125356	0,201
Santo Domingo	37228	0,060
Barva	37672	0,060
Santa Bárbara	33508	0,054
San Rafael	42202	0,068
San Pablo	23282	0,037
Belén	22784	0,036
Flores	17137	0,027
San Isidro	20419	0,033
Total	**2 493 940**	**3,990**

28-10-010-000 Transpiración Humana:

Las emisiones generadas a partir de esta fuente, se evaluaron utilizando los datos de población (INEC) y un factor de emisión de 0,25 kg/persona x año.

Tabla A2.8.5. Emisiones de Amoníaco generadas por la transpiración humana

Cantón	Población	Emisiones de NH_3 por transpiración humana ton/año
San José	340192	85,0
Escazú	59374	14,8
Desamparados	259694	64,9
Goicoechea	129160	32,3
Santa Ana	41690	10,4
Alajuelita	107603	26,9
Vásquez de Coronado	74597	18,6
Tibás	64953	16,2
Moravia	54250	13,6
Montes de Oca	54027	13,5
Curridabat	70170	17,5
Aserrí	54282	13,6
Mora	25907	6,5
Alajuela	269272	67,3
Grecia	78312	19,6
Atenas	25457	6,4
Poás	29847	7,5
Cartago	150241	37,6
Paraíso	65087	16,3
La Unión	98975	24,7

Oreamuno	43807	11,0
El Guarco	37455	9,4
Heredia	125356	31,3
Santo Domingo	37228	9,3
Barva	37672	9,4
Santa Bárbara	33508	8,4
San Rafael	42202	10,6
San Pablo	23282	5,8
Belén	22784	5,7
Flores	17137	4,3
San Isidro	20419	5,1
Total	**2 493 940**	**623,5**

28-10-010-000 Desechos Humanos:

Las emisiones generadas a partir de esta fuente, se evaluaron utilizando los datos de población (INEC) y un factor de emisión de 0,023 kg/persona x año.

Tabla A2.8.6. Emisiones de Amoníaco generadas por los desechos humanos

Cantón	Población	Emisiones de NH_3 por desechos humanos ton/año
San José	340192	7,82
Escazú	59374	1,37
Desamparados	259694	5,97
Goicoechea	129160	2,97

Santa Ana	41690	0,96
Alajuelita	107603	2,47
Vásquez de Coronado	74597	1,72
Tibás	64953	1,49
Moravia	54250	1,25
Montes de Oca	54027	1,24
Curridabat	70170	1,61
Aserrí	54282	1,25
Mora	25907	0,60
Alajuela	269272	6,19
Grecia	78312	1,80
Atenas	25457	0,59
Poás	29847	0,69
Cartago	150241	3,46
Paraíso	65087	1,50
La Unión	98975	2,28
Oreamuno	43807	1,01
El Guarco	37455	0,86
Heredia	125356	2,88
Santo Domingo	37228	0,86
Barva	37672	0,87
Santa Bárbara	33508	0,77
San Rafael	42202	0,97
San Pablo	23282	0,54

Belén	22784	0,52
Flores	17137	0,39
San Isidro	20419	0,47
Total	**2 493 940**	**57,36**

28-10-010-000 Uso doméstico de amoníaco:

Las emisiones generadas a partir de esta fuente, se evaluaron utilizando los datos de población (INEC) y un factor de emisión de 0,023 kg/persona x año.

Tabla A2.8.7. Emisiones de Amoníaco generadas por el uso doméstico de este compuesto

Cantón	Población	Emisiones de NH_3 por uso doméstico ton/año
San José	340192	7,82
Escazú	59374	1,37
Desamparados	259694	5,97
Goicoechea	129160	2,97
Santa Ana	41690	0,96
Alajuelita	107603	2,47
Vásquez de Coronado	74597	1,72
Tibás	64953	1,49
Moravia	54250	1,25
Montes de Oca	54027	1,24

Curridabat	70170	1,61
Aserrí	54282	1,25
Mora	25907	0,60
Alajuela	269272	6,19
Grecia	78312	1,80
Atenas	25457	0,59
Poás	29847	0,69
Cartago	150241	3,46
Paraíso	65087	1,50
La Unión	98975	2,28
Oreamuno	43807	1,01
El Guarco	37455	0,86
Heredia	125356	2,88
Santo Domingo	37228	0,86
Barva	37672	0,87
Santa Bárbara	33508	0,77
San Rafael	42202	0,97
San Pablo	23282	0,54
Belén	22784	0,52
Flores	17137	0,39
San Isidro	20419	0,47
Total	**2 493 940**	**57,36**

28-10-060-000 Humo de cigarrillos:

Las emisiones generadas a partir de esta fuente, se evaluaron utilizando los datos de población (INEC) y un factor de emisión de 5,2 mg/cigarrillo, asumiendo que el 15% de la población es fumadora y que consumen en promedio 20 cigarrillos por día de acuerdo con el Manual de Inventarios de emisiones de México.

Tabla A2.8.8. Emisiones de Amoníaco generadas por el consumo de cigarrillos

Cantón	Población	Emisiones de NH_3 por uso de cigarrillos ton/año
San José	340192	1,94
Escazú	59374	0,34
Desamparados	259694	1,48
Goicoechea	129160	0,74
Santa Ana	41690	0,24
Alajuelita	107603	0,61
Vásquez de Coronado	74597	0,42
Tibás	64953	0,37
Moravia	54250	0,31
Montes de Oca	54027	0,31
Curridabat	70170	0,40
Aserrí	54282	0,31
Mora	25907	0,15
Alajuela	269272	1,53

Grecia	78312	0,45
Atenas	25457	0,14
Poás	29847	0,17
Cartago	150241	0,86
Paraíso	65087	0,37
La Unión	98975	0,56
Oreamuno	43807	0,25
El Guarco	37455	0,21
Heredia	125356	0,71
Santo Domingo	37228	0,21
Barva	37672	0,21
Santa Bárbara	33508	0,19
San Rafael	42202	0,24
San Pablo	23282	0,13
Belén	22784	0,13
Flores	17137	0,10
San Isidro	20419	0,12
Total	**2 493 940**	**14,20**

Las emisiones totales de amoníaco de estas fuentes corresponde a:

14,20 + 57,36 + 57,36 + 623,5 + 3,99 + 90,05 + 1251,5 + 256,3 = **2 354 Mg/año**

Nombre de Fuente:	Incendios de construcciones
Código de Fuente:	28-10-030-000
Descripción:	Igual que otras fuentes de combustión, los incendios de construcciones generan emisiones de GOT, CO, NOx y partículas. Sin embargo, a diferencia de otras fuentes de combustión, estos incendios no son intencionales y en consecuencia la cantidad de combustible quemado puede ser difícil de determinar. Para estimar las emisiones de los incendios de construcciones primero es necesario determinar la cantidad de material quemado. Esto incluye tanto los materiales estructurales como el contenido del edificio.
Contaminantes:	NOx, CO, GOR, PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión
Fuente de datos:	**DATOS DE LA ACTIVIDAD**: • Datos de vivienda (INEC) • Datos de incendios acontecidos en al año 2007 (Cuerpo de Bomberos de Costa Rica) **FACTORES DE EMISIÓN:** • NOx – 2,0 kg/Mg (Radian, 1997; EIIP, 2001f) • GOR – 5,21 kg/Mg (Radian, 1997; EIIP, 2001f) • CO – 84,0 kg/Mg (Radian, 1997; EIIP, 2001f) • PM_{10} – 5,29 kg/Mg (Radian, 1997; EIIP, 2001f)

	• $PM_{2.5}$ – 4,94 kg/Mg (Radian, 1997; EIIP, 2001f) NOTAS Y SUPUESTOS: • El contenido promedio de material combustible en la estructura se supuso de 0.0386 Mg/m^2 (ARB, 1998) • El área promedio de la estructura se estableció en 100 m^2. • Sólo se consideraron incendios residenciales. • El material combustible de la edificación se consideró de 0 Mg (construcción de mampostería) (GDF, 2003) • Las PM_{10} representan 0,9800 de las PM totales; las $PM_{2.5}$ se suponen 0.9327 de las PM_{10} (ARB, 1999)

Tabla A2.8.9. Incidencia de incendios ocurridos en los cantones de la GAM durante el año 2007

Cantón	Número de incendios ocurridos en residencias	Área afectada m^2	Área Total de la infraestructura m^2
San José	13	4612	13545
Escazú	2	155	550
Desamparados	9	1697	4355
Goicoechea	1	15	100
Santa Ana	2	11	460

Alajuelita	2	150	600
Vásquez de Coronado	2	125	550
Tibás	8	583	2660
Moravia	0	–	–
Montes de Oca	2	110	800
Curridabat	3	1210	3060
Aserrí	0	–	–
Mora	0	–	–
Alajuela	0	–	–
Grecia	2	130	490
Atenas	0	–	–
Poás	0	–	–
Cartago	5	440	1260
Paraíso	0	–	–
La Unión	2	410	900
Oreamuno	1	90	90
El Guarco	0	–	–
Heredia	1	5	120
Santo Domingo	3	150	470
Barva	0	–	–
Santa Bárbara	1	30	80
San Rafael	2	50	520
San Pablo	0	–	–

Belén	0	–	–
Flores	2	60	250
San Isidro	0	–	–
Total	**63**	**10033**	**30860**

Tabla A2.8.10. Emisiones debidas a incendios en estructuras durante el año 2007

Cantón	NOx Mg/año	PM_{10} Mg/año	$PM_{2,5}$ Mg/año	GOR Mg/año	GOT Mg/año	CO Mg/año
San José	0,0342	0,090	0,084	0,089	0,1274	1,435
Escazú	0,0044	0,012	0,011	0,011	0,0162	0,183
Desamparados	0,0271	0,072	0,067	0,071	0,1009	1,137
Goicoechea	0,0012	0,003	0,003	0,003	0,0043	0,049
Santa Ana	0,0004	0,001	0,001	0,001	0,0014	0,016
Alajuelita	0,0039	0,010	0,010	0,010	0,0144	0,162
Vásquez de Coronado	0,0035	0,009	0,009	0,009	0,0131	0,147
Tibás	0,0135	0,036	0,033	0,035	0,0504	0,569
Moravia	–	–	–	–	–	–
Montes de Oca	0,0021	0,006	0,005	0,006	0,0079	0,089
Curridabat	0,0092	0,024	0,023	0,024	0,0341	0,385
Aserrí	–	–	–	–	–	–
Mora	–	–	–	–	–	–
Alajuela	–	–	–	–	–	–
Grecia	0,0041	0,011	0,010	0,011	0,0153	0,172

Atenas	–	–	–	–	–	–
Poás	–	–	–	–	–	–
Cartago	0,0135	0,036	0,033	0,035	0,0502	0,566
Paraíso	–	–	–	–	–	–
La Unión	0,0070	0,019	0,017	0,018	0,0262	0,295
Oreamuno	0,0077	0,020	0,019	0,020	0,0288	0,324
El Guarco	–	–	–	–	–	–
Heredia	0,0003	0,001	0,001	0,001	0,0012	0,014
Santo Domingo	0,0074	0,020	0,018	0,019	0,0275	0,310
Barva	–	–	–	–	–	–
Santa Bárbara	0,0029	0,008	0,007	0,008	0,0108	0,122
San Rafael	0,0015	0,004	0,004	0,004	0,0055	0,062
San Pablo	–	–	–	–	–	–
Belén	–	–	–	–	–	.
Flores	0,0037	0,010	0,009	0,010	0,0138	0,156
San Isidro	–	–	–	–	–	–
Total	**0,147**	**0,390**	**0,364**	**0,38**	**0,549**	**6,19**

Nombre de Fuente:	Incendios Forestales
Código de Fuente:	28-10-001-000
Descripción:	Incluye incendios forestales y de malezas, intencionales o naturales. Las emisiones son generadas por la combustión de biomasa.
Contaminantes:	NOx, CO, GOR, PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión
Fuente de datos:	**DATOS DE LA ACTIVIDAD:** • Área quemada por año (SINAC, MINAET) • Distribución del tipo de bosque (SINAC,MINAET) • Carga de combustible (biomasa quemada) (García Gutiérrez et al., 2001) **FACTORES DE EMISIÓN:** • NOx – 2 kg/Mg de biomasa; COV – 12 kg/Mg de biomasa; CO – 70 kg/Mg de biomasa; y PM total – 8.5 kg/Mg de biomasa (EPA, 1995, sección 13.1 – actualizada en octubre de 1996) **NOTAS Y SUPUESTOS**: • Las PM_{10} representan 0,9825 de las PM totales (ARB, 2002) • Las $PM_{2.5}$ representan 0,9316 de las PM totales (ARB,

	2002)

Según datos del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) durante el año 2007, se presentaron afectaciones por incendios en 4,75 ha dentro y fuera de las áreas protegidas que conforman el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (que coincide con el área del inventario).

Tabla A2.8.11. Área afectada por los incendios según el tipo de vegetación durante el año 2007.

	Porcentaje de área afectada	Área Afectada ha	Carga combustible ton/ha
Bosques	18,5	0,88	35,00
Plantaciones	0,2	0,0095	20,00
Tacotal	0,0	0	25,00
Charral	16,8	0,798	20,00
Pastos	54,2	2,57	15,00
Pastos y charral	0,0	0	20,00
Yolillal	0,0	0	10,00
Pastos y typha	0,0	0	20,00
Otros	10,2	0,485	15,00

Tabla A2.8.12. Emisiones generadas por incendios forestales en el área de estudio

	Carga Combustilble ton	NOx Mg/año	PM_{10} Mg/año	$PM_{2,5}$ Mg/año	GOR Mg/año	GOT Mg/año	CO Mg/año
Bosques	30,8	0,062	0,257	0,244	0,370	0,529	2,156
Plantaciones	0,19	0,000	0,002	0,002	0,002	0,003	0,013
Tacotal	–	–	–	–	–	–	–
Charral	15,96	0,032	0,133	0,126	0,192	0,274	1,117
Pastos	38,55	0,077	0,322	0,305	0,463	0,662	2,699
Pastos y charral	–	–	–	–	–	–	–
Yolillal	–	–	–	–	–	–	–
Pastos y typha	–	–	–	–	–	–	–
Otros	7,28	0,015	0,061	0,058	0,087	0,125	0,510
Total	**92,78**	**0,19**	**0,77**	**0,73**	**1,11**	**1,59**	**6,49**

Nombre de Fuente:	Polvo de caminos pavimentados
Código de Fuente:	22-94-000-000
Descripción:	Cuando los vehículos circulan sobre las superficies de caminos pavimentados, el polvo que se ha depositado sobre la superficie pavimentada o que ha sido llevado a ésta es arrastrado por la estela turbulenta del vehículo y se emite como partículas. En la actualidad, las emisiones se calculan como una función de la carga de sedimentos de la superficie pavimentada y del peso promedio de los vehículos que circulan sobre ella. A su vez, la carga de sedimentos es función del tipo de camino. Por lo general, los caminos con altos volúmenes de tránsito tienen menores cargas de sedimentos que aquellos con bajos volúmenes. El sedimento se define como el material que atraviesa una criba de malla 200 usando el método ASTM-C-136.
Contaminantes:	PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión
Fuente de datos:	**DATOS DE LA ACTIVIDAD:** • Población (INEC) • Tasas KRV per cápita (Sectorial Energía, MINAET) • Distribución de KRV en caminos pavimentados y no pavimentados (TransEngineering, 2004b) • Carga de sedimentos (LANAME, UCR) • Peso promedio de los vehículos (INS) • Datos sobre precipitación (IMN)

	FACTORES DE EMISIÓN: • Calculados con la ecuación AP-42: FE (g/KRV) = $k(sL/2)^{0.65}(W/3)^{1.5}(1 - p/4n)$ k = multiplicador del tamaño de partícula (4.6 para PM_{10} y 1.1 para $PM_{2.5}$); sL = carga de sedimentos; W =peso vehicular promedio; p = número de días con precipitación durante el periodo de interés; y n = número total de días durante el periodo de interés NOTAS Y SUPUESTOS: • El periodo de interés fue el año de inventario 2007 (i. e., 365 días)

La cantidad de material particulado por el paso de la flota vehicular en las vialidades pavimentadas, se estimó por medio de la siguiente ecuación (U.S. EPA, 2006), para cada temporada climática de la ZMVM.

$$E = FE_i * VKT$$

Donde:

E_i= Emisión de material particulado PM_{10} "o" $PM_{2.5}$ [g]

FE_i= Factor de emisión de PM_{10} "o" $PM_{2.5}$ de la flota vehicular [g/km]

VKT= Kilómetros recorridos totales de la flota vehicular

El factor de emisión de PM_{10} "o" $PM_{2.5}$ se calculó con la siguiente expresión:

$$FE_i = [(k_i\ (sL/2)^{0.65}\ (W/3)^{1.5}) - C]\ [1 - (P/4N)]$$

Donde:

FE_i= Factor de emisión para PM_{10} "o" $PM_{2.5}$ [g/VKT]

k_i= Factor de emisión para PM_{10} [4.6 g/VKT] "o" $PM_{2.5}$ [0.66 g/VKT] (U. S. EPA, 2006, p. 13.2.1-4)

sL= Carga de material [g/m^2] (Tabla A1.8.13)

W= Peso promedio de la flota vehicular [1.9 ton]

P= Número de días con más de 0.254 mm de precipitación pluvial

N= Número de días del periodo a inventariar

C= Factor de emisión por escape, frenos y llantas, para una flota vehicular de 1980 (SMA-GDF) para: PM_{10} [0.1518 g/km] "o" $PM_{2.5}$ [0.113 g/km]

La *carga de material (sL),* se define como la masa de material igual o menor a 75 µm de diámetro por unidad de área en la superficie del camino pavimentado, reportados por el California Air Resources Board (CARB, 1997), donde se sabe que sobre la red vial terciaria o local circulan en promedio menos de 500 vehículos por día (tránsito escaso), mientras que sobre la red primaria y secundaria circulan en promedio 500 o más de 10,000 vehículos diarios (como tránsito intenso). Para la obtención del número de días con más de 0.254 mm de precipitación, se requirió de los datos de

precipitación pluvial para las estaciones del Instituto Meteorológico Nacional ubicadas en el área de estudio (Tabla A1.8.14).

TABLA A2.8.13 VALORES DE CARGA DE MATERIAL (SL)

Vialidad con tránsito intenso [g/m²]	Vialidad con tránsito escaso [g/m²]
0.035	0.32

Fuente: CARB (1997). Improved Activity Levels for National Emission Inventories of Fugitive Dust from Paved and Unpaved Roads. Entrained Paved Road Dust, California USA. Consultado en 2006 de: http://www.arb.ca.gov/emisinv/areasrc/onehtm/one7-9.htm

TABLA A.2.8.14. DÍAS CON MÁS DE 0.254 MM DE PRECIPITACIÓN.

Mes del año 2007	Días con lluvia superior a 0,254 mm		
	Estacion CIGEFI	Estacion Aranjuez	Estacion Pavas
Enero	0	0	0
Febrero	3	3	1
Marzo	1	1	6
Abril	13	10	14
Mayo	26	26	24
Junio	19	18	21
Julio	21	22	19
Agosto	28	28	24
Setiembre	25	24	28
Octubre	27	27	25

Noviembre	17	12	12
Diciembre	13	10	7
TOTAL	193	181	181

El peso ponderado de la flota vehicular (W) se calculó con el peso promedio y los kilómetros recorridos por categoría de vehículo (KRV), obteniendo un peso promedio ponderado para la flota vehicular de 1.9 toneladas.

Para los KRV por tipo de camino (intenso, escaso) se asume que todos los vehículos realizan su recorrido sobre vialidades pavimentadas. En forma adicional se considera que el 97% de los viajes se realiza en carreteras de tráfico intenso mientra sólo un 3% se efectúa en vialidades de tráfico escaso. (SMA, 2004).

A continuación se muestran las emisiones anuales de PM_{10} ya que el factor de $PM_{2,5}$ es muy pequeño, por lo tanto las emisiones de estas se consideran despreciables.

TABLA A.2.8.15. EMISIONES DE PM_{10} EN VIALIDADES PAVIMENTADAS

Emisiones de PM_{10}	294,6 ton/año
Factor de emisión	0,0275 g/km
KRV	10713684829 km/año

Nombre de Fuente:	Polvo de caminos no pavimentados
Código de Fuente:	22-96-000-000
Descripción:	Cuando los vehículos circulan sobre las superficies de los caminos sin pavimentar el polvo que contienen es arrastrado por la estela turbulenta del vehículo y es emitido como partículas. En el momento en que los vehículos pasan sobre la superficie la fuerza de las ruedas muele el material del camino en partículas más pequeñas reponiendo así parcialmente el contenido de sedimentos del camino. Las emisiones se estiman como una función del volumen de tránsito, del contenido de sedimentos en la superficie sin pavimentar, de la velocidad de los vehículos, del número promedio de ruedas y del peso promedio de los vehículos que transitan sobre la superficie y del número de días con una precipitación superior a los 0.254 mm. El contenido de sedimentos, definido como partículas con un tamaño inferior a 75 micrómetros varía espacialmente y por tipo de camino (e. g., los caminos de grava tienen un contenido de sedimentos diferente al de los caminos de terracería). El contenido de sedimentos de un camino se determina midiendo la proporción de polvo superficial seco y suelto que pasa a través de una criba de malla 200 usando el método ASTM-C-136.
Contaminantes:	PM_{10} y $PM_{2,5}$
Metodología:	Factores de emisión
Fuente de datos:	**DATOS DE LA ACTIVIDAD:**

	• Datos de KRV (DSE, MINAET) • Distribución de KRV en caminos pavimentados y no pavimentados (MOPT) • Contenido de sedimentos (MOPT) • Humedad del suelo (Modelo MM5) • Velocidad de los vehículos (TransEngineering, 2004c) • Precipitación (IMN) FACTORES DE EMISIÓN: • Calculado con la ecuación AP-42.

Las partículas que se forman cuando un vehículo pasa sobre un camino no pavimentado, son arrastradas y arrojadas por el rodamiento de las llantas y por la turbulencia que se produce en la superficie del camino, la turbulencia se debilita en la parte trasera del vehículo y continúa actuando en la superficie del camino después de que el vehículo ha pasado.

La cantidad de material particulado por el paso de la flota vehicular en vialidades no pavimentadas se estimó por medio de la siguiente ecuación:

$$E = FE_i * VKT$$

Donde:

E_i= Emisión de material particulado PM_{10} "o" $PM_{2.5}$ [g]

FE_i= Factor de emisión de PM_{10} "o" $PM_{2.5}$ de la flota vehicular [g/km]

VKT= Kilómetros recorridos totales de la flota vehicular

El factor de emisión de PM_{10} "o" $PM_{2.5}$ se calculó con la siguiente expresión (U.S. EPA, 2006a, p. 13.2.2-4).

$$FE_i = [((k\ (s/12)^{0.97}\ (S/30)^{0.46})\ /\ (M/0.5)^{0.23}))-C]\ *\ [(N-p)/N]$$

Donde:

FE_i= Factor de emisión para PM_{10} "o" $PM_{2.5}$ [g/VKT]

k= Factor de emisión para PM_{10} [507.42 g/VKT] "o" $PM_{2.5}$ [50.74 g/VKT] (U. S. EPA, 2006).

sL= carga de material [6%] (MOPT)

S= velocidad promedio vehicular [16 km/h] (U.S. EPA, 2003)

M= contenido de humedad del material en la superficie

N = número de días del periodo

p= número de días con más de 0.254 mm de precipitación

C= factor de emisión por escape, frenos y llantas:

PM_{10} [0.1518 g/km] "o" $PM_{2.5}$ [0.113 g/km]

El valor de humedad de la superficie del suelo (M) proviene de la variable SOILM del modelo meteorológico MM5 y corresponde al promedio por municipio de la GAM.

Para calcular los KRV en caminos no pavimentadas, se obtuvó la fracción que representan las carreteras de terracería por municipio de la GAM (ver tabla A.2.8.16), se asume que este valor es el porcentaje de KRV en tráfico escaso.

TABLA A2.8.16 PORCENTAJE DE CAMINOS DE LASTRE POR MUNICIPIO DEL ÁREA METROPOLITANA.

Cantón	Km pavimentados	Km no pavimentados	% Vialidades sin pavimentar
San José	404,68	4,14	1,0
Escazú	127,83	42,33	24,9
Desamparados	211,82	267,65	55,8
Goicoechea	118,50	8,30	6,5
Santa Ana	79,75	9,10	10,2
Alajuelita	76,20	54,30	41,6
Vásquez de Coronado	98,70	76,80	43,8
Tibás	100,40	8,60	7,9
Moravia	130,22	15,15	10,4
Montes de Oca	85,31	9,22	9,8
Curridabat	127,30	3,14	2,4
Aserri	40,1	43,5	54,6
Mora	2,00	194,30	99,0
Alajuela	198,47	192,07	49,2
Grecia	85,75	313,38	78,5
Atenas	8,00	91,78	92,0

Poás	77,70	24,00	23,6
Cartago	191,85	265,65	58,1
Paraíso	4,00	175,10	97,8
La Unión	36,30	154,10	80,9
Oreamuno	21,12	89,12	80,8
El Guarco	104,10	179,12	63,2
Heredia	115,52	32,55	22,0
Santo Domingo	42,10	22,60	34,9
Barva	75,55	33,26	30,6
Santa Bárbara	72,92	37,20	33,8
San Rafael	67,29	44,40	39,8
San Pablo	28,66	30,17	51,3
Belén	53,13	5,95	10,1
Flores	51,28	2,82	5,2
San Isidro	62,47	5,61	8,2

La tabla A2.8.17 muestra las emisiones estimadas en las vialidades no pavimentadas.

TABLA A.2.8.17. EMISIONES DE PM_{10} Y P $M_{2,5}$ EN VIALIDADES NO PAVIMENTADAS

Emisiones de PM_{10}	2046,5 ton/año	Emisiones de $PM_{2,5}$	122,4 ton/año
Factor de emisión PM_{10}	1,212 g/km	Factor de emisión $PM_{2,5}$	0,0725 g/km
KRV	1688519902	KRV	1688519902

A3. Memoria de Cálculo de Emisiones: Fuentes Móviles

Los vehículos automotores incluyen todas las fuentes móviles motorizadas con autorización para circular por caminos públicos. Las aeronaves y locomotoras se han incluido como fuentes de área al igual que otros tipos de unidades móviles que no circulan por carreteras. El presente apartado define las distintas categorías de vehículos automotores; describe la metodología aplicada, y explica las estrategias de recopilación de los datos utilizados para estimar las emisiones de estas fuentes en el inventario de emisiones.

En esta sección se describe y documenta el procedimiento con el que se estimaron las emisiones de las fuentes móviles que se incluyen en el presente inventario de emisiones. Además de los ajustes realizados a los factores de emisión y modelos computacionales con la información de parámetros meteorológicos locales y de la calidad de los combustibles que se distribuyen en el Área Metropolitana de Costa Rica, entre otros. Las emisiones de las fuentes móviles carreteras se estimaron con la metodología establecida en el Manual VI "Desarrollo de Inventario de Emisiones de Vehículos Automotores" del Programa de Inventarios de Emisiones para México (SEMARNAT-INE, 1997). Esta metodología requiere de factores de emisión, aplicados

a un dato de actividad, que en el caso de las fuentes móviles son los Kilómetros Recorridos por los Vehículos (KRV).

A3.1. Flota Vehicular:

En el cálculo de las emisiones contaminantes por fuentes móviles, se distribuyó la flota vehicular en circulación del país para el año 2007, en ocho categorías (Tabla A3.1). La base de datos utilizada como insumo para realizar dicha clasificación fue obtenida del Departamento de Marchamos del Instituto Nacional de Seguros. A partir de estos datos, se realizaron las siguientes consideraciones:

-Del total de la flota vehicular del país, se consideró que un 57% de las unidades circula dentro del área metropolitana. Este porcentaje se calculó a partir de la relación de las ventas de combustible en las estaciones de servicio del área metropolitana con respecto a las ventas nacionales destinadas a transporte. Los datos de venta de combustible fueron aportados por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.

-Se determinó que durante el año 2007, se inscribieron un 40% del total de los vehículos modelo 2008, de acuerdo la información suministrada por el Departamento de Marchamos del Instituto Nacional de Seguros.

-El parque vehicular que circula en el área metropolitana tiene un rango de antigüedad de más de 30 años, sin embargo debido a las necesidades del Modelo MOBILE 6 fue necesario acotar la clasificación a 25 años modelo.

.-Las unidades de clasificación utilizadas corresponden a: automóviles, carga liviana, carga pesada, autobuses, taxis, motocicletas, bicimotos y microbuses.

-Para los efectos del cálculo de factores de emisión, se consideraron los tractocamiones como parte de la categoría de carga pesada, al igual que los remolques los cuales se contaron como unidades independientes.

-Se asume que los vehículos que circulan en el área metropolitana tienen actividad los 365 días del año, despreciando la existencia del programa de restricción vehicular existente en la ciudad de San José, debido a que su área de cobertura es despreciable con respecto al área de estudio.

Tabla A3.1. Distribución de la flota vehicular por año modelo en el área metropolitana de Costa Rica, año 2007.

Año Modelo	Automóviles	Carga Liviana	Carga Pesada	Taxis	Autobuses	Motocicletas	Bicimotos	Microbuses	Total
2008	5995	2272	189	130	211	7938	30	12	16778
2007	10604	3576	240	325	505	11758	65	34	27107
2006	8863	2816	135	423	355	7308	91	11	20001
2005	8047	1952	147	367	439	2677	52	2	13683
2004	7514	1799	206	210	337	1521	30	2	11620
2003	9111	2431	492	178	518	1211	11	1	13953
2002	10638	2056	274	395	464	1025	10	1	14863
2001	11686	1948	520	439	495	640	18	3	15749
2000	12103	2500	1086	543	516	592	7	3	17350
1999	12053	2698	1060	276	466	532	4	2	17091
1998	11525	2414	1024	213	354	931	5	1	16466

1997	14622	1758	836	453	400	703	3	3	18778
1996	15286	1601	975	457	421	874	6	1	19619
1995	19113	2776	1220	764	495	908	15	1	25293
1994	22158	2957	847	874	392	1232	10	0	28470
1993	22064	2879	860	6	249	823	6	0	26887
1992	22230	2214	597	2	182	585	4	1	25815
1991	17293	2784	539	2	136	494	10	1	21257
1990	11283	3536	717	0	100	493	12	0	16141
1989	10628	3300	700	0	22	352	7	0	15010
1988	13234	2967	633	1	6	246	10	1	17098
1987	11199	4931	574	1	2	249	1	0	16956
1986	5572	3503	402	0	3	161	0	0	9642
1985	3736	1535	503	0	0	162	3	0	5939
1984	3128	865	290	0	1	85	2	0	4371
1983	1218	260	86	0	0	80	1	0	1645
Anteriores	10886	6470	1455	0	2	896	19	1	19729
Total	311788	70801	16605	6059	7071	44475	408	79	415986

A.3.2 Actividad Vehicular

Otro aspecto indispensable para estimar las emisiones por fuentes móviles son los datos de actividad, los cuales deben ser representativos para cada tipo de vehículo. Para el presente estudio, los datos de actividad fueron tomados de la Encuesta del recorrido medio anual de los vehículos en circulación en Costa Rica, elaborada por la

Dirección Sectorial de Energía de Costa Rica (Tabla A3.2.). En este estudio se utilizaron cuatro métodos de cálculo para el recorrido anual en kilómetros:

Método 1: Estimación según "sticker" y odómetro

Consiste en hacer un cálculo del recorrido tomando en cuenta la fecha del último cambio de aceite al automotor y la marca del odómetro al próximo cambio de aceite. En este método, se pregunta al conductor el tipo de aceite que utilizaba en el vehículo y tomando como referencia ese dato se estimaba si eran 10 mil, 5 mil o 3 mil kilómetros entre la fecha del próximo cambio y el último cambio de aceite. Se toma como referencia también la fecha de la entrevista y la marca del odómetro ese mismo día y con base en esos tres datos se calcula el recorrido.

Método 2: Estimación según declaración de la marca del odómetro cuando se compró el automotor y el día de la entrevista

En este método de cálculo se consulta si el vehículo era nuevo o usado y si el conductor sabía la marca del odómetro el día de la compra. Para el caso de los automotores nuevos como se registra la marca del odómetro el día de la entrevista, entonces se dividió esa marca entre el número de días transcurridos desde la fecha de compra hasta el día de la entrevista para obtener un recorrido promedio diario. Para los automotores usados se obtiene la diferencia entre la marca del odómetro a la fecha de la compra y la fecha de entrevista también dividiéndola por el número de días transcurridos entre ambas fechas.

Método 3: Estimación según declaración del rendimiento del vehículo en kilómetros por galón

En este método se le pregunta al conductor por el rendimiento en kilómetros por galón en forma general, en la ciudad y en carretera, también se pregunta por el gasto en colones de combustible por semana que tenía el conductor con ese vehículo, ese dato sirvie para calcular la cantidad de galones comprados a la semana y de acuerdo al rendimiento por galón se estima el recorrido en kilómetros multiplicando la cantidad de galones comprados a la semana por el rendimiento por galón.

Método 4: Estimación según llamada posterior al conductor

Este cuarto método consiste en solicitar al conductor del automotor la posibilidad de llamarle varios días después para que declarara la marca del odómetro ese día, entonces con la diferencia entre la marca del odómetro el día de la entrevista y la marca del odómetro el día de la llamada dividido por el número de días transcurridos entre ambas fechas se calcula un recorrido diario y la estimación anual respectiva.

Para obtener un dato único de recorrido anual en kilómetros para cada automotor se calculó un promedio entre los datos que se estimaron según los cuatro métodos.

Tabla A3.2. Datos de actividad de la flota vehicular que circula en el área metropolitana de Costa Rica

Categoría de Vehículo	Kilómetros promedio recorridos en un año
Automóvil Particular	20768
Carga Liviana	27990
Carga Pesada	38934
Taxis	86109
Buses	43417
Motos	16091

Con los datos del recorrido diario, los días que circularon los vehículos durante el año 2007 y el número de vehículos de acuerdo a la distribución por año modelo; se obtuvieron los kilómetros recorridos (KRV) por tipo de vehículo y año modelo (Tabla A3.3), a partir de la ecuación:

$$KRVij = (KDj)\ (NVij)\ (DAi)$$

Donde:

KRVij = Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i, del año modelo j [km/año].

KDj = Kilómetros recorridos al día por el tipo de vehículo i [km/día].

NVij = Número de vehículos del tipo i, del año modelo j.

DAi = Días al año que circulan los vehículos del tipo i [días/año].

A pesar de que durante el año 2007 operaba un sistema de restricción vehicular, el cual impedía el ingreso de vehículos a la ciudad de San José de acuerdo con la terminación de su número de placa, un día a la semana, se considera que los días de actividad de los vehículos en el área de estudio corresponden a 365. Lo anterior por cuanto la zona de restricción es muy pequeña con respecto al área total de estudio.

Tabla A3.3. Nivel de actividad por tipo de vehículo (millones de Km) y año modelo para el área metropolitana de Costa Rica, año 2007.

Año Modelo	Automóvil	Carga Liviana	Carga Pesada	Taxis	Autobuses	Motocicletas	Bicimotos	Microbuses	Total
2008	124,51	63,61	7,35	11,15	9,18	127,7	0,49	0,39	344
2007	220,23	100,08	9,34	27,98	21,93	189,2	1,05	1,10	571
2006	184,07	78,83	5,24	36,42	15,39	117,6	1,47	0,35	439
2005	167,11	54,64	5,73	31,61	19,08	43,1	0,84	0,05	322
2004	156,05	50,37	8,03	18,11	14,63	24,5	0,49	0,07	272
2003	189,21	68,05	19,15	15,36	22,50	19,5	0,17	0,04	334
2002	220,93	57,55	10,67	34,01	20,14	16,5	0,16	0,04	360
2001	242,70	54,53	20,24	37,79	21,51	10,3	0,28	0,09	387
2000	251,35	69,98	42,28	46,73	22,42	9,5	0,11	0,11	443
1999	250,31	75,53	41,28	23,80	20,22	8,6	0,06	0,05	420
1998	239,35	67,57	39,88	18,31	15,37	15,0	0,07	0,02	396
1997	303,66	49,20	32,53	39,02	17,37	11,3	0,06	0,11	453
1996	317,45	44,80	37,95	39,31	18,29	14,1	0,09	0,04	472
1995	396,94	77,71	47,49	65,82	21,48	14,6	0,25	0,02	624

1994	460,18	82,75	32,98	75,29	17,03	19,8	0,16	0,00	688
1993	458,23	80,59	33,47	0,54	10,79	13,2	0,10	0,00	597
1992	461,67	61,98	23,24	0,15	7,92	9,4	0,06	0,02	564
1991	359,13	77,92	20,97	0,15	5,89	7,9	0,16	0,04	472
1990	234,33	98,98	27,92	0,00	4,33	7,9	0,19	0,00	374
1989	220,72	92,38	27,25	0,00	0,97	5,7	0,12	0,00	347
1988	274,85	83,06	24,63	0,05	0,27	4,0	0,17	0,02	387
1987	232,59	138,00	22,35	0,10	0,07	4,0	0,02	0,00	397
1986	115,73	98,06	15,65	0,00	0,12	2,6	0,00	0,00	232
1985	77,58	42,96	19,60	0,00	0,00	2,6	0,05	0,00	143
1984	64,95	24,22	11,30	0,00	0,05	1,4	0,04	0,00	102
Anterior	251,39	188,39	59,99	0,00	0,07	15,7	0,32	0,02	516
Total	6475,2	1981,7	646,5	521,7	307,0	715,6	7,0	2,6	10657,3

A.3.3. Factores de emisión:

Los factores de emisión para los contaminantes criterio, incluidos en el alcance de este inventario, fueron obtenidos a partir del software Mobile 6, que es un modelo computacional desarrollado por la US-EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) y modificado de acuerdo con las condiciones imperantes en el área metropolitana de Costa Rica.

En la tabla siguiente se muestra la información requerida por el modelo Mobile 6 para el cálculo de los factores de emisión.

TABLA A3.4. INFORMACIÓN REQUERIDA COMO DATOS DE ENTRADA PARA LA OPERACIÓN DEL MODELO MOBILE 6.

Parámetro	Datos de entrada proporcionados
Región	Ciudad a una altitud menor o igual a 5 500 ft (1677 m)
Año calendario a evaluar	2007
Velocidad promedio de circulación en la región	33,1 km/h (1)
Temperatura Máxima diaria para la región	25,8 ºC (2)
Temperatura mínima diaria para la región	17,4 ºC (2)
Presión de Vapor Reid de la gasolina	63,5 kPa (3)
Contenido de azufre en diesel	2500 ppm (3)
Contenido de azufre en gasolina	192,5 ppm (3)
Contenido de oxigenados en gasolina	1,92% (3)

(1) Dato tomado del Estudio de Oferta y demanda de Transporte, PRUGAM (2007)

(2) Promedio de las estaciones del Instituto Meteorológico Nacional ubicadas en la zona

(3) Información proporcionada por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos para el año 2007

Además de lo anterior, el modelo Mobile 6 requiere información representativa del parque vehicular del área metropolitana, el cual se constituye de los siguientes datos:

- Fracciones de participación de la flota por tipo de vehículo y año modelo.
- Fracciones de los kilómetros recorridos por tipo de vehículo y año modelo.

Las corridas del modelo se realizaron para el área metropolitana; obteniéndose así los factores de emisión para cada contaminante, por tipo de vehículo, combustible y año modelo.

En forma adicional se realizó una homologación de las categorías de clasificación de la flota vehicular que circula en el Área metropolitana de Costa Rica con respecto a las propuestas en el modelo MOBILE 6, de acuerdo con las directrices indicadas en la tabla A3.5.

En la figura siguiente se muestra el archivo de entrada del modelo Mobile 6 para obtener los factores de emisión.

```
> SMA/DGGAA/DIEFE INVENTARIO DE EMISIONES 2007.
POLLUTANTS         : HC CO NOx CO2
RUN DATA
REG DIST           : CR_Reg07GAMap_84yant.dat
Mile Accum Rate    : CR_MAR07GAMap_84yant.dat

* This is required BEFORE "Basic EFS" command, to defeat g/bhp conversion on HDV
NO HDCGPM          :
Basic EFS          : CR_Basic_EFS.dat
1981-93 LDG EFS    : CR_8193_EFS.dat
94+ LDG IMP        : CR_P94_Imp.dat
NO 2007 HDDV RULE  :

I/M PROGRAM        : 1 1960 2050 1 T/O ASM 2525 FINAL
I/M MODEL YEARS    : 1 1983 2007
I/M VEHICLES       : 1 22222 22222222 2
I/M STRINGENCY     : 1 10
I/M COMPLIANCE     : 1 100.0
```

I/M WAIVER RATES : 1 1.3 15.4
I/M GRACE PERIOD : 1 2
NO I/M TTC CREDITS : 1

MIN/MAX TEMP : 63.3 78.4
FUEL RVP : 9.21
EXPRESS HC AS TOG :
*INTL FLEET FILE : MexFleet.inc
SCENARIO RECORD : Scenario Title : MACSTI
> SMA/DGGCA/DPCAIE INVENTARIO DE EMISIONES 2007.
CALENDAR YEAR : 2007
EVALUATION MONTH : 1
ALTITUDE : 1
DIESEL SULFUR : 2500
PARTICULATE EF : PMGZML.CSV PMGDR1.CSV PMGDR2.CSV PMDZML.CSV
PMDDR1.CSV PMDDR2.CSV
PARTICLE SIZE : 10
AVERAGE SPEED : 21.9 AREAWIDE 8.0 51.0 41.0 0.0
OXYGENATED FUELS : 1.0 0.0 0.014 0.0 1
SEASON : 2
FUEL PROGRAM : 4
192.0
220.0

Figura A3.1 Archivo de entrada: Mobile 6

TABLA A3.5. HOMOLOGACIÓN DE CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR CON RESPECTO A LAS DIRECTRICES DEL MODELO MOBILE 6.

Categoría MOBILE 6	Definición	Equivalencia a la clasificación utilizada en la flota vehicular de la GAM
LDGV	Vehículos ligeros a gasolina	Autos particulares y taxis a gasolina
LDGT 1	Vehículos ligeros a gasolina con peso hasta 1.7 toneladas	Microbuses
LDGT 2	Vehículos ligeros a gasolina con peso hasta 2.6 toneladas	Vehículos de carga liviana a gasolina
MC	Motocicletas a gasolina	Motocicletas y bicimotos
LDDV	Vehículos ligeros a diesel	Autos particulares a diesel
LDDT12	Vehículos ligeros a diesel con peso entre 1.7 y 2.7 toneladas	Vehículos de carga liviana a diesel
HDDV 5	Vehículos pesados a diesel con peso entre 3 y 8.8 toneladas	Vehículos de carga pesada
HDDV 7	Vehículos pesados a diesel con un peso mayor a 12 toneladas	Tractocamiones
HDDBT	Autobuses urbanos a diesel	Autobuses de transporte público

Los factores de emisión obtenidos con el modelo MOBILE 6 para cada año modelo se muestran en las siguientes tablas:

TABLA A3.6 FACTORES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES CRITERIO (G/KM) PARA AUTOBUSES QUE CIRCULAN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, AÑO 2007.

Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	SO4	GOR	PM2,5
1984	3,29	19,4	32,00	2,1935	0,0168	0,3459	0,3070	0,00	0,3012
1985	3,39	20,0	28,33	2,1935	0,0168	0,3459	0,3070	1,888	0,3012
1986	0,00	0,0	0,00	0,0000	0,0168	0,3459	0,0000	0,00	0,3012
1987	3,46	19,7	28,89	2,1935	0,0168	0,3459	0,3070	1,927	0,3012
1988	3,46	19,3	28,89	2,1935	0,0168	0,3459	0,3070	1,927	0,3012
1989	3,46	19,0	28,89	2,1660	0,0168	0,3459	0,3032	1,901	0,3012
1990	3,04	18,8	28,89	2,1390	0,0168	0,3459	0,2994	1,673	0,3012
1991	3,04	18,4	28,89	2,1180	0,0168	0,3459	0,2965	1,302	0,3012
1992	1,91	5,1	29,93	2,0925	0,0168	0,3459	0,2929	1,042	0,3012
1993	1,97	5,1	29,93	2,0725	0,0168	0,3459	0,2900	1,052	0,3012
1994	2,01	7,4	23,81	2,0480	0,0168	0,3459	0,2866	1,105	0,3012
1995	2,01	7,3	23,76	2,0285	0,0168	0,3459	0,2839	1,105	0,3012
1996	2,01	7,3	23,71	2,0055	0,0168	0,3459	0,2807	1,105	0,3012
1997	2,01	7,2	23,65	1,9825	0,0168	0,3459	0,2774	1,105	0,3012
1998	2,01	7,2	23,60	1,9825	0,0168	0,3459	0,2774	1,105	0,3012
1999	2,01	7,1	23,55	1,9825	0,0168	0,3459	0,2774	1,137	0,3012
2000	2,01	7,1	23,50	1,9825	0,0168	0,3459	0,2774	1,105	0,3012
2001	2,01	7,0	23,45	1,9825	0,0168	0,3459	0,2774	1,105	0,3012
2002	2,01	7,0	23,40	1,9825	0,0168	0,3459	0,2774	1,105	0,3012
2003	2,01	6,9	22,81	1,9825	0,0168	0,3459	0,2774	1,105	0,3012

2004	2,01	6,9	21,16	1,9825	0,0168	0,3459	0,2774	1,105	0,3012
2005	2,01	6,8	23,25	1,9825	0,0168	0,3459	0,2774	1,105	0,3012
2006	2,01	6,8	23,20	1,9825	0,0168	0,3459	0,2774	1,105	0,3012
2007	2,01	6,7	23,14	1,9825	0,0168	0,3459	0,2774	1,105	0,3012
2008	0,00	0,0	0,00	0,0000	0,0168	0,3459	0,0000	0,00	0,3012

TABLA A3.7 FACTORES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES CRITERIO (G/KM) PARA MOTOCICLETAS QUE CIRCULAN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, AÑO 2007.

Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	SO4	GOR	PM2,5
1984	22,67	41,2	0,80	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	14,45	0,0132
1985	21,77	39,9	0,80	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	8,780	0,0132
1986	17,27	37,7	0,80	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	6,943	0,0132
1987	16,52	36,3	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	6,642	0,0132
1988	15,78	35,0	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	6,341	0,0132
1989	11,88	33,7	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	4,199	0,0132
1990	11,30	32,4	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	3,990	0,0132
1991	10,71	31,1	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	3,780	0,0132
1992	9,42	29,8	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	3,316	0,0132
1993	8,88	28,5	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	3,120	0,0132
1994	8,33	27,2	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	2,924	0,0132
1995	7,78	25,8	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	2,729	0,0132
1996	7,23	24,5	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	2,533	0,0132

1997	6,69	23,2	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	2,337	0,0132
1998	6,14	21,9	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	2,142	0,0132
1999	5,59	20,6	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	1,946	0,0132
2000	5,05	19,3	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	1,750	0,0132
2001	4,50	18,0	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	1,555	0,0132
2002	3,95	16,6	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	1,359	0,0132
2003	3,41	15,3	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	1,163	0,0132
2004	2,86	14,0	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	0,967	0,0132
2005	2,31	12,7	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	0,772	0,0132
2006	1,77	11,4	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	0,576	0,0132
2007	0,52	10,1	1,00	0,0817	0,0070	0,0245	0,0027	0,381	0,0132
2008	0,00	0,0	0,00	0,0000	0,0070	0,0245	0,0000	0,00	0,0132

TABLA A3.8 FACTORES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES CRITERIO (G/KM) PARA VEHÍCULOS DE CARGA PESADA DIESEL QUE CIRCULAN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, AÑO 2007.

Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	SO4	GOR	PM2,5
1984	25,43	14,5	10,63	1,1709	0,0168	0,3459	0,1638	13,99	0,3012
1985	25,14	14,4	10,51	1,1697	0,0168	0,3459	0,1637	13,83	0,3012
1986	24,74	13,7	10,34	1,1678	0,0168	0,3459	0,1635	14,62	0,3012
1987	24,55	13,5	10,26	1,1666	0,0168	0,3459	0,1632	13,49	0,3012
1988	24,35	13,2	10,18	1,1635	0,0168	0,3459	0,1628	13,38	0,3012
1989	24,17	12,9	10,10	1,1616	0,0168	0,3459	0,1626	13,15	0,3012

1990	21,12	12,7	10,03	1,1603	0,0168	0,3459	0,1623	11,61	0,3012
1991	16,03	12,3	10,03	1,1585	0,0168	0,3459	0,1621	11,61	0,3012
1992	13,79	5,3	9,64	1,1572	0,0168	0,3459	0,1620	6,26	0,3012
1993	13,70	5,2	9,61	1,1554	0,0168	0,3459	0,1617	6,22	0,3012
1994	5,41	4,5	7,19	1,1541	0,0168	0,3459	0,1615	4,65	0,3012
1995	5,39	4,5	7,17	1,1510	0,0168	0,3459	0,1611	4,63	0,3012
1996	5,37	4,4	7,18	1,1492	0,0168	0,3459	0,1608	4,61	0,3012
1997	5,35	4,4	7,15	1,1479	0,0168	0,3459	0,1606	4,60	0,3012
1998	5,33	4,4	7,16	1,1479	0,0168	0,3459	0,1606	4,58	0,3012
1999	5,31	4,3	7,50	1,1479	0,0168	0,3459	0,1606	3,37	0,3012
2000	5,29	4,3	7,23	1,1479	0,0168	0,3459	0,1606	4,55	0,3012
2001	5,27	4,3	7,04	1,1479	0,0168	0,3459	0,1606	4,53	0,3012
2002	5,25	4,2	7,02	1,1479	0,0168	0,3459	0,1606	4,51	0,3012
2003	5,23	4,2	6,88	1,1479	0,0168	0,3459	0,1606	4,49	0,3012
2004	5,21	4,1	6,51	1,1479	0,0168	0,3459	0,1606	4,48	0,3012
2005	5,19	4,1	6,96	1,1479	0,0168	0,3459	0,1606	4,46	0,3012
2006	5,17	4,1	6,94	1,1479	0,0168	0,3459	0,1606	4,44	0,3012
2007	5,15	4,0	6,92	1,1479	0,0168	0,3459	0,1606	4,42	0,3012
2008	0,00	0,0	0,00	0,0000	0,0168	0,3459	0,0000	0,00	0,3012

TABLA A3.9 FACTORES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES CRITERIO (G/KM) PARA VEHÍCULOS DE CARGA LIVIANA DIESEL QUE CIRCULAN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, AÑO 2007.

Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	SO4	GOR	PM2,5
1984	4,53	5,1	8,88	1,5538	0,0168	0,3459	0,1086	1,036	0,3012
1985	4,53	5,1	8,89	1,5534	0,0168	0,3459	0,1073	1,036	0,3012
1986	4,44	4,9	8,70	1,5150	0,0168	0,3459	0,1060	1,036	0,3012
1987	4,44	4,9	8,70	1,4960	0,0168	0,3459	0,1047	1,036	0,3012
1988	4,44	4,9	8,69	1,4790	0,0168	0,3459	0,1034	1,036	0,3012
1989	4,44	4,9	8,68	1,4618	0,0168	0,3459	0,1023	1,048	0,3012
1990	3,91	4,9	8,67	1,4440	0,0168	0,3459	0,1011	0,643	0,3012
1991	3,91	4,8	8,66	1,4270	0,0168	0,3459	0,0998	0,643	0,3012
1992	3,11	1,5	5,75	1,4096	0,0168	0,3459	0,0987	0,416	0,3012
1993	3,10	1,4	5,74	1,3950	0,0168	0,3459	0,0976	0,412	0,3012
1994	0,57	2,1	6,66	1,3780	0,0168	0,3459	0,0965	0,226	0,3012
1995	0,57	2,1	6,64	1,3630	0,0168	0,3459	0,0953	0,226	0,3012
1996	0,57	2,1	6,63	1,3490	0,0168	0,3459	0,0943	0,225	0,3012
1997	0,57	2,1	6,61	1,3330	0,0168	0,3459	0,0933	0,223	0,3012
1998	0,57	2,1	6,60	1,3378	0,0168	0,3459	0,0933	0,222	0,3012
1999	0,57	2,0	6,58	1,3375	0,0168	0,3459	0,0933	0,237	0,3012
2000	0,57	2,0	6,56	1,3375	0,0168	0,3459	0,0933	0,220	0,3012
2001	0,56	2,0	6,54	1,3375	0,0168	0,3459	0,0933	0,218	0,3012
2002	0,56	2,0	6,51	1,3375	0,0168	0,3459	0,0933	0,217	0,3012

2003	0,56	2,0	6,49	1,3375	0,0168	0,3459	0,0933	0,215	0,3012
2004	0,56	1,9	6,46	1,3375	0,0168	0,3459	0,0933	0,213	0,3012
2005	0,56	1,9	6,43	1,3375	0,0168	0,3459	0,0933	0,210	0,3012
2006	0,55	1,8	6,39	1,3375	0,0168	0,3459	0,0933	0,208	0,3012
2007	0,55	1,8	6,36	1,3375	0,0168	0,3459	0,0933	0,205	0,3012
2008	0,00	0,0	0,00	0,0000	0,0168	0,3459	0,0000	0,00	0,3012

TABLA A3.10 FACTORES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES CRITERIO (G/KM) PARA VEHÍCULOS DE CARGA LIVIANA GASOLINA QUE CIRCULAN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, AÑO 2007.

Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	SO4	GOR	PM2,5
1984	12,38	243,8	0,91	0,2069	0,0632	0,0271	0,0382	8,16	0,0104
1985	9,25	186,7	0,65	0,2097	0,0632	0,0271	0,0407	6,23	0,0104
1986	7,25	157,4	0,77	0,2097	0,0632	0,0271	0,0366	5,97	0,0104
1987	6,30	134,2	1,27	0,2014	0,0632	0,0271	0,0304	4,87	0,0104
1988	5,52	117,1	1,75	0,2019	0,0632	0,0271	0,0250	4,24	0,0104
1989	3,33	71,3	2,06	0,2088	0,0632	0,0271	0,0163	2,90	0,0104
1990	2,47	49,4	3,10	0,2103	0,0632	0,0271	0,0184	1,84	0,0104
1991	2,32	45,8	3,10	0,2102	0,0632	0,0271	0,0270	1,77	0,0104
1992	2,20	43,1	3,02	0,2069	0,0632	0,0271	0,0190	1,68	0,0104
1993	2,04	40,4	3,02	0,2125	0,0632	0,0271	0,0151	1,56	0,0104
1994	1,92	38,3	2,94	0,2114	0,0632	0,0271	0,0148	1,42	0,0104
1995	1,86	37,5	2,86	0,2144	0,0632	0,0271	0,0124	1,34	0,0104

1996	1,75	36,5	2,77	0,2170	0,0632	0,0271	0,0112	1,19	0,0104
1997	1,67	35,4	2,67	0,2135	0,0632	0,0271	0,0114	0,99	0,0104
1998	1,31	34,0	2,57	0,2158	0,0632	0,0271	0,0114	0,76	0,0104
1999	1,23	32,5	2,45	0,2135	0,0632	0,0271	0,0114	0,82	0,0104
2000	1,15	30,8	2,33	0,2170	0,0632	0,0271	0,0114	0,96	0,0104
2001	1,05	28,8	2,20	0,2170	0,0632	0,0271	0,0114	0,97	0,0104
2002	0,40	26,6	2,07	0,2194	0,0632	0,0271	0,0114	0,28	0,0104
2003	0,35	24,3	1,93	0,2194	0,0632	0,0271	0,0114	0,23	0,0104
2004	0,88	21,7	1,78	0,2194	0,0632	0,0271	0,0114	0,38	0,0104
2005	0,73	19,1	1,61	0,2194	0,0632	0,0271	0,0114	0,32	0,0104
2006	0,57	16,3	1,21	0,2194	0,0632	0,0271	0,0114	0,32	0,0104
2007	0,43	13,5	0,78	0,2194	0,0632	0,0271	0,0114	0,22	0,0104
2008	0,36	12,0	0,76	0,2194	0,0632	0,0271	0,0114	0,20	0,0104

TABLA A3.11 FACTORES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES CRITERIO (G/KM) PARA VEHÍCULOS AUTOMÓVILES PARTICULARES GASOLINA QUE CIRCULAN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, AÑO 2007.

Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	SO4	GOR	PM2,5
1984	35,15	44,2	0,69	0,0178	0,0632	0,0218	0,0365	29,74	0,0088
1985	31,71	41,5	0,67	0,0176	0,0632	0,0218	0,0337	27,21	0,0088
1986	22,22	31,8	2,13	0,0172	0,0632	0,0218	0,0279	18,22	0,0088
1987	17,18	26,4	2,12	0,0167	0,0632	0,0218	0,0242	14,37	0,0088
1988	16,88	24,3	2,16	0,0167	0,0632	0,0218	0,0206	7,68	0,0088

1989	10,02	17,6	2,35	0,0166	0,0632	0,0218	0,0129	4,84	0,0088
1990	4,81	13,7	3,22	0,0169	0,0632	0,0218	0,0105	3,68	0,0088
1991	4,15	12,4	3,23	0,0170	0,0632	0,0218	0,0166	3,14	0,0088
1992	3,85	11,6	3,11	0,0169	0,0632	0,0218	0,0145	2,91	0,0088
1993	3,58	11,4	2,96	0,0172	0,0632	0,0218	0,0123	1,50	0,0088
1994	3,34	10,9	2,81	0,0169	0,0632	0,0218	0,0083	0,98	0,0088
1995	3,12	10,5	2,67	0,0170	0,0632	0,0218	0,0075	0,85	0,0088
1996	2,88	10,0	2,54	0,0169	0,0632	0,0218	0,0067	0,83	0,0088
1997	0,50	9,6	2,39	0,0169	0,0632	0,0218	0,0068	0,41	0,0088
1998	0,46	9,0	2,25	0,0168	0,0632	0,0218	0,0068	0,39	0,0088
1999	0,42	8,6	2,10	0,0168	0,0632	0,0218	0,0068	0,33	0,0088
2000	0,38	8,1	1,95	0,0170	0,0632	0,0218	0,0068	0,31	0,0088
2001	0,34	7,5	1,80	0,0169	0,0632	0,0218	0,0068	0,30	0,0088
2002	0,31	7,0	1,65	0,0169	0,0632	0,0218	0,0068	0,27	0,0088
2003	0,27	6,4	1,49	0,0169	0,0632	0,0218	0,0068	0,21	0,0088
2004	0,23	5,9	0,81	0,0169	0,0632	0,0218	0,0068	0,17	0,0088
2005	0,19	5,3	0,72	0,0169	0,0632	0,0218	0,0068	0,13	0,0088
2006	0,15	4,7	1,02	0,0169	0,0632	0,0218	0,0068	0,11	0,0088
2007	0,13	4,3	0,94	0,0169	0,0632	0,0218	0,0068	0,10	0,0088
2008	0,12	4,1	0,92	0,0169	0,0632	0,0218	0,0068	0,08	0,0088

TABLA A3.12 FACTORES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES CRITERIO (G/KM) PARA VEHÍCULOS AUTOMÓVILES PARTICULARES DIESEL QUE CIRCULAN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, AÑO 2007.

Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	SO4	GOR	PM2,5
1984	2,26	0,73	3,15	0,6631	0,0042	0,1466	0,0347	0,95	0,1116
1985	2,12	0,71	2,62	0,5622	0,0042	0,1466	0,0293	0,82	0,1116
1986	1,99	0,70	2,57	0,5970	0,0042	0,1466	0,0312	0,69	0,1116
1987	1,85	0,68	2,53	0,5050	0,0042	0,1466	0,0264	0,56	0,1116
1988	1,71	0,67	2,48	0,6709	0,0042	0,1466	0,0351	0,49	0,1116
1989	1,57	0,65	1,91	0,5463	0,0042	0,1466	0,0285	0,47	0,1116
1990	1,44	0,63	1,86	0,4609	0,0042	0,1466	0,0241	0,46	0,1116
1991	1,30	0,62	1,82	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,44	0,1116
1992	1,16	0,60	1,77	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,41	0,1116
1993	1,03	0,59	1,72	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,39	0,1116
1994	0,67	0,57	1,68	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,36	0,1116
1995	0,64	0,55	1,63	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,33	0,1116
1996	0,61	0,54	1,58	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,31	0,1116
1997	0,58	0,52	1,53	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,28	0,1116
1998	0,55	0,51	1,49	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,26	0,1116
1999	0,63	0,49	1,44	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,24	0,1116
2000	0,48	0,47	1,39	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,21	0,1116
2001	0,45	0,46	0,79	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,19	0,1116
2002	0,42	0,44	0,76	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,16	0,1116

2003	0,47	0,43	0,46	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,14	0,1116
2004	0,35	0,41	0,44	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,12	0,1116
2005	0,32	0,39	0,43	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,09	0,1116
2006	0,29	0,38	0,37	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,07	0,1116
2007	0,26	0,36	0,35	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,05	0,1116
2008	0,24	0,35	0,34	0,5362	0,0042	0,1466	0,0280	0,03	0,1116

A3.4. Cálculo de emisiones:

A partir de los kilómetros recorridos (KRV) y los factores de emisión por tipo de vehículo, combustible y año modelo, se obtuvieron las emisiones de cada contaminante, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_{ijk} = (KRV_{ij})\ (FE_{ijk}) \ / \ (1{,}000{,}000)$$

Donde:

E_{ijk} = Emisión del tipo de vehículo i, año modelo j, del contaminante k [ton/año]

KRV_{ij} = Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i, año modelo j [km/año]

FE_{ijk} = Factor de emisión del tipo de vehículo i, año modelo j, del contaminante k [g/km]

1'000,000 = Factor de conversión de gramos a toneladas.

TABLA A3.13 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO ORIGINADAS POR LOS AUTOBUSES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, 2007

Año Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	PM 2,5	GOR
	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año
1984 y ant	0,4	2,5	4,1	0,2835	0,00	0,04	0,04	0,00
1985	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
1986	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,00	0,04	0,04	0,00
1987	0,3	1,5	2,1	0,1616	0,00	0,03	0,02	0,14
1988	0,9	5,2	7,8	0,5924	0,00	0,09	0,08	0,52
1989	3,3	18,2	27,7	2,0741	0,02	0,33	0,29	1,82
1990	13,1	80,8	124,1	9,1907	0,07	1,49	1,29	7,19
1991	17,8	107,5	168,8	12,3766	0,10	2,02	1,76	7,61
1992	15,0	40,1	235,2	16,4405	0,13	2,72	2,37	8,19
1993	21,1	54,6	320,4	22,1861	0,18	3,70	3,22	11,26
1994	34,0	125,0	402,2	34,5954	0,28	5,84	5,09	18,67
1995	42,8	155,6	506,4	43,2310	0,36	7,37	6,42	23,55
1996	36,5	132,5	430,2	36,3888	0,30	6,28	5,47	20,05
1997	34,6	124,1	407,6	34,1704	0,29	5,96	5,19	19,05
1998	30,6	109,8	359,8	30,2277	0,26	5,27	4,59	16,85
1999	40,3	142,4	472,4	39,7682	0,34	6,94	6,04	22,81
2000	44,7	157,9	522,8	44,1003	0,37	7,69	6,70	24,58
2001	42,9	149,4	500,3	42,2993	0,36	7,38	6,43	23,58
2002	40,2	139,9	467,7	39,6221	0,34	6,91	6,02	22,08
2003	44,9	154,0	509,1	44,2463	0,37	7,72	6,72	24,66

2004	29,2	100,1	307,0	28,7674	0,24	5,02	4,37	16,03
2005	38,0	128,7	440,1	37,5291	0,32	6,55	5,70	20,92
2006	30,7	103,8	354,3	30,2764	0,26	5,28	4,60	16,88
2007	43,7	145,8	503,4	43,1268	0,37	7,52	6,55	24,04
2008	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,15	3,15	2,74	0,00
TOTAL	**605**	**2179**	**7074**	**591,7**	**5,1**	**105,4**	**91,7**	**330,5**

TABLA A3.14 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO ORIGINADAS POR LAS MOTOCICLETAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, 2007

Año Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	PM 2,5	GOR
	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año
1984 y ant	381,8	693,8	13,5	1,3758	0,12	0,41	0,22	243,34
1985	55,9	102,5	2,1	0,2099	0,02	0,06	0,03	22,56
1986	44,2	96,5	2,0	0,2092	0,02	0,06	0,03	17,78
1987	65,2	143,2	3,9	0,3223	0,03	0,10	0,05	26,20
1988	61,7	136,8	3,9	0,3193	0,03	0,10	0,05	24,78
1989	66,4	188,4	5,6	0,4568	0,04	0,14	0,07	23,48
1990	88,4	253,6	7,8	0,6394	0,05	0,19	0,10	31,22
1991	83,9	243,7	7,8	0,6401	0,05	0,19	0,10	29,62
1992	87,4	276,6	9,3	0,7584	0,06	0,23	0,12	30,78
1993	116,0	372,3	13,1	1,0673	0,09	0,32	0,17	40,76
1994	162,9	532,0	19,6	1,5980	0,14	0,48	0,26	57,19
1995	112,1	371,8	14,4	1,1775	0,10	0,35	0,19	39,33
1996	100,3	339,8	13,9	1,1331	0,10	0,34	0,18	35,13

1997	74,6	258,8	11,2	0,9114	0,08	0,27	0,15	26,07
1998	90,8	323,7	14,8	1,2078	0,10	0,36	0,20	31,66
1999	47,2	173,9	8,4	0,6896	0,06	0,21	0,11	16,43
2000	47,5	181,4	9,4	0,7680	0,07	0,23	0,12	16,45
2001	45,7	182,7	10,2	0,8293	0,07	0,25	0,13	15,78
2002	64,3	270,0	16,3	1,3290	0,11	0,40	0,21	22,11
2003	65,5	294,0	19,2	1,5699	0,13	0,47	0,25	22,35
2004	69,0	337,9	24,1	1,9720	0,17	0,59	0,32	23,34
2005	98,1	539,6	42,5	3,4710	0,30	1,04	0,56	32,80
2006	205,3	1322,3	116,0	9,4766	0,81	2,84	1,53	66,81
2007	97,0	1884,9	186,6	15,2470	1,31	4,57	2,46	71,10
2008	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,88	3,09	1,66	0,00
TOTAL	**2331**	**9520**	**576**	**47,4**	**4,9**	**17,3**	**9,3**	**967,1**

TABLA A3.15 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO ORIGINADAS POR VEHÍCULOS DE CARGA PESADA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, 2007

Año Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	PM 2,5	GOR
	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año
1984 y ant	1375,6	784,4	575,0	63,3	0,91	18,71	16,29	756,79
1985	373,8	214,1	156,3	17,4	0,25	5,14	4,48	205,65
1986	293,7	162,6	122,8	13,9	0,20	4,11	3,58	173,57
1987	416,3	228,9	173,9	19,8	0,28	5,87	5,11	228,76
1988	455,2	246,7	190,3	21,7	0,31	6,47	5,63	250,11
1989	499,8	266,8	208,9	24,0	0,35	7,15	6,23	271,94

1990	447,4	269,0	212,5	24,6	0,36	7,33	6,38	245,96
1991	255,1	195,7	159,6	18,4	0,27	5,50	4,79	184,76
1992	243,1	93,4	169,9	20,4	0,30	6,10	5,31	110,37
1993	347,9	132,0	244,0	29,3	0,43	8,78	7,65	157,96
1994	135,4	112,6	179,9	28,9	0,42	8,66	7,54	116,36
1995	194,2	162,2	258,4	41,5	0,61	12,47	10,85	166,85
1996	154,6	126,7	206,8	33,1	0,48	9,96	8,67	132,75
1997	132,1	108,6	176,5	28,3	0,41	8,54	7,44	113,56
1998	161,3	133,2	216,7	34,7	0,51	10,47	9,11	138,60
1999	166,3	134,7	234,9	35,9	0,53	10,83	9,43	105,56
2000	169,7	137,9	231,9	36,8	0,54	11,10	9,66	145,97
2001	80,9	66,0	108,1	17,6	0,26	5,31	4,63	69,57
2002	42,5	34,0	56,9	9,3	0,14	2,80	2,44	36,53
2003	76,0	61,0	99,9	16,7	0,24	5,03	4,38	65,25
2004	31,8	24,9	39,7	7,0	0,10	2,11	1,84	27,31
2005	22,5	17,8	30,2	4,9	0,07	1,50	1,31	19,38
2006	20,5	16,3	27,6	4,6	0,07	1,37	1,20	17,65
2007	36,5	28,4	49,1	8,1	0,12	2,45	2,14	31,34
2008	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	1,93	1,68	0,00
TOTAL	**6132,6**	**3758,3**	**4129,9**	**560,5**	**8,24**	**169,69**	**147,8**	**3772,5**

TABLA A3.16 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO ORIGINADAS POR VEHÍCULOS DE CARGA LIVIANA DIESEL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, 2007

Año Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	PM 2,5	GOR
	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año
1984 y ant	895,6	1008,3	1755,7	307,2	3,3	68,4	59,5	204,8
1985	181,0	203,8	355,2	62,1	0,7	13,8	12,0	41,4
1986	404,9	446,8	793,3	138,1	1,5	31,5	27,5	94,5
1987	569,8	628,8	1116,5	192,0	2,2	44,4	38,7	133,0
1988	342,9	378,5	671,2	114,2	1,3	26,7	23,3	80,0
1989	381,4	420,9	745,6	125,6	1,4	29,7	25,9	90,0
1990	359,9	451,0	798,0	132,9	1,5	31,8	27,7	59,2
1991	283,3	347,8	627,5	103,4	1,2	25,1	21,8	46,6
1992	179,3	86,5	331,4	81,2	1,0	19,9	17,4	24,0
1993	232,3	104,9	430,1	104,5	1,3	25,9	22,6	30,9
1994	43,9	161,6	512,5	106,0	1,3	26,6	23,2	17,4
1995	41,2	151,8	479,9	98,5	1,2	25,0	21,8	16,3
1996	23,7	87,5	276,2	56,2	0,7	14,4	12,5	9,4
1997	26,1	96,1	302,4	61,0	0,8	15,8	13,8	10,2
1998	35,8	131,9	414,7	84,1	1,1	21,7	18,9	13,9
1999	40,0	140,5	462,1	93,9	1,2	24,3	21,2	16,6
2000	37,1	130,1	426,9	87,0	1,1	22,5	19,6	14,3
2001	28,4	101,4	331,6	67,8	0,9	17,5	15,3	11,1
2002	30,0	107,0	348,4	71,6	0,9	18,5	16,1	11,6

2003	35,4	126,6	410,7	84,6	1,1	21,9	19,1	13,6
2004	26,2	89,0	302,6	62,6	0,8	16,2	14,1	10,0
2005	28,5	96,5	326,7	68,0	0,9	17,6	15,3	10,7
2006	40,3	131,9	468,4	98,0	1,2	25,4	22,1	15,2
2007	51,2	167,5	591,9	124,5	1,6	32,2	28,0	19,1
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	20,5	17,8	0,0
TOTAL	**4318,2**	**5796,8**	**13279,5**	**2525,2**	**31,0**	**637,4**	**555,1**	**993,8**

TABLA A3.17 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO ORIGINADAS POR VEHÍCULOS DE CARGA LIVIANA GASOLINA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, 2007

Año Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	PM 2,5	GOR
	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año
1984 y ant	305,1	6009,3	22,4	5,1	1,6	0,7	0,3	201,1
1985	46,1	929,9	3,2	1,0	0,3	0,1	0,1	31,0
1986	82,4	1789,1	8,8	2,4	0,7	0,3	0,1	67,9
1987	100,8	2146,9	20,3	3,2	1,0	0,4	0,2	77,9
1988	53,1	1127,5	16,8	1,9	0,6	0,3	0,1	40,8
1989	35,7	763,5	22,1	2,2	0,7	0,3	0,1	31,1
1990	28,3	566,8	35,6	2,4	0,7	0,3	0,1	21,1
1991	21,0	413,7	28,0	1,9	0,6	0,2	0,1	16,0
1992	15,8	309,7	21,7	1,5	0,5	0,2	0,1	12,1
1993	19,1	377,4	28,2	2,0	0,6	0,3	0,1	14,6
1994	18,4	367,4	28,2	2,0	0,6	0,3	0,1	13,6

1995	16,8	337,8	25,8	1,9	0,6	0,2	0,1	12,1
1996	9,1	189,6	14,4	1,1	0,3	0,1	0,1	6,2
1997	9,5	201,9	15,2	1,2	0,4	0,2	0,1	5,6
1998	10,3	266,3	20,1	1,7	0,5	0,2	0,1	6,0
1999	10,8	284,5	21,5	1,9	0,6	0,2	0,1	7,2
2000	9,3	249,8	18,9	1,8	0,5	0,2	0,1	7,8
2001	6,6	182,1	13,9	1,4	0,4	0,2	0,1	6,1
2002	2,7	177,4	13,8	1,5	0,4	0,2	0,1	1,9
2003	2,8	191,7	15,2	1,7	0,5	0,2	0,1	1,8
2004	5,1	126,7	10,4	1,3	0,4	0,2	0,1	2,2
2005	4,6	121,0	10,2	1,4	0,4	0,2	0,1	2,0
2006	5,2	149,0	11,1	2,0	0,6	0,2	0,1	2,9
2007	5,0	156,6	9,0	2,5	0,7	0,3	0,1	2,6
2008	2,7	88,5	5,6	1,6	0,5	0,2	0,1	1,5
TOTAL	**826,2**	**17524,1**	**440,4**	**48,7**	**14,5**	**6,2**	**2,4**	**593,0**

TABLA A3.18 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO ORIGINADAS POR AUTOMÓVILES PARTICULARES GASOLINA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, 2007

Año Modelo	GOT ton/año	CO ton/año	NOx ton/año	SO2 ton/año	NH3 ton/año	PM10 ton/año	PM 2,5 ton/año	GOR ton/año
1984 y ant	11051,4	13896,8	216,9	5,6	19,9	6,9	2,8	9350,5
1985	2445,1	3200,0	51,7	1,4	4,9	1,7	0,7	2098,1
1986	2555,7	3657,5	245,0	2,0	7,3	2,5	1,0	2095,6

1987	3971,4	6102,7	490,1	3,9	14,6	5,0	2,0	3321,8
1988	4611,0	6637,9	590,0	4,6	17,3	6,0	2,4	2097,9
1989	2198,0	3860,8	515,5	3,6	13,9	4,8	1,9	1061,7
1990	1120,2	3190,6	749,9	3,9	14,7	5,1	2,0	857,0
1991	1481,3	4426,0	1152,9	6,1	22,6	7,8	3,1	1120,8
1992	1766,5	5322,6	1427,0	7,8	29,0	10,0	4,0	1335,2
1993	1630,4	5191,8	1348,0	7,8	28,8	9,9	4,0	683,1
1994	1527,6	4985,2	1285,2	7,7	28,9	10,0	4,0	448,2
1995	1230,9	4142,3	1053,3	6,7	24,9	8,6	3,5	335,3
1996	908,7	3155,1	801,4	5,3	19,9	6,9	2,8	261,9
1997	150,9	2897,3	721,3	5,1	19,1	6,6	2,7	123,7
1998	109,4	2140,9	535,2	4,0	15,0	5,2	2,1	92,8
1999	104,5	2139,5	522,4	4,2	15,7	5,4	2,2	82,1
2000	94,9	2023,5	487,1	4,2	15,8	5,4	2,2	77,4
2001	82,0	1809,1	434,2	4,1	15,2	5,3	2,1	72,4
2002	68,1	1537,0	362,3	3,7	13,9	4,8	1,9	59,3
2003	50,8	1203,5	280,2	3,2	11,9	4,1	1,7	39,5
2004	35,7	915,0	125,6	2,6	9,8	3,4	1,4	26,4
2005	31,6	880,3	119,6	2,8	10,5	3,6	1,5	21,6
2006	27,4	859,8	186,6	3,1	11,6	4,0	1,6	20,1
2007	28,5	941,2	205,7	3,7	13,8	4,8	1,9	21,9
2008	14,8	507,4	113,8	2,1	7,8	2,7	1,1	9,9
TOTAL	**37296,7**	**85623,6**	**14021,1**	**109,2**	**406,7**	**140,3**	**56,6**	**25714,2**

TABLA A3.19 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO ORIGINADAS POR AUTOMÓVILES PARTICULARES DIESEL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, 2007

Año Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	PM 2,5	GOR
	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año
1984 y ant	1,45	0,47	2,02	0,43	0,003	0,09	0,07	0,61
1985	0,34	0,11	0,42	0,09	0,001	0,02	0,02	0,13
1986	0,48	0,17	0,61	0,14	0,001	0,04	0,03	0,16
1987	0,89	0,33	1,21	0,24	0,002	0,07	0,05	0,27
1988	0,97	0,38	1,41	0,38	0,002	0,08	0,06	0,28
1989	0,71	0,30	0,87	0,25	0,002	0,07	0,05	0,21
1990	0,70	0,30	0,90	0,22	0,002	0,07	0,05	0,22
1991	0,96	0,46	1,35	0,40	0,003	0,11	0,08	0,33
1992	1,10	0,57	1,69	0,51	0,004	0,14	0,11	0,39
1993	0,97	0,56	1,63	0,51	0,004	0,14	0,11	0,37
1994	0,64	0,54	1,60	0,51	0,004	0,14	0,11	0,34
1995	0,52	0,45	1,33	0,44	0,003	0,12	0,09	0,27
1996	0,40	0,35	1,03	0,35	0,003	0,10	0,07	0,20
1997	0,36	0,33	0,96	0,34	0,003	0,09	0,07	0,18
1998	0,27	0,25	0,74	0,26	0,002	0,07	0,06	0,13
1999	0,33	0,25	0,74	0,28	0,002	0,08	0,06	0,12
2000	0,25	0,24	0,72	0,28	0,002	0,08	0,06	0,11
2001	0,23	0,23	0,40	0,27	0,002	0,07	0,06	0,10
2002	0,19	0,20	0,35	0,24	0,002	0,07	0,05	0,07

2003	0,18	0,17	0,18	0,21	0,002	0,06	0,04	0,05
2004	0,11	0,13	0,14	0,17	0,001	0,05	0,04	0,04
2005	0,11	0,13	0,15	0,18	0,001	0,05	0,04	0,03
2006	0,11	0,14	0,14	0,20	0,002	0,06	0,04	0,03
2007	0,12	0,16	0,16	0,24	0,002	0,07	0,05	0,02
2008	0,06	0,09	0,09	0,14	0,001	0,04	0,03	0,01
TOTAL	**12,46**	**7,33**	**20,83**	**7,29**	**0,056**	**1,96**	**1,5**	**4,7**

TABLA A3.20 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO ORIGINADAS POR TAXIS GASOLINA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, 2007

Año Modelo	GOT ton/año	CO ton/año	NOx ton/año	SO2 ton/año	NH3 ton/año	PM10 ton/año	PM 2,5 ton/año	GOR ton/año
1984 y ant	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
1985	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
1986	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
1987	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
1988	1,5	2,2	0,2	0,0015	0,01	0,00	0,00	0,69
1989	0,5	0,8	0,1	0,0007	0,00	0,00	0,00	0,22
1990	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
1991	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
1992	0,5	1,6	0,4	0,0023	0,01	0,00	0,00	0,39
1993	0,5	1,5	0,4	0,0023	0,01	0,00	0,00	0,20
1994	1,7	5,4	1,4	0,0084	0,03	0,01	0,00	0,49
1995	215,5	725,2	184,4	1,1741	4,36	1,51	0,61	58,70

1996	173,9	603,7	153,4	1,0203	3,82	1,32	0,53	50,11
1997	18,0	346,2	86,2	0,6095	2,28	0,79	0,32	14,79
1998	16,5	322,1	80,5	0,6013	2,26	0,78	0,31	13,96
1999	7,1	144,4	35,3	0,2821	1,06	0,37	0,15	5,54
2000	8,3	176,9	42,6	0,3712	1,38	0,48	0,19	6,77
2001	14,6	321,5	77,1	0,7244	2,71	0,93	0,38	12,86
2002	10,7	242,7	57,2	0,5859	2,19	0,76	0,31	9,36
2003	8,4	199,7	46,5	0,5273	1,97	0,68	0,27	6,55
2004	3,2	83,1	11,4	0,2382	0,89	0,31	0,12	2,40
2005	3,2	88,0	12,0	0,2808	1,05	0,36	0,15	2,16
2006	4,3	136,3	29,6	0,4900	1,83	0,63	0,26	3,19
2007	4,3	143,6	31,4	0,5646	2,11	0,73	0,29	3,34
2008	3,6	122,0	27,4	0,5030	1,88	0,65	0,26	2,38
TOTAL	**496**	**3667**	**877**	**8,0**	**29,9**	**10,30**	**4,2**	**194,1**

TABLA A3.21 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO ORIGINADAS POR TAXIS DIESEL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA, 2007

Año Modelo	GOT	CO	NOx	SO2	NH3	PM10	PM 2,5	GOR
	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año	ton/año
1984 y ant	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,000	0,00	0,00	0,00
1985	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,000	0,00	0,00	0,00
1986	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,000	0,00	0,00	0,00
1987	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,000	0,00	0,00	0,00
1988	0,0	0,0	0,0	0,0013	0,000	0,00	0,00	0,00

1989	0,0	0,0	0,0	0,0005	0,000	0,00	0,00	0,00
1990	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,000	0,00	0,00	0,00
1991	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,000	0,00	0,00	0,00
1992	0,0	0,0	0,0	0,0015	0,000	0,00	0,00	0,00
1993	0,0	0,0	0,0	0,0015	0,000	0,00	0,00	0,00
1994	0,0	0,0	0,0	0,0056	0,000	0,00	0,00	0,00
1995	0,9	0,8	2,4	0,7815	0,006	0,21	0,16	0,48
1996	0,8	0,7	2,0	0,6832	0,005	0,19	0,14	0,39
1997	0,4	0,4	1,2	0,4081	0,003	0,11	0,08	0,21
1998	0,4	0,4	1,1	0,4050	0,003	0,11	0,08	0,20
1999	0,2	0,2	0,5	0,1900	0,001	0,05	0,04	0,09
2000	0,2	0,2	0,6	0,2471	0,002	0,07	0,05	0,10
2001	0,4	0,4	0,7	0,4850	0,004	0,13	0,10	0,17
2002	0,3	0,3	0,6	0,3923	0,003	0,11	0,08	0,12
2003	0,3	0,3	0,3	0,3531	0,003	0,10	0,07	0,09
2004	0,1	0,1	0,1	0,1595	0,001	0,04	0,03	0,04
2005	0,1	0,1	0,2	0,1880	0,001	0,05	0,04	0,03
2006	0,2	0,2	0,2	0,3281	0,003	0,09	0,07	0,04
2007	0,2	0,3	0,2	0,3780	0,003	0,10	0,08	0,04
2008	0,1	0,2	0,2	0,3327	0,003	0,09	0,07	0,02
TOTAL	**5**	**5**	**10**	**5,3**	**0,042**	**1,46**	**1,1**	**2,0**

A continuación se presentan las tablas resumen del inventario de fuentes móviles, por tipo de vehículo:

TABLA 3.22 EMISIONES GENERADAS POR FUENTES MÓVILES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE COSTA RICA

Tipo de vehículo	Emisiones (ton/año)							
	GOT	CO	NOx	SO_2	NH_3	PM10	PM2,5	GOR
Automóviles	37309,2	85630,9	14041,9	116,5	406,7	142,3	58,1	25718,9
Taxis	501	3672	887	13,3	29,942	11,76	5,3	196,1
Motocicletas	2331	9520	576	47,4	4,9	17,3	9,3	967,1
Autobuses	605	2179	7074	591,7	5,1	105,4	91,7	330,5
Carga Liviana	5144,4	23320,9	13719,9	2573,9	45,5	643,6	557,5	1586,8
Carga Pesada	6132,6	3758,3	4129,9	560,5	8,24	169,69	147,8	3772,5
TOTAL	52023	128081	40428,7	3903,3	500,4	1090,0	870	32571,9

A4. Memoria de Cálculo de Emisiones: Fuentes Biogénicas

Las fuentes biogénicas incluyen las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COV) producidas por los bosques, cultivos y suelos. La estimación se realizó mediante la aplicación del Sistema Global de Emisiones e Interacciones de la Biosfera, versión 3.2 (GloBEIS3.2, *Global Biosphere Emission and Interactions System,*), desarrollado por la Comisión para la Calidad Ambiental de Texas (Texas Commission on Environmental Quality, TCEQ) el cual se basa en modelos elaborados por la Environmental Protection Agency (EPA) (Yarwood *et al*, 2002).

Los COV se desagregaron en 13 especies entre los que destacan el isopreno (ISO) y terpenos (TERP). Se empleó la información geográfica, meteorológica, de uso de suelo siguiente:

INFORMACIÓN DE PARTIDA

La zona de estudio se limitó al Área Metropolitana de Costa Rica, que comprende 31 cantones en total. El mapa de la figura A4.1 muestra los límites de la ZMSJ para los que se calcularon las emisiones biogénicas.

Zona Metropolitana de San José, Costa Rica

CÓDIGO	CANTÓN	CÓDIGO	CANTÓN
0201	ALAJUELA	0115	MONTES DE OCA
0110	ALAJUELITA	0107	MORA
0106	ASERRÍ	0114	MORAVIA
0205	ATENAS	0307	OREMUNO
0402	BARVA	0302	PARAÍSO
0407	BELÉN	0208	POAS
0301	CARTAGO	0406	SAN ISIDRO
0118	CURRIDABAT	0101	SAN JOSE

FIGURA A4.1. ZONA DE ESTUDIO

Se construyó una malla rectangular de 15x10 celdas para realizar el análisis por celda, por considerar que resulta más preciso que el análisis por cantón, posteriormente se reintegrarán las áreas para obtener el volumen de emisiones de cada cantón (ver figura A4.2).

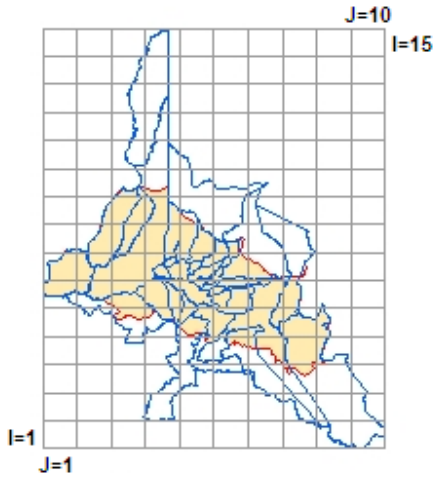


FIGURA A4.2. MALLA DEL DOMINIO.

Para determinar la temperatura media anual por celda se generaron las superficies de interpolación de temperatura las cuales se obtuvieron empleando la información de las 14 estaciones meteorológicas de Costa Rica indicadas en el cuadro 1 (www.imn.ac.cr). La figura A4.3 muestra la localización de dichas estaciones y las superficies generadas. La utilización de la temperatura máxima media anual significa que se realiza la estimación del escenario de máximas emisiones anuales.

Tabla A4.1. Estaciones meteorológicas con información de temperatura.

Estación	Cantón	Longitud	Latitud	Temperatura máxima Med Anual (°C)
679, Upala	Upala	-85.066667	10.883333	31.1
633, Comando Los Chiles	Los Chiles	-84.716667	11.033333	31.6

661, Ciudad Quesada	San Carlos	-84.416667	10.300000	25.6
20, Aer. Daniel Oduber	Liberia	-85.533333	10.583333	33.0
157, La Ceiba	Nicoya	-85.316667	10.100000	33.6
27, Puntarenas	Puntarenas	-84.833333	9.966667	29.7
141, Aranjuez	San José	-84.083333	9.933333	24.9
169, Aer. Juan Stamaría	Alajuela	-84.216667	10.000000	28.4
111, Santa Lucía	Barva de Heredia	-84.100000	10.016667	25.1
123, ITCR	Cartago	-83.900000	9.850000	23.8
27, PINDECO	Buenos Aires	-83.333333	9.133333	31.0
9, Damas	Aguirre	-84.200000	9.483333	31.0
24, Río Claro	Golfito	-83.050000	8.666667	31.8
3, Limón	Limón	-83.016667	9.950000	29.8
145, ECAG	Orotina	-84.366667	9.933333	31.4

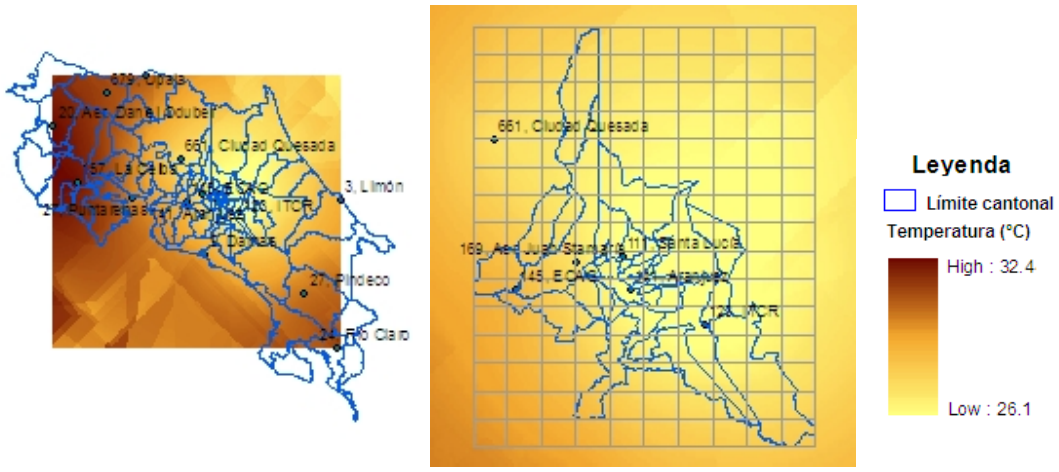


FIGURA A4.3. ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y SUPERFICIES DE INTERPOLACIÓN DE TEMPERATURA MEDIA ANUAL.

Se emplearon datos de Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) obtenidos por medio de satélite por la Agencia de Estudio Solares de la NASA los cuales se presentan en la tabla A4.2.

Tabla A4.2. Radiación Fotosintéticamente Activa Media Mensual

MES	PAR (W/m2)
ENERO	87.5
FEBRERO	100
MARZO	122.5
ABRIL	110
MAYO	105
JUNIO	100
JULIO	100
AGOSTO	100
SEPTIEMBRE	100
OCTUBRE	87.5
NOVIEMBRE	87.5
DICIEMBRE	87.5
Media Anual	**99.0**

Se emplearon datos de uso de suelo oficiales para la zona de estudio en los que se resalta la gran proporción de zonas de vegetación. La figura A4.4 presenta el mapa empleado en este análisis.

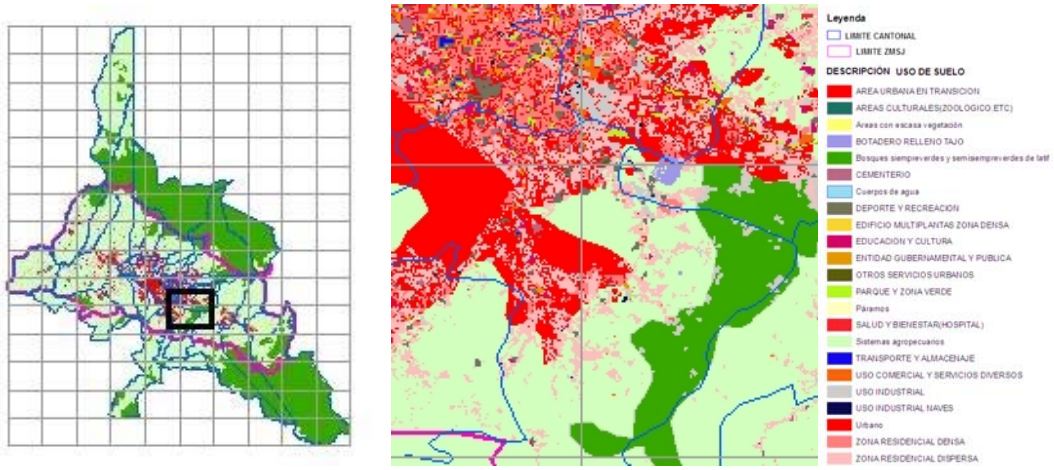


FIGURA A4.4. USO DE SUELO.

RESULTADOS

Una vez transferida la información anterior al formato requerido, se procedió a realizar las corridas en el programa GloBEIS V3.2. Las figuras A4.5 a A4.10 muestran mapas con los resultados de emisiones para los diferentes compuestos. Es importante señalar que únicamente se deben considerar los resultados comprendidos dentro de los límites cantonales ya que solo en estas se definió clasificación de uso de suelos.

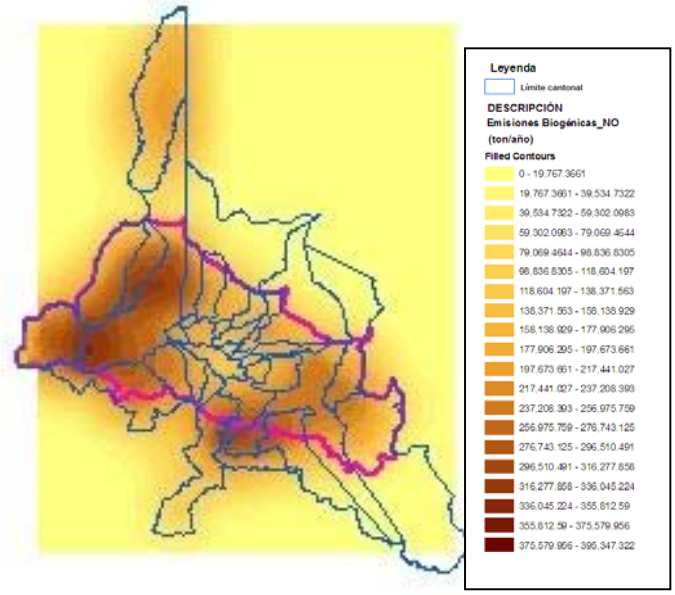


FIGURA A4.5. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE EMISIONES BIOGÉNICAS DE NO.

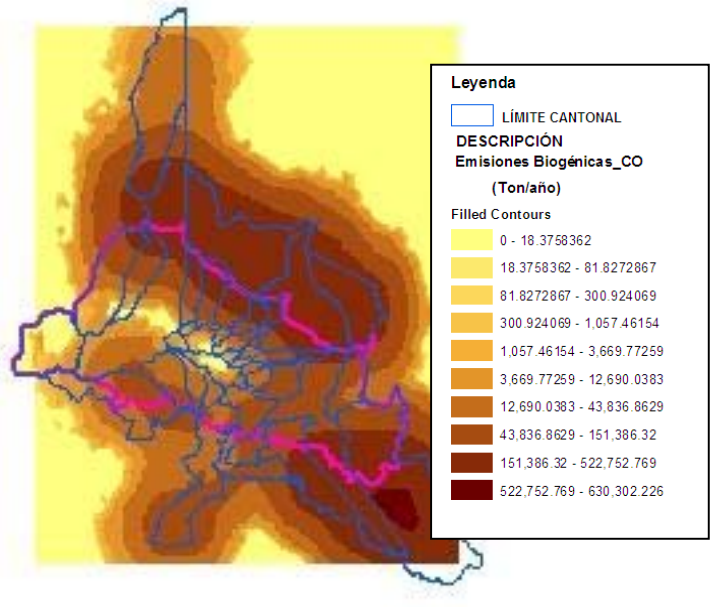


Figura A4.6. Distribución espacial de emisiones biogénicas de CO.

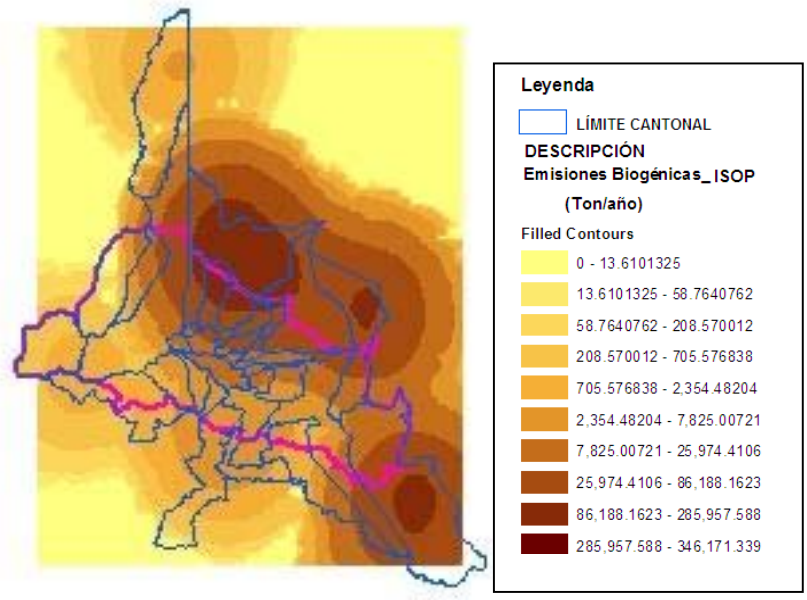


Figura A4.7. Distribución espacial de emisiones biogénicas de Isopreno.

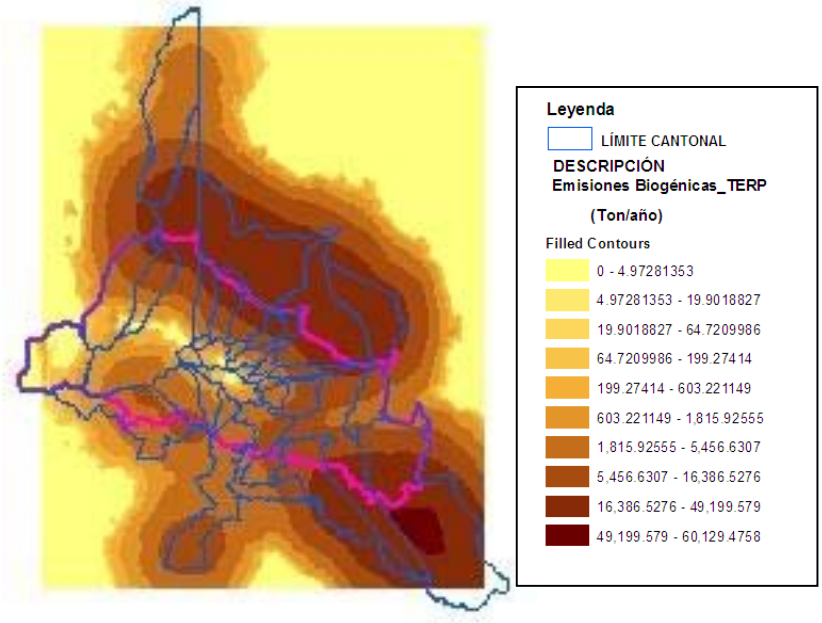


Figura A4.8. Distribución espacial de emisiones biogénicas de Terpenos.

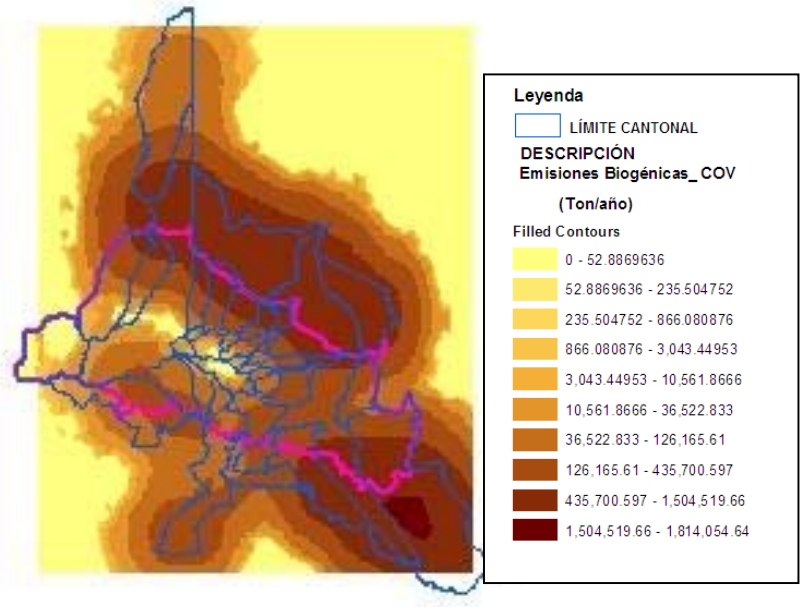


Figura A4.9. Distribución espacial de emisiones biogénicas de otros COV.

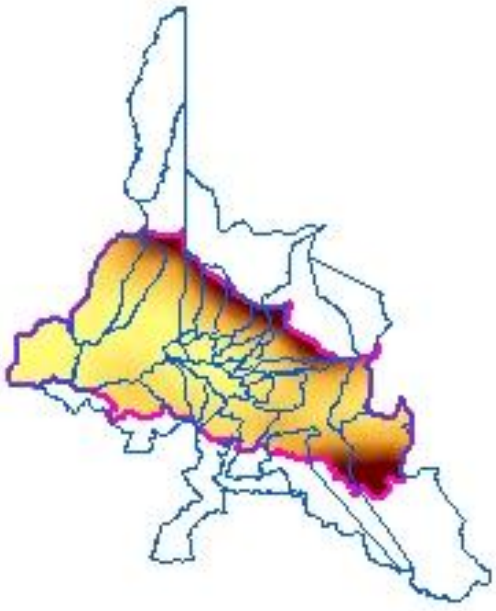


Figura A4.10. Ejemplo de extracción de resultados de CO para la ZMSJ

Una vez extraída la información para las áreas de cada Cantón que integran la Zona Metropolitana como se muestra en la figura A4.10, se procesaron y se resumieron en la tabla A4.3.

Como se puede observar, la media anual de las emisiones biogénicas de NO alcanzan un máximo de 5,696,907 toneladas. Así mismo las emisiones máximas de CO equivalen a 1,226,848 toneladas al año. Las emisiones máximas de compuesto orgánicos volátiles alcanzan, en conjunto; considerando terpenos e isopreno y demás COVs, 3,692,192 toneladas anuales.

Una comparación entre los mapas de las figuras 4 y 5 nos muestra que las emisiones de óxidos de nitrógeno están asociadas con las áreas de cultivo principalmente. En cambio las emisiones de CO y COV se observan principalmente en las zonas de bosques.

Tabla A4.3. Media Anual de Emisiones Biogénicas Máximas de la GAM por Cantón (Ton/año)

CANTÓN	NO	CO	ISOP	OLE	PAR	XYL	FORM	ALD2	ETH	MEOH	ETOH	NR	TERP	ALDX	ETHA
ALAJUELA	691919	62791	1655	3,837	40,724	261.4	4,186	5,232	5,232	104,651	6,279	4,700	6,091	1,744	1,046
ALAJUELITA	40627	11701	0	715	7,584	48.2	780	975	975	19,501	1,170	874	1,124	325	195
ASERRÍ	46967	30967	0	1,892	20,064	126	2,064	2,580	2,580	51,612	3,096	2,312	2,954	860	516
ATENAS	92150	31,7	15,8	1.9	22.8	0.4	2.1	2.6	2.6	52.8	3.2	3.1	8.5	0.9	0.5
BARVA	126343	5544	0	338.8	3,601	23.6	369	462	462	9,240	554	416	551	154	92.
BELÉN	23547	74,5	0	4.6	53.5	0.9	5.0	6.2	6.2	124.2	7.4	7.2	20.1	2.1	1.2
CARTAGO	325467	126323	6287	7,719	81,894	522.0	8,421	10,527	10,527	210,539	12,632	9,445	12,164	3,509	2,105
CURRIDABAT	8517	201,8	96,5	12.3	144.9	2.3	13.5	16.8	16.8	336.4	20.2	19.5	54.4	5.6	3.4
DESAMPARADOS	108266	30857	4740	1,885	20,004	127.5	2,057	2,571	2,571	51,429	3,085	2,307	2,970	857	514
EL GUARCO	97731	18396	3616	1,124.2	11,923	75.7	1,226.4	1,533.0	1,533.0	30,660.1	1,839.6	1,374.7	1,765.1	511.0	306.6
ESCAZU	78348	18508	0	1,131.1	11,998	76.5	1,233.9	1,542.4	1,542.4	30,847.5	1,850.8	1,383.8	1,781.5	514.1	308.5
FLORES	14568	46,3	0	2.8	33.3	0.5	3.1	3.9	3.9	77.2	4.6	4.5	12.5	1.3	0.8
GOICOECHEA	40624	1610	452,4	98.4	1,064.1	8.8	107.4	134.2	134.2	2,683.8	161.0	126.8	205.4	44.7	26.8
GRECIA	114794	65,7	12,8	4.0	47.1	0.8	4.4	5.5	5.5	109.5	6.6	6.4	17.7	1.8	1.1
HEREDIA	44384	385,0	109,1	23.5	262.7	3.0	25.7	32.1	32.1	641.6	38.5	32.9	69.7	10.7	6.4
LA UNIÓN	40311	4243	2187	259.3	2,780.5	20.7	282.9	353.6	353.6	7,071.8	424.3	326.7	482.9	117.9	70.7
MONTES DE OCA	10520	175,9	65,4	10.8	123.4	1.7	11.7	14.7	14.7	293.2	17.6	16.1	40.2	4.9	2.9

MORA	145269	4866	1939	297.4	3,157.4	20.4	324.5	405.6	405.6	8,111.4	486.7	364.6	474.2	135.2	81.1
MORAVIA	43581	17583	12488	1,074.5	11,403	73.2	1,172.2	1,465.3	1,465.3	29,305.3	1,758.3	1,316.3	1,705.3	488.4	293.1
OREMUNO	138467	50754	106,3	3,101.7	32,894	208.8	3,383.6	4,229.5	4,229.5	84,590.6	5,075.4	3,792.2	4,865.4	1,409	845.9
PARAÍSO	288316	219956	2417	13,441.8	142,53	902.6	14,663	18,329	18,329	366,594.9	21,995.7	16,427.8	21,033.5	6,109	3,666.0
POAS	95013	14899	4,5	910.5	9,658.4	61.5	993.3	1,241.6	1,241.6	24,832.3	1,489.9	1,113.8	1,433.0	413.9	248.3
SAN ISIDRO	41754	19338	13715	1,181.8	12,541	80.3	1,289.3	1,611.6	1,611.6	32,231.4	1,933.9	1,447.2	1,872.1	537.2	322.3
SAN JOSÉ	100639	5044	0.0	308.3	3,283.3	22.2	336.3	420.4	420.4	8,407.2	504.4	381.3	518.4	140.1	84.1
SAN PABLO	11241	69,5	0.0	4.2	49.9	0.8	4.6	5.8	5.8	115.8	6.9	6.7	18.7	1.9	1.2
SAN RAFAEL	109882	2507	1172	153.2	1,636.7	11.6	167.2	209.0	209.0	4,179.2	250.7	191.0	269.2	69.7	41.8
SANTA ANA	155518	37535	402,1	2,293.9	24,331	154.8	2,502.4	3,128.0	3,128.0	62,559.9	3,753.6	2,805.6	3,606.5	1,042	625.6
SANTA BÁRBARA	133303	21238	0.0	1,297.9	13,768	87.7	1,415.9	1,769.9	1,769.9	35,397.7	2,123.9	1,588.0	2,044.8	590.0	354.0
SANTO DOMINGO	32206	193,2	16,4	11.8	138.7	2.2	12.9	16.1	16.1	322.0	19.3	18.7	52.1	5.4	3.2
TIBAS	17035	52,3	0.0	3.2	37.6	0.6	3.5	4.4	4.4	87.2	5.2	5.1	14.1	1.5	0.9
VÁZQUEZ DE CORONADO	105876	9696	5617	592.6	6,306.0	42.2	646.4	808.0	808.0	16,160.6	969.6	731.4	983.5	269.3	161.6
TOTAL	3323196	715661	57118	43,735	464,07	2,970	47,711	59,638	59,638	1,192,769	71,566	53,548	69,205	19,87	11,928

ANEXO. Especies de COV incluidas en GLOBEIS y sus asignaciones a especies CB4. (Yarwood *et al*, 2002).

	OLE	PAR	TOL	XYL	FORM	ALD2	ETH	MEOH	ETOH	ISOP	NR	NCarbon
Isoprene										1		5
Ethanol								1				1
α-pinene	0.5	6				1.5						10
methyl butenol	1	3										5
β-Pinene	1	8										10
Δ3 –Carene	0.5	6				1.5						10
Hexenylacetate	1	5									1	8
Ethene							1					2
Ethanol									1			2
Acetone		2									1	3
hexenal	1	2				1						6
hexenol	1	4										6
propene	1	1										3
sabinene	1	8										10
d-limonene	1	4				2						10
β-phellandrene	2	6										10
r-cymene		2		1								10
myrcene	3	4										10
butene	1	2										4
acetaldehyde						1						2
formaldehyde					1							1
hexanal		4				1						6
camphene	1	8										10
camphor		9									1	10
bornyl acetate		11									1	12
α-thujene	1	8										10
Terpinolene	2	6										10
α-terpinene	2	6										10
γ-terpinene	2	6										10
ocimene	3	4										10
1,8-cineole		10										10
piperitone	1	7									1	10
butanone		3									1	4
ethane		0.4									1.6	2
acetic acid		1									1	2
formic acid											1	1

OLE: Olefinas, PAR: parafinas ,TOL: tolueno, XYL; xileno, FORM: formaldehído, ALD2: aldehídos, ETH: eteno, MEOH: metanol, ETOH: etanol, ISO: isopreno, NR: no reactivos

A5. Encuesta aplicada a fuentes fijas

FORMATO PARA SOLICITAR INFORMACION DE FUENTES FIJAS

<table>
<tr><th colspan="2">PARA SER LLENADO POR EL ESTABLECIMIENTO</th></tr>
<tr><td>1) NOMBRE O RAZÓN SOCIAL:</td><td rowspan="8">2) DOMICILIO:

Dirección exacta:

Distrito:

Cantón:

Provincia:

Teléfono:

Correo electrónico:</td></tr>
<tr><td>3) CEDULA JURIDICA:</td></tr>
<tr><td>4) FECHA DE INICIO DE OPERACIONES:</td></tr>
<tr><td>5) NOMBRE DEL FUNCIONARIO DE LA EMPRESA QUE COMPLETA LA PRESENTE ENCUESTA</td></tr>
<tr><td>6) CARGO DEL FUNCIONARIO QUE COMPLETA LA PRESENTE ENCUESTA</td></tr>
<tr><td>7) FECHA DE PRESENTACIÓN DE LA ENCUESTA:</td></tr>
<tr><td>8) NOMBRE DEL ENTREVISTADOR (USO EXCLUSIVO DE LA UNA):</td></tr>
</table>

I. DATOS PARA EL REGISTRO DEL ESTABLECIMIENTO

DATOS GENERALES			
9	**Actividad principal del establecimiento:**		
10	**Actividad secundaria del establecimiento:**		
11	**Productos que genera la empresa:**		
12	**Datos de la empresa:**	**Número de permiso de funcionamiento Ministerio de Salud**	
		Fecha de vencimiento del permiso de funcionamiento	
		Código CIIU asignado en el permiso de funcionamiento:	
		Número de Patente Municipal	

II.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

13. Coordenadas geográficas, coordenadas UTM (en caso de contar con ellas) (para uso exclusivo de la UNIVERSIDAD NACIONAL).

Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM	
Latitud Norte	**Longitud Oeste**	**X**	**Y**

III. INFORMACIÓN TÉCNICA GENERAL (DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y SERVICIOS)

14. NÚMERO DE TRABAJADORES

Administrativos	
Operativos	
Total	

15. HORARIO DE OPERACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO Y PERIODO DE MAYOR ACTIVIDAD

Turno _____			
Lunes a Viernes	De	a	horas
Sábado	De	a	horas
Domingo	De	a	horas
Semanas laboradas al año			

Turno _____			
Lunes a Viernes	De	a	horas
Sábado	De	a	horas
Domingo	De	a	horas
Semanas laboradas al año			

Turno _____			
Lunes a Viernes	De	a	horas
Sábado	De	a	horas
Domingo	De	a	horas
Semanas laboradas al año			

16. INFORMACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS:

Nombre del proceso	
Código Asignado al proceso	
Frecuencia de operación del proceso	**_____diaria _____semanal _____mensual** **Descripción:**
Descripción del	

proceso	
Número de funcionarios operativos que participan en el proceso	
Variabilidad del proceso (picos)	

Nombre del proceso	
Código Asignado al proceso	
Frecuencia de operación del proceso	**_____diaria _____semanal _____mensual** **Descripción:**
Descripción del proceso	
Número de funcionarios operativos que participan en el proceso	
Variabilidad del proceso (picos)	

Nombre del proceso	
Código Asignado al proceso	
Frecuencia de operación del proceso	**_____diaria _____semanal _____mensual** **Descripción:**
Descripción del proceso	

Número de funcionarios operativos que participan en el proceso	
Variabilidad del proceso (picos)	

Nombre del proceso	
Código Asignado al proceso	
Frecuencia de operación del proceso	**_____diaria _____semanal _____mensual** **Descripción:**
Descripción del proceso	
Número de funcionarios operativos que participan en el proceso	
Variabilidad del proceso (picos)	

Nombre del proceso	
Código Asignado al proceso	
Frecuencia de operación del proceso	**_____diaria _____semanal _____mensual** **Descripción:**
Descripción del proceso	

Número de funcionarios operativos que participan en el proceso	
Variabilidad del proceso (picos)	

17. INSUMOS DIRECTOS E INDIRECTOS

En este apartado se incluye materia prima, materiales o sustancias utilizadas en los procesos, sin olvidar las ocupadas en servicios auxiliares, mantenimiento, tratamiento y limpieza. No se incluyen insumos indirectos que se utilizan en actividades administrativas. (Ver Instructivo General).

Código del proceso	**Nombre**		**Estado físico**	**Forma de almacenamiento**	**Consumo anual**	
	Comercial	**Químico**			**Cantidad**	**Unidad**

18. PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS

Esta tabla debe ser llenada de acuerdo a la producción anual realizada (para industrias), considerando la clasificación únicamente por estado físico.

Código del proceso	Nombre del producto	Estado físico	Forma de Almacenamiento	Producción anual	
				Cantidad	Unidad
	Subproductos			Cantidad	Unidad

19. Si la instalación se trata de servicios o comercio, los datos deben ser llenados de forma anual de acuerdo al giro

No aplica ☐

Código del proceso	Nombre del servicio	Servicios anuales
		Cantidad

20. CONSUMO MENSUAL DE COMBUSTIBLES FÓSILES

Si el establecimiento utiliza combustibles dentro de su actividad productiva, llenar la siguiente tabla. No se deberá incluir el combustible usado para las flotillas de transporte de producto. Si la cantidad de combustible es variable durante el periodo de un año, colocar la información correcta.

Mes	Tipo de Combustible "1"	Consumo mensual		Tipo de Combustible "2"	Consumo mensual		Tipo de Combustible "3"	Consumo mensual	
		Cantidad	Unidad		Cantidad	Unidad		Cantidad	Unidad
Enero									
Febrero									
Marzo									
Abril									
Mayo									
Junio									
Julio									
Agosto									
Septiembre									
Octubre									
Noviembre									
Diciembre									
Total									

21. CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA, EQUIPO O ACTIVIDAD QUE GENERA GASES DE COMBUSTION, PARTÍCULAS Y/O COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

Indicar el nombre del equipo (proceso, maquinaria o actividad), en la cual se generan contaminantes atmosféricos, incluyendo el número de identificación de la maquinaria, equipo o actividad en que se generan, según corresponda en los diagramas de operación y funcionamiento.

☐ **No aplica**

Nombre del equipo o actividad	Tipo de emisión	Operación		Tiempo de operación		Trabaja de forma continua		Solo para equipos de combustión					
								Capacidad del equipo		Consumo anual de combustible(s)			Tipo de quemador
		Inicio	Paro	d/año	h/año	Si	No	Cantidad	Unidad	Tipo	Cantidad	Unidad	

22. EQUIPOS DE CONTROL DE CONTAMINANTES

En caso de contar con equipos de control de contaminantes atmosféricos, llenar la siguiente tabla. Algunos de estos equipos pueden ser, por ejemplo, lavadores, precipitadotes, colectores, incineradores, etc.

No aplica ☐

Nombre del equipo, maquinaria o actividad emisora del contaminante	Fecha de instalación	Nombre del equipo de control	Tipo de tratamiento ó equipo de control		
			Clave	Eficiencia estimada (%)	Método de estimación

23. RESULTADOS DE MEDICIÓN DIRECTA (Para uso exclusivo de la UNIVERSIDAD NACIONAL)

De acuerdo a los resultados de los estudios de emisiones, llenar las tablas siguientes.

No aplica ☐

Maquinaria, equipo o actividad evaluado	Fecha de evaluación	Chimenea y/o ducto	Altura (m)	Diámetro (m)	Parámetros (condiciones finales)							Cumple	
					O_2 (%)	CO (ppm)	CO_2 (%)	PST (mg/m^3)	Velocidad de los gases (m/s)	SO_2 (kg)	NO_x (ppm)	Sí	No

24. ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES Y DISOLVENTES:

Número de Tanque	Tipo de Tanque	Tipo de Techo	Producto almacenado	Altura del Tanque	Altura de operación del tanque	Capacidad de operación	Capacidad de diseño	Color y estado de la pintura del tanque	Volumen bombeado

Yo _____, cédula de identidad_____, representante legal de la empresa_____ doy fe de la que la información consignada en este cuestionario es verdadera

Firma:_____

Sello:_____

La información contenida en este formulario es de uso exclusivo del Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, para efectos del desarrollo del proyecto del primer inventario de emisiones del Gran Área Metropolitana. La información será manejada de forma estrictamente confidencial.

PARA INFORMACION ADICIONAL O DUDAS AL COMPLETAR LA PRESENTE ENCUESTA COMUNICARSE CON:

DR. JORGE HERRERA MURILLO EMAIL: jherrer@una.ac.cr