

INFORME FINAL

FORTALECIMIENTO TECNOLÓGICO DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE Y EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI

CONTRATO DE CONSULTORÍA N° 4133.0.26.1.173 DE 2012

CONTRATANTE:



CONTRATISTA:



BUCARAMANGA
DICIEMBRE
2012

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. GENERALIDADES	2
2.1. EQUIPO DE TRABAJO.....	2
2.2. ANTECEDENTES.....	3
2.2.1. GESTIÓN INSTITUCIONAL DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL EN LA CUAL SE ENMARCA EL INVENTARIO DE EMISIONES.....	3
2.2.2. INVENTARIOS DE EMISIONES ANTERIORES	3
2.3. FICHA TÉCNICA DEL INVENTARIO DE EMISIONES	5
2.3.1. PROPÓSITO.....	6
2.3.2. ALCANCES.....	8
2.3.3. SVCA ASOCIADO.....	8
2.3.4. DOMINIO.....	8
2.3.5. ÁMBITO TEMPORAL	16
2.3.6. CONTAMINANTES CONSIDERADOS	16
2.3.7. TIPOS DE FUENTES	23
2.4. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	28
2.4.1. INFORMACIÓN ALMACENADA EN LA BASE DE DATOS	29
2.4.2. CONSULTAS.....	29
3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES.....	31
3.1. SOLICITUD Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	31
3.1.1. FUENTES PUNTUALES.....	31
3.1.2. FUENTES DE ÁREA.....	33
3.1.3. FUENTES MÓVILES	36
3.1.4. FUENTES NATURALES.....	39
3.2. CONSOLIDADO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.....	39
3.3. ACREDITACIÓN ANTE EL IDEAM.....	41
3.3.1. VISITA ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE	41

3.3.2.	VISITA LABORATORIO AMBIENTAL DAGMA	43
3.3.3.	REUNIONES CON EL INTERVENTOR DEL PROYECTO	44
3.4.	DIFICULTADES PRESENTADAS EN LA TOMA DE INFORMACIÓN	44
4.	CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	46
4.1.	FUENTES PUNTUALES.....	46
4.1.1.	CÁLCULOS POR COMBUSTIÓN	46
4.1.3.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES	48
4.1.4.	RESULTADOS DE EMISIONES.....	56
4.2.	FUENTES DISPERSAS O DE ÁREA	64
4.2.1.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA LA CATEGORÍA DE USO DE SOLVENTES.....	66
4.2.2.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES POR COMBUSTIÓN EN FUENTES ESTACIONARIAS	80
4.2.3.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES POR TRABAJOS Y EXPLOTACIÓN DE MINERALES	94
4.2.4.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA EL SECTOR AGRÍCOLA Y PECUARIO	104
4.2.5.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA SECTORES VARIOS	106
4.2.6.	RESULTADOS DE EMISIONES TOTALES.....	116
4.3.	FUENTES MÓVILES	118
4.3.1.	DESCRIPCIÓN DEL MODELO	121
4.3.2.	MÓDULOS E INTRODUCCIÓN DE DATOS	122
4.3.3.	VELOCIDAD PROMEDIO Y VOLÚMENES DE TRANSITO	123
4.3.4.	MÓDULO DE DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR.....	126
4.4.	FUENTES NATURALES.....	141
4.4.1.	METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES BIOGÉNICAS.....	141
4.4.2.	ESTIMACIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR INCENDIOS FORESTALES.....	145
4.4.3.	RESULTADOS DE EMISIONES TOTALES.....	146
4.5.	INVENTARIO DE EMISIONES TOTALES.....	147
4.6.	HUELLA DE CARBONO	149
5.	AUDITORIA DIAGNÓSTICO DOCUMENTAL REQUISITOS TÉCNICOS	154
5.1.	OBJETIVO.....	154
5.2.	ALCANCE	154
5.3.	GENERALIDAD	154
5.4.	RELACIÓN DE DOCUMENTOS.....	154

5.5.	RECOMENDACIONES.....	155
5.6.	CONCLUSIONES.....	155
6.	CONCLUSIONES.....	157
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	162

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Municipio de Santiago de Cali – Dominio Inventario de Emisiones.....	9
Figura 2.2 Establecimientos según actividad económica	11
Figura 2.3 Porcentaje de deposición de partículas en cada órgano del sistema respiratorio.	18
Figura 2.4 Tipos de Fuentes	23
Figura 2.5 Fuentes Puntuales.....	24
Figura 2.6 Fuentes de Área	25
Figura 2.7 Fuentes Móviles	25
Figura 2.8 Emisiones presentes en los vehículos	26
Figura 2.9 Esquema Fuentes Biogénicas	27
Figura 2.10 Entrada al sistema InvEmisiones.....	28
Figura 2.11 Pantalla principal de InvEmisiones.....	28
Figura 3.1 Pasos técnicos para el desarrollo de un inventario de emisiones	31
Figura 3.2 Registro fotográfico Estación Éxito La Flora.....	42
Figura 3.3 Registro fotográfico Estación La ERA	42
Figura 3.4 Registro fotográfico Estación Móvil	43
Figura 3.5 Registro fotográfico Laboratorio Ambiental DAGMA	43
Figura 4.1 Algoritmo para el cálculo de emisiones por combustión.....	47
Figura 4.2 Algoritmo de cálculo de emisiones por proceso.....	48
Figura 4.3 Porcentajes de emisiones por contaminante	60
Figura 4.4 Aportes de emisiones por comuna	63
Figura 4.5 Aportes totales por comuna	64
Figura 4.6 Relación porcentual de emisiones totales por sector de uso de solventes	80
Figura 4.7 Uso del Gas Natural en Cali (%).....	81
Figura 4.8 Emisiones por combustión de gas natural	82
Figura 4.9 Emisiones por uso de GLP	84
Figura 4.10 Uso de gasolina diferente a transporte	85

Figura 4.11 Comercio de combustibles y lubricantes	86
Figura 4.12 Tipos de DIESEL usados para fuentes de área (%)	88
Figura 4.13 COVs emitidos por distribución de gasolina	91
Figura 4.14 Emisiones por fuentes estacionarias	94
Figura 4.15 Relación porcentual de emisiones de material particulado por trabajos de explotación de minerales.....	104
Figura 4.16 Distribución de Panaderías en Cali.....	107
Figura 4.17 Distribución porcentual de emisiones atmosféricas por quema de caña de azúcar	111
Figura 4.18 Emisiones por quema de caña de azúcar.....	111
Figura 4.19 Emisiones totales de contaminantes por fuentes de área	117
Figura 4.20 Porcentajes de emisión de contaminantes por sector industrial	118
Figura 4.21 Puntos aforadas	120
Figura 4.22 Estructura interna del modelo IVA.....	121
Figura 4.23 Ventana del Módulo de Cálculo del Modelo IVE	122
Figura 4.24 Ventana Módulo de Localidad del modelo IVE	123
Figura 4.25 Distribución vehicular de las vías aforadas	128
Figura 4.26 Perfil de Flujo Vehicular Horario	130
Figura 4.27 Emisiones por tipo de vía	133
Figura 4.28 Emisiones generadas por los tipos de vías en toneladas por kilómetro.....	134
Figura 4.29 Tendencia horaria de emisiones	135
Figura 4.30 Tendencia horaria de emisiones por contaminante	136
Figura 4.31 Emisiones por tipo de combustible.....	137
Figura 4.32 Porcentajes de emisión por contaminante	138
Figura 4.33 Emisiones por tipo de vehículo	139
Figura 4.34 Porcentajes de emisiones por contaminante	141
Figura 4.35 Porcentajes de emisiones de contaminantes por fuentes naturales	144
Figura 4.36 Comportamiento de las emisiones por fuentes naturales.....	145
Figura 4.37 Emisiones generadas por los incendios forestales	146
Figura 4.38 Emisiones totales de las fuentes naturales.....	147
Figura 4.39 Emisiones totales por tipo de fuente.....	149

Figura 4.40 Emisiones totales por tipo de fuente	149
Figura 4.41 Emisiones de CO ₂ equivalente por actividad	153

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Información general del equipo de trabajo	2
Tabla 2.2 Ficha Técnica del Inventario de Emisiones.....	5
Tabla 2.3 Características de un inventario general de emisiones	7
Tabla 2.4 Participación de actividades económicas en las comunas de Santiago de Cali	11
Tabla 2.5 Tipos de Industrias Presentes en el área urbana de Santiago de Cali.....	12
Tabla 2.6 Número de habitantes en Santiago de Cali.....	15
Tabla 2.7 Generalidades Material Particulado.....	17
Tabla 2.8 Generalidades Monóxido de Carbono	18
Tabla 2.9 Generalidades Óxidos de Nitrógeno	19
Tabla 2.10 Generalidades Óxidos de Azufre	20
Tabla 2.11 Generalidades Compuestos Orgánicos Volátiles.....	21
Tabla 2.12 Clasificación de los Hidrocarburos	22
Tabla 2.13 Generalidades Dióxido de Carbono.....	22
Tabla 3.1 Itinerario de las visitas de campo.....	33
Tabla 3.2 Visitas de Campo	34
Tabla 3.3 Puntos de aforos vehiculares	38
Tabla 3.4 Consolidado información solicitada y suministrada	39
Tabla 4.1 Fuentes de los factores de emisión empleados para fuentes puntuales.....	51
Tabla 4.2 Emisiones Totales de fuentes puntuales discriminadas por código CIU	56
Tabla 4.3 Porcentaje de Emisiones de fuentes puntuales discriminadas por código CIU	57
Tabla 4.4 Aporte de emisiones por comunas en Ton/año y porcentaje.....	62
Tabla 4.5 Agrupación de las fuentes de área.....	64
Tabla 4.6 Proyecciones de Población.....	66
Tabla 4.7 Uso de solventes más comunes	67
Tabla 4.8 Factores de emisión para las tintas.....	68
Tabla 4.9 Emisiones de COVs Artes Gráficas.....	69

Tabla 4.10 Emisiones de COVs Lavado en Seco	71
Tabla 4.11 Emisiones de COVs Limpieza de Superficies y Desengrasado	72
Tabla 4.12 Emisiones de COVs por recubrimiento de superficies arquitectónicas.	73
Tabla 4.13 Emisiones de COVs por recubrimiento industrial de superficies	75
Tabla 4.14 Emisiones de COVs por recubrimiento de recubrimiento de carrocerías.....	76
Tabla 4.15 Factores de Emisión utilizados para el cálculo de COVs	77
Tabla 4.16 Emisiones de COVs por demarcación de vías.....	78
Tabla 4.17 Relación de solvente utilizado por tipo de curado.....	78
Tabla 4.18 Emisiones de COVs por pavimentos flexibles usado en mezclas de curado rápido medio y lento	79
Tabla 4.19 Emisiones de COVs por uso de solventes.....	79
Tabla 4.20 Consumo de gas natural (m^3) en Cali por sectores	81
Tabla 4.21 Consumo de gas natural en Cali por sectores	82
Tabla 4.22 Consumo de gas natural en Cali por sectores	82
Tabla 4.23 Factores de emisión por combustión	83
Tabla 4.24 Emisiones por uso de GLP	83
Tabla 4.25 Emisiones por consumo de Keroseno (Ton/año)	84
Tabla 4.26 Factores de Emisiones por uso de gasolina (kg/gal)	85
Tabla 4.27 Emisiones por uso de gasolina (Ton/año)	86
Tabla 4.28 Consumo total de ACPM y Biodiesel en el municipio de Cali.....	88
Tabla 4.29 Emisiones por uso de ACPM (Ton/año).....	88
Tabla 4.30 Factores de emisión para distribución de gasolina	89
Tabla 4.31 Emisiones de COVs por distribución de gasolina	90
Tabla 4.32 Emisiones de COVs por distribución de combustible.....	91
Tabla 4.33 Encuesta Nacional de Calidad de Vida (Cuadro 14)	92
Tabla 4.34 Consumo de leña en los hogares de la zona urbana de Cali	92
Tabla 4.35 Factores de Emisión para combustión de leña y bagazo	93
Tabla 4.36 Emisiones por combustión de leña en hogares	93
Tabla 4.37 Emisiones generadas por el sector de combustión en fuentes estacionarias y distribución de combustible	93
Tabla 4.38 Factores de Emisión de PST para algunas actividades a cielo abierto en las minas de carbón	95

Tabla 4.39 Factores de Emisión por explotación de oro.....	96
Tabla 4.40 Emisiones por explotación de oro	96
Tabla 4.41 Emisiones por proceso del sector de explotación de material pétreo	98
Tabla 4.42 Emisiones por obras de construcción	99
Tabla 4.43 Constantes y factores de emisión calculados para viaje de vehículos por vías públicas	100
Tabla 4.44 Vehículos km/año en el departamento del Valle del Cauca	102
Tabla 4.45 Emisiones por vías no pavimentadas	103
Tabla 4.46 Emisiones de material particulado por trabajos y explotación minera	103
Tabla 4.47 Inventario sacrificio de ganado y número de aves.....	104
Tabla 4.48 Emisiones del sector de agricultura y ganado.....	106
Tabla 4.49 Emisiones para el sector de acerrado y lijado de madera	109
Tabla 4.50 Factores de corrección para quema de caña	110
Tabla 4.51 Factores de emisión por quema de caña (Ton/kg).....	110
Tabla 4.52 Emisiones por quema de caña de azúcar (Ton/año).....	111
Tabla 4.53 Características del botadero Navarro	113
Tabla 4.54 Emisiones Relleno Sanitario	114
Tabla 4.55 Poder calorífico de combustibles	115
Tabla 4.56 Factores de emisión de CO ₂ por combustión	115
Tabla 4.57 Emisión de CO ₂ por uso de combustibles fósiles	116
Tabla 4.58 Emisiones totales por fuentes de área.....	116
Tabla 4.59 Puntos de Aforo Ciudad Santiago de Cali.....	119
Tabla 4.60 Composición de los combustibles (ExxonMobil).....	125
Tabla 4.61 Composición de los combustibles Chevron Texaco – Petroleum Company	125
Tabla 4.62 Distribución de la flota vehicular vehículos/día	126
Tabla 4.63 Factores para Gas Natural y Gasolina	131
Tabla 4.64 Factores para ACPM	131
Tabla 4.65 Emisiones totales por vías	132
Tabla 4.66 Tipo de vías.....	132
Tabla 4.67 Emisiones por tipo de combustible.....	137
Tabla 4.68 Emisiones generadas por tipo de vehículo.....	138

Tabla 4.69 Clases de uso de suelo utilizados en el estudio	142
Tabla 4.70 valores de NO para el tipo de uso de suelo.....	142
Tabla 4.71 Descripción de la cubierta vegetal	142
Tabla 4.72 Toneladas por año de contaminantes por fuentes biogénicas	143
Tabla 4.73 Áreas afectadas por incendios forestales	145
Tabla 4.74 Emisiones generadas por incendios forestales	146
Tabla 4.75 Emisiones Totales en toneladas/año	147
Tabla 4.76 Aportes realizados por las diferentes fuentes	147
Tabla 4.77 Factores de emisión para determinación de emisiones por GEI.....	151
Tabla 4.78 Potenciales de calentamiento global	152
Tabla 4.79 Emisiones de CO ₂ equivalente por actividad.....	152
Tabla 5.1 Relación de documentos.....	154

ANEXOS

ANEXO A. EQUIPO DE TRABAJO INVENTARIO DE EMISIONES

ANEXO B. CARTAS RADICADAS SOLICITUD DE INFORMACIÓN

ANEXO C. FORMATO SEGUIMIENTO DE EXPEDIENTES

ANEXO D. CIRCULAR INFORMATIVA

ANEXO E. REGISTRO FOTOGRÁFICO VISITAS TÉCNICAS FUENTES PUNTUALES

ANEXO F. RESPUESTA A LAS SOLICITUDES

ANEXO G. CÁLCULO DE EMISIONES DE FUENTES PUNTUALES

ANEXO H. CÁLCULO DE EMISIONES DE FUENTES DISPERSAS

ANEXO I. UBICACIÓN DE EMPRESAS EVALUADAS COMO FUENTES DE ÁREA.

xi

ANEXO J. RESULTADOS FUENTES MÓVILES

ANEXO K. DATOS DE ENTRADA Y RESULTADOS DE EMISIONES FUENTES NATURALES

ANEXO L. REGISTRO FOTOGRÁFICO PROCESO DE ACREDITACIÓN

ANEXO M. MANUAL DE USUARIO INV-EMISIONES

ANEXO N. REGISTROS VISITAS TÉCNICAS FUENTES PUNTUALES

ANEXO O. REGISTROS AFOROS VEHICULARES

ANEXO P. BASE DE DATOS

ANEXO Q. GEORREFERENCIACIÓN FUENTES PUNTUALES

ANEXO R. GEORREFERENCIACIÓN FUENTES MÓVILES

ANEXO S. GEORREFERENCIACIÓN FUENTES NATURALES

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el informe final del proyecto “FORTALECIMIENTO TECNOLÓGICO DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE Y EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI”, el cual contiene el consolidado de las actividades desarrolladas como parte de la ejecución del contrato de consultoría No. 4133.0.26.1.173 de 2012. Este consolidado incluye las actividades desarrolladas desde el proceso de recolección y análisis de información para el inventario de emisiones de fuentes puntuales, dispersas, móviles y naturales para los contaminantes criterio material particulado (PST, PM_{10} y $PM_{2.5}$), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (VOC_s) y dióxido de carbono (CO_2), hasta la obtención de emisiones, análisis de resultados y conclusiones. Además contiene el proceso de aseguramiento de la calidad del aire y acreditación ante el IDEAM.

El inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos es indispensable tanto para la definición de políticas de prevención y control de la calidad del aire por parte de la autoridad ambiental, como para la instrumentación de medidas correctivas por parte del empresario para reducir las emisiones generadas por su industria. Su importancia es de tal magnitud que constituye la base para el desarrollo integral de planes y programas para mejorar la calidad del aire. Un inventario permite conocer la ubicación de los diferentes tipos de fuentes emisoras, así como los tipos de contaminantes que emite cada una de ellas.

1

El objetivo fundamental de un inventario de emisiones atmosféricas es organizar la información que permita a las entidades municipales, departamentales y nacionales la planeación de estrategias para el control de emisiones así como la vigilancia de la evolución a nivel de emisiones en el área del estudio.

Este proyecto se basó en mayor medida en la metodología propuesta por el protocolo de Inventarios de Emisiones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) para la elaboración de inventarios de emisiones, el Inventario Nacional de Contaminantes (NPI, por su siglas en Inglés) del Gobierno Australiano y por la guía de inventario de emisiones de la Agencia Europea del Medio Ambiente.

2. GENERALIDADES

2.1. EQUIPO DE TRABAJO

K-2 INGENIERIA LTDA es una empresa constituida en Colombia con sedes principales en Bucaramanga y Bogotá. Fue creada en Enero de 1998, reuniendo la experiencia de profesionales relacionados con las áreas de las ingenierías Ambiental, Civil y Mecánica.

En el área ambiental la empresa posee varios focos de acción: Gerenciamiento ambiental, asesorías ambientales, investigación, capacitación y suministros.

El personal está en permanente actualización y utilizando las más modernas tecnologías para el desarrollo de las actividades propias de la empresa dentro de cada área de especialización. Adicionalmente cuenta con el soporte técnico de asesores reconocidos nacional e internacionalmente.

En la siguiente tabla se muestra la información del equipo de trabajo que hará parte del desarrollo del proyecto “Fortalecimiento tecnológico de la red de monitoreo de calidad del aire y evaluación de la contaminación atmosférica de la ciudad de Santiago de Cali”. (Ver ANEXO A)

Tabla 2.1 Información general del equipo de trabajo

NOMBRE	CARGO	FORMACIÓN ACADÉMICA	
		PREGRADO	POSTGRADO
EDGAR ERNESTO CANTILLO HIGUERA	DIRECTOR DEL PROYECTO	Ingeniero Forestal	-Doctor en ciencias biológicas. -Magister en ciencia Biológicas. -Especialista en gerencia de recursos naturales.
CARLOS ALBERTO ECHEVERRY LONDOÑO	COORDINADOR DEL PROYECTO	Ingeniero Químico	-Magister en Ingeniería Ambiental
MANUEL AMAYA MARTÍNEZ	PROFESIONAL DE APOYO	Ingeniero Civil	-Especialista en Ingeniería Ambiental
ALEXIS ABAD GUTIÉRREZ	PROFESIONAL DE APOYO EN SIG Y MODELACIÓN	Ingeniero Mecánico	-Diplomado en gestión administrativa
JAVIER CABALLERO	PROFESIONAL DE APOYO EN TEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD	Ingeniero Sanitario y Ambiental	
ARNALDO DE JESÚS	ESTADÍSTICO	Estadístico	-Especialización en

NOMBRE	CARGO	FORMACIÓN ACADÉMICA	
		PREGRADO	POSTGRADO
PERALTA			Finanzas -Magister en Educación

2.2. ANTECEDENTES

2.2.1. GESTIÓN INSTITUCIONAL DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL EN LA CUAL SE ENMARCA EL INVENTARIO DE EMISIONES

Por medio del acuerdo municipal número 18 del 30 de diciembre de 1994 se implementa el Sistema de Gestión Ambiental en el Municipio de Santiago de Cali y se crea el Departamento Administrativo de gestión del Medio Ambiente del Municipio de Santiago de Cali (DAGMA). Este Departamento es una entidad del municipio, encargada de administrar dentro del perímetro urbano y rural con competencias equivalentes a las de las Corporaciones Autónomas Regionales, por disposición de la ley, el medio ambiente y los recursos naturales y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente, siempre y cuando estas no contradigan la autonomía Constitucional de los Municipios. En desarrollo de su función, estará sujeto a los principios de armonía regional, gradación normativa y rigor subsidiario, definidos en el artículo 63 de la ley 99 de 1993 (Acuerdo 01/96, Artículo 189).

De acuerdo al Artículo 110 del Decreto Extraordinario No. 0203 de marzo 16 de 2001, el DAGMA tiene como Misión, ser el organismo técnico director de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales, responsable de la política y la acción ambiental encargada de aplicar las normas de la Constitución Política, del decreto 2811 de 1974, de la ley 99 de 1993, la ley 388 de 1997 y los decretos que reglamenten, adicionen o modifiquen la materia: y, de mantener y preservar los parques y las zonas verdes, así como de la arborización y ornato del municipio de Cali (Artículo 01/96, Artículo 94 y 109).

2.2.2. INVENTARIOS DE EMISIONES ANTERIORES

El origen de la necesidad de tener inventarios de emisiones a nivel mundial se remonta a la Agenda 21 de la Conferencia de Río de Janeiro (1992) en la cual se animaba a todos los países a reducir y controlar sus emisiones al medio ambiente y a realizar un seguimiento de los resultados obtenidos en este ámbito. Sin embargo en Europa desde la Convención de Ginebra sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza de Larga Distancia (LRTAP) en 1979 se comenzaron a dar lineamientos para tratar los problemas de contaminación del aire a gran escala. La Convención requiere el reporte de datos de emisión al cuerpo ejecutivo de esta con el fin de cumplir las obligaciones con respecto a estrategias y políticas de acuerdo a la implementación de Protocolos bajo la Convención. Estos protocolos son:

- Protocolo de Helsinki (1985). Objetivo: Reducir las emisiones de Sulfuro en los flujos transfronterizos.

- Protocolo de Sofía (1988). Objetivo: Congelar las emisiones de óxidos de Nitrógeno o de sus flujos transfronterizos.
- Protocolo de Ginebra (1991). Objetivo: Reducir las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs) que son el segundo mayor contaminante del aire y responsable de la formación de ozono a nivel terrestre.
- Protocolo de Oslo (1994). Objetivo: Reducir las emisiones de Sulfuro en un grado mayor.
- Protocolo Aarhus (1998). Objetivo: Reducir las emisiones de tres metales pesados: cadmio, plomo y mercurio y de Contaminantes Orgánicos Persistentes (POPs).

También la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático impulsó a los países a desarrollar inventarios de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero.

En lo que concierne a contaminantes criterio la aprobación de la Ley del Aire Limpio de 1970 marcó el inicio de los esfuerzos modernos para controlar la contaminación del aire en los Estados Unidos. Mediante esta ley se establecieron normas nacionales de calidad del aire ambiental en Estados Unidos para seis contaminantes criterio.

Como antecedentes del trabajo que aquí se desarrolla vale la pena resaltar a nivel mundial la elaboración de diversos inventarios de emisiones no solo en países de la Unión Europea y en los Estados Unidos sino también en algunos países latinoamericanos:

- En México se desarrolló un inventario de emisiones (Año base 1999) pero previamente, desde 1988, había creado un primer inventario de emisiones para la Zona Metropolitana del Valle de México.
- En España la elaboración de los inventarios de emisiones a la atmósfera para la Comunidad Autónoma de Andalucía (1998) y para la ciudad de Zaragoza (1996) fueron la base del actual Programa para el Inventario de Emisiones (PIE).
- En Estados Unidos la Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha desarrollado de manera escalada desde 1990 el Inventario Nacional de Emisiones (NEI) que consiste en una base de datos para los 50 estados de este país con información sobre fuentes estacionarias y móviles que emiten contaminantes criterio y sus precursores así como también contaminantes peligrosos (HAPs). Los datos del NEI son usados en modelos de dispersión, desarrollo de estrategias regionales, como ayuda en nuevas regulaciones, en valoración del riesgo de sustancias tóxicas del aire y para rastrear las tendencias de las emisiones en el tiempo.
- En Australia el National Pollutants Inventory, NPI, contiene datos de sustancias prioritarias emitidas al ambiente, en consideración a sus riesgos sobre la salud y sobre el medio ambiente.

- En Canadá el National Pollutant Release Inventory (NPRI) es una base de datos de emisiones al aire, agua, suelo y transferencias de residuos, de acceso libre al público que provee información de todos los sectores industriales, gubernamentales y comerciales entre otros.
- En Chile desde hace algunos años la Comisión Nacional del Medio Ambiente ha dado las pautas para crear en este país el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes que ha de contener información sobre la liberación al medio ambiente de sustancias que pueden tener impacto sobre la salud humana y los ecosistemas.
- En la Unión Europea ha habido varias iniciativas que han llevado al desarrollo de las metodologías actuales de inventarios de emisiones. En 1985 se estableció un programa de trabajo consistente en un “proyecto experimental para recolectar, coordinar y asegurar la consistencia de la información sobre el estado del ambiente y los recursos naturales en la Comunidad”. A tal programa se le dio el nombre de CORINE (CO-ordination d'INformation Environnementale) e incluye un proyecto para coleccionar y organizar información de emisiones al aire pertinentes a deposición ácida. El proyecto culminado en 1990 compiló un inventario de emisiones atmosféricas para los 12 Estados Miembros de la Comunidad Europea en ese entonces (CORINAIR 1985) que cubrió tres contaminantes - SO₂, NO_x y VOC (Compuestos orgánicos volátiles totales) y reconoció ocho sectores industriales principales.

En la Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y control integrados de la contaminación (Directiva IPPC), se recoge la exigencia para los Estados miembro de la Comunidad Europea de inventariar y suministrar a la Comisión, los datos sobre las principales emisiones y las fuentes contaminantes con el objeto de establecer un Registro Europeo de Emisiones. A estos efectos, la Comisión adoptó la Decisión 2000/479/CE, relativa a la realización de un Inventario Europeo de Emisiones Contaminantes (EPER), cuyos objetivos son obtener datos de emisiones comparables de las fuentes industriales contaminantes en Europa afectadas por la Directiva IPPC de 50 sustancias contaminantes del agua y atmósfera y difundir los datos al público mediante informes escritos y accesibles a través de internet.

2.3. FICHA TÉCNICA DEL INVENTARIO DE EMISIONES

En la Tabla 2.2 se presenta los lineamientos técnicos a tener en cuenta en el Inventario de Emisiones a desarrollar en la ciudad de Santiago de Cali.

Tabla 2.2 Ficha Técnica del Inventario de Emisiones

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
PROPÓSITO	Inventario general de emisiones
ALCANCES	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar una base de datos de las diferentes fuentes estacionarias fijas puntuales presentes en el área urbana de la jurisdicción del DAGMA. • Determinar y cuantificar los contaminantes emitidos

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
	<p>por cada una de las fuentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> Definir zonas con problemáticas especiales que requieran un tratamiento específico. Proponer líneas de acción para la reducción de las emisiones contaminantes en el área urbana del municipio de Santiago de Cali.
SVCA ASOCIADO	SVCA TIPO IV
DOMINIO	Área Urbana de Santiago de Cali – Jurisdicción del DAGMA
ÁMBITO TEMPORAL	<p>Año Inicial: 2012</p> <p>Año Base: 2011</p> <p>Resolución: Anual</p>
CONTAMINANTES CONSIDERADOS	<ul style="list-style-type: none"> Partículas totales Suspendidas (PST) Partículas inferiores de 10 μm (PM_{10}) Partículas inferiores de 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$) Óxidos de azufre (SO_x) Óxidos de nitrógeno (NO_x) Monóxido de carbono (CO) Compuestos volátiles orgánicos (COV) Dióxido de Carbono (CO_2)
TIPOS DE FUENTES	<ul style="list-style-type: none"> Fuentes Puntuales Fuentes de Área Fuentes Móviles Fuentes Naturales
FUENTES NO CONSIDERADAS	Fuentes sin datos suficientes para determinar sus emisiones

2.3.1. PROPÓSITO

El propósito del inventario de emisiones de la Ciudad de Santiago de Cali es desarrollar un inventario general, para el cual se deben tener en cuenta las siguientes etapas (EPA, 1972):

- Clasificación de todos los contaminantes y fuentes de emisión en la zona geográfica definida.
- Identificación y recopilación de información sobre los factores de emisión para cada uno de los contaminantes y fuentes identificadas.
- Determinación de la cantidad diaria de materiales manejados, procesados o quemados, u otra información sobre unidades de producción, dependiendo de las fuentes individuales identificadas.
- Cálculo de la tasa de emisión de cada uno de los contaminantes atmosféricos, expresada sobre una base anual.

- Suma de las emisiones de contaminantes específicos para cada una de las categorías de las fuentes identificadas.

La finalidad del inventario es poder identificar la problemática de la calidad del aire y sus principales fuentes de contaminación en el área urbana de jurisdicción del DAGMA.

En la Tabla 2.3 se encuentran las características de un inventario general de emisiones, el cuál fue tomado del manual de inventario de fuentes según propósito.

Tabla 2.3 Características de un inventario general de emisiones

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS
COBERTURA GEOGRÁFICA	Jurisdicción de la autoridad ambiental o parte de ella	
RESOLUCIÓN TEMPORAL	Base anual – resolución horaria	
TIPOS DE FUENTES	Antropogénicas y naturales	Naturales cuando se presuman problemas relacionados con este tipo de fuente
CONTAMINANTES	Criterio	Puede incluir el análisis de otros contaminantes específicos de interés particular de la zona estudiada
NIVEL DE DETALLE	Identificación de principales fuentes y obtención de emisiones mediante estimaciones y estudio de expedientes	
CONDICIONES ESPECIALES	Incertidumbre mínima posible Es necesario georreferenciación Se actualiza cada dos años	
BASE DE DATOS	Software base de datos con capacidad de análisis tipo SIG	
PROFESIONALES NECESARIOS	Ingeniero Director Ingeniero Coordinador Consultores Junior Auxiliares Programador Dibujante	
TIEMPO DE DESARROLLO	6-8 meses	
COSTO APROXIMADO	300 SMLMV	

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Manual de Inventario de Fuentes Según Propósito.

2.3.2. ALCANCES

Los alcances definidos para el proyecto “Fortalecimiento de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire y Evaluación de la Contaminación Atmosférica de la Ciudad de Santiago de Cali” se encuentran a continuación:

- Implementar una base de datos de las diferentes fuentes estacionarias fijas puntuales presentes en el área urbana de la jurisdicción del DAGMA.
- Determinar y cuantificar los contaminantes emitidos por cada una de las fuentes.
- Definir zonas con problemáticas especiales que requieran un tratamiento específico.
- Proponer líneas de acción para la reducción de las emisiones contaminantes en el área urbana del municipio de Santiago de Cali.

2.3.3. SVCA ASOCIADO

El Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire que implementa el Departamento Administrativo de Gestión del Medio ambiente – DAGMA es el Tipo IV avanzado. Este tipo de Sistemas permiten: determinar el cumplimiento de las normas de calidad del aire, evaluar las estrategias de control de las autoridades ambientales, observar las tendencias a mediano y largo plazo, evaluar los riesgos para la salud humana, determinar posibles riesgos para el medio ambiente, activar los procedimientos de control en situaciones de emergencia, estudiar fuentes de emisión e investigar quejas concretas, validar los modelos de calidad del aire y soportar investigaciones científicas¹.

8

2.3.4. DOMINIO

El dominio del inventario de emisiones se encuentra en el área urbana del municipio de Santiago de Cali. La Figura 2.1 presenta de manera ilustrativa el dominio inventario de emisiones.

La ciudad de Santiago de Cali fue fundada el 25 de julio de 1536 por el conquistador Español Sebastián de Belalcázar por lo tanto es una de las ciudades más antiguas del América. Inicialmente fue establecida al norte de la posición actual, cerca de Vijes y Riofrío. Bajo órdenes de Belalcázar el capitán Miguel Muñoz reubicó la ciudad al lugar actual.

Hasta el siglo XVIII mucho del presente territorio de Cali estaba ocupado por haciendas. La ciudad era únicamente una pequeña villa en las proximidades del río Cali. Las haciendas eran propiedad de la clase española, quienes tenían numerosos esclavos y dedicaban sus tierras a la ganadería y la siembra de la caña de azúcar. Muchas de estas haciendas darían origen a los actuales barrios, como Cañaveralejo, Chipichape, Pasoancho, Arroyohondo, Cañasgordas, Limonar y Meléndez.

¹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Protocolo Para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Bogotá, marzo 2010.

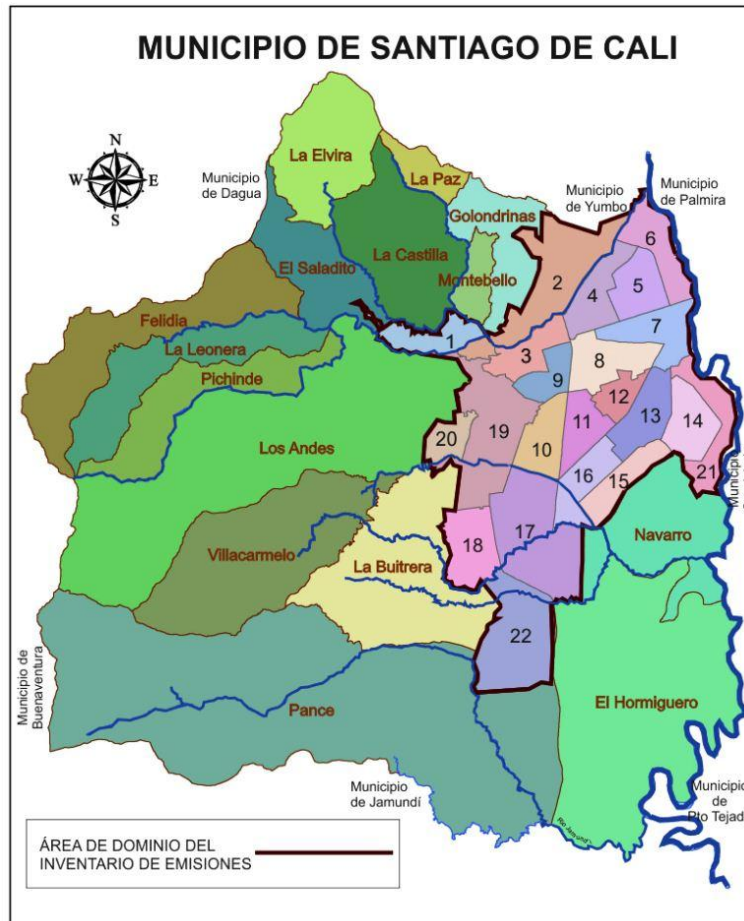


Figura 2.1 Municipio de Santiago de Cali – Dominio Inventario de Emisiones

2.3.4.1. SALUD

Dentro de las principales causas de morbilidad y mortalidad se encuentran las infecciones respiratorias agudas (IRA), enfermedades de los dientes, bronquios, enfisema, asma y otras virosis. Los factores que pueden causar este tipo de enfermedades son la contaminación ambiental, los malos hábitos, mala higiene, nutrición. Según la Secretaría de Salud Pública Municipal (Cali 1998) las comunas que se ven más afectadas por la IRA son la 4, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 17, 18, 19 y 22, siendo estas comunas en donde se concentran la mayoría de las industrias de Cali.

2.3.4.2. CLIMA Y GEOGRAFÍA

Limita al norte con el municipio de Yumbo, al oriente con los municipios de Palmira y Candelaria, al sur con los corregimientos de Navarro, El Hormiguero, Pance y al Este con los corregimientos de La Buitrera, Los Andes, El saladito, La Castilla, Montebello y Golondrinas. El área urbana del municipio de Santiago de Cali tiene una extensión de 12125 Hectáreas.

La ciudad es plana con una elevación promedio de 100 m.s.n.m. y se encuentra ubicada en las coordenadas 3°27'00" N y 76°32'00" O. Su clima es de sabana tropical y cuenta con una temperatura media de 23.6 °C. Las épocas secas van de diciembre a febrero y de julio a agosto y las de lluvia van de marzo a mayo y de septiembre a noviembre, teniendo precipitaciones que varían entre los 1300 mm/año en el sur y los 1000 mm/año en el norte de la ciudad, aumentando en la dirección suroeste.

Los valores extremos de humedad están entre el 45 y 98% y un promedio anual entre el 65% en la estación San Luis al Norte y 73% en la estación de Univalle al Sur. Los valores más bajos de brillo solar se presentan en los meses de Abril – Mayo – Junio y Octubre- Noviembre –Diciembre, con 4.3 horas/día de brillo solar y un máximo en el mes de julio de 5.7 horas/día de brillo solar. El brillo solar según la altura disminuye en promedio de 5.4 Horas/día a 970 m.s.n.m. a 3.1 Horas/día en La Teresita a 1950 m.s.n.m.²

2.3.4.3. USO DEL SUELO³

El modelo territorial actual es monocéntrico con una tendencia a la descentralización de actividades a partir de nodos urbanos, como son los nuevos centros comerciales de diverso estrato socio económico, centros consolidados generados a partir de las galerías, los núcleos de actividades cuyo inicio son los cruces viales principales e incipientes áreas de actividades dinamizadas por usos institucionales y recreativos.

En general, la ciudad presenta un fuerte desequilibrio en la localización de actividades de comercio, servicios e institucional de escala urbana y comunal, acentuado al oriente y en las zonas de ladera de estratos socioeconómicos bajos. Los equipamientos recreativos, zonas verdes y espacios públicos presentan un patrón de dispersión, sin jerarquización.

La actividad residencial tiene una clara segregación espacial acompañada de los desequilibrios de equipamiento de escala de barrio y de comuna, y de espacio público.

La actividad industrial se localiza de forma lineal en los ejes viales regionales conectados al centro principal y conformando con éste una importante interrelación hacia la zona de los Municipios de Palmira y Yumbo.

Los equipamientos de diversos órdenes y escalas se concentran sobre los ejes viales de la Calle 5 Avenida 6 o eje norte sur. A pesar de que urbanísticamente no conforman elementos estructurantes, sí caracterizan importantes zonas urbanas de escala regional.

² Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Plan de Ordenamiento Territorial. Documento Resumen. Santiago de Cali. 2000. p. 5.

³ Ibid., p. 25.

Los equipamientos de escala de comuna y de barrio no presentan una jerarquización urbana y se localizan de forma dispersa sin generar estructuración urbanística y del espacio público, así mismo su tipología arquitectónica no tiene una mayor relevancia.

De acuerdo a lo citado anteriormente y el censo realizado en el 2005 en la siguiente figura se ilustran los establecimientos según actividad económica en el municipio de Santiago de Cali. Aquí se puede observar la predominancia de las actividades de comercio como fuente económica en el municipio, seguido de los servicios y por último con un 9,4% la industria.

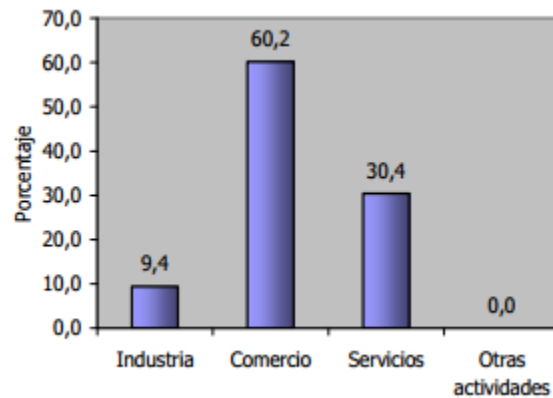


Figura 2.2 Establecimientos según actividad económica

Fuente: DANE 2005

11

El porcentaje de participación en las actividades económicas de la ciudad distribuidas por comuna se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2.4 Participación de actividades económicas en las comunas de Santiago de Cali

COMUNA	SERVICIOS	INDUSTRIA	COMERCIO	NÚMERO DE BARRIOS	NÚMERO DE HABITANTES
1	24,80%	9,30%	65,90%	4	71527
2	56,80%	6,10%	37,10%	25	112789
3	26,60%	7,80%	65,60%	16	48268
4	28,10%	12,0%	59,90%	22	62331
5	34,10%	8,50%	57,40%	12	109873
6	27,50%	9,30%	65,10%	14	182730
7	24,40%	8,90%	66,70%	13	85501
8	25,10%	14,90%	59,90%	18	106186
9	19,79%	12,15%	64,87%	10	52365
10	28,50%	8,10%	63,40%	18	112860
11	28,90%	11,50%	59,60%	22	107479
12	21,40%	10,60%	68,00%	12	74051
13	22,70%	9,80%	67,50%	22	185744

COMUNA	SERVICIOS	INDUSTRIA	COMERCIO	NÚMERO DE BARRIOS	NÚMERO DE HABITANTES
14	19,90%	8,30%	71,80%	10	165911
15	19,90%	10,30%	69,90%	7	138489
16	18,60%	12,20%	69,20%	7	103331
17	48,90%	7,50%	43,60%	22	113833
18	28,20%	7,20%	64,50%	21	109783
19	43,80%	8,10%	48,10%	34	107572
20	21,30%	3,10%	75,70%	11	71644
21	25,30%	7,10%	67,70%	14	100908
22	62,10%	5,14%	32,76%	5	9822

Fuente: Basado en "Observatorio Económico y Social del Valle del Cauca, No. 8, 2008"

La tabla anterior evidencia las diferentes tendencias económicas de las comunas, la cuál esta desembocado a los servicios, pero las comunas 22, 2, 5 y 4 tienen una clara tendencia industrial. Con relación a la población las comunas 22, 19, 16 y 2 poseen las densidades más bajas de la ciudad; mientras que comunas como las 13, 14 y 15 poseen las más altas.

Otra característica interesante que determina las actividades que generan emisiones atmosféricas se observa en el tamaño de las empresas que forman el tejido empresarial municipal. En Cali, el 93,0% de las unidades económicas corresponden a microempresas (teniendo en cuenta el número de empleados), el 5,3% a pequeña empresa, el 0,8% a mediana y solo el 0,9% corresponde a grandes empresas. En todas las comunas predominan las microempresas, lo que determina una distribución de gran número de fuentes de área.

12

En la siguiente tabla se muestran los tipos de industrias y actividades económicas presentes en el área urbana del municipio de Santiago de Cali.

Tabla 2.5 Tipos de Industrias Presentes en el área urbana de Santiago de Cali

CÓDIGO CIIU		ACTIVIDAD
A	0122	Cría especializada de ganado porcino
A	0130	Actividad mixta (agrícola y pecuaria)
D	1511	Producción, procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos
D	1513	Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas
D	1520	Elaboración de productos lácteos
D	1531	Elaboración de productos de molinería
D	1533	Elaboración de alimentos preparados para animales
D	1541	Elaboración de productos de panadería

CÓDIGO CIU		ACTIVIDAD
D	1542	Elaboración de almidones y de productos derivados del almidón
D	1543	Elaboración de cacao y chocolate y de productos de confitería
D	1549	Elaboración de otros productos alimenticios n.c.p.
D	1551	Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas; producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas
D	1552	Elaboración de vinos
D	1554	Elaboración de bebidas no alcohólicas; producción de aguas minerales
D	1711	Preparación e hilatura de fibras textiles, tejeduría de productos textiles
D	1712	Acabado de productos textiles
D	1810	Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel
D	1920	Fabricación de calzado
D	2102	Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes
D	2109	Fabricación de otros artículos de papel y cartón
D	2221	Actividades de impresión
D	2222	Actividades de servicios relacionados con la impresión
D	2413	Fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético
D	2422	Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas.
D	2423	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos
D	2424	Fabricación de jabones y detergentes, para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador
D	2429	Fabricación de otros productos químicos n.c.p.
D	2511	Fabricación de llantas y neumáticos de caucho.
D	2691	Fabricación de productos de cerámica no refractaria para uso no estructural
D	2699	Fabricación de otros productos minerales no metálicos n.c.p.
D	2710	Industrias básicas de hierro y acero
D	2720	Fabricación de productos primarios de metales preciosos y metales
D	2731	Fundición de hierro y acero

CÓDIGO CIIU		ACTIVIDAD
D	2732	Fundición de metales no ferrosos
D	2811	Fabricación de productos metálicos para uso estructural
D	2891	Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pulvimetalurgia
D	2892	Tratamiento y revestimiento de metales; obras de ingeniería mecánica en general realizadas a cambio de una retribución o por contrata
D	2899	Fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p.
D	2911	Fabricación de motores y turbinas, excepto motores para aeronaves, vehículos automotores y motocicletas
D	2926	Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros
D	3140	Fabricación de acumuladores y de pilas y baterías primarias
D	3150	Fabricación de lámparas eléctricas y equipo de iluminación
D	3591	Fabricación de motocicletas
D	3610	Fabricación de muebles
D	3699	Otras industrias manufactureras n.c.p.
E	4100	Captación, depuración y distribución de agua
G	5020	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores
G	5030	Venta de partes, piezas y accesorios de vehículos automotores
G	5040	Venta, mantenimiento y reparación de motocicletas y de sus partes, piezas y accesorios
G	5050	Venta al por menor de combustible para automotores
G	5051	Comercio al por menor de combustible para automotores
G	5122	Venta al por mayor de alimentos, bebidas y tabaco
G	5190	Venta al por mayor de otros productos
G	5260	Reparación de efectos personales y enseres domésticos
H	5510	Hoteles; campamentos y otros tipos de hospedaje temporal
H	5520	Restaurantes, bares y cantinas
M	8030	Servicio de educación laboral especial
N	8511	Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con intermediación.
N	8520	Actividades veterinarias

CÓDIGO CIU		ACTIVIDAD
O	9199	Actividades de otras organizaciones n.c.p., (excluye organización académicas y profesionales)
O	9301	Lavado y limpieza de prendas de tela y de piel, incluso la limpieza en seco
O	9303	Pompas fúnebres y actividades conexas

2.3.4.1. ESTRUCTURA Y TENDENCIAS DEL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO

De acuerdo al censo realizado por el DANE en el 2005 la ciudad de Santiago de Cali en su mayoría esta habitada por personas jóvenes, la mayoría son menores de 40 años. Según las estadísticas esta poblada en gran mayoría por mujeres de todas los rangos de edad y su edad promedio es mayor que la de los hombres.

Según el censo general del 2005 el porcentaje de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) en el Cali es del 10.87%. Este porcentaje de NBI es un método directo para identificar carencias críticas en una población y caracterizar la pobreza. Según esta metodología, se definen como pobres todas las personas que habitan en vivienda con una o más de las siguientes características:

- Viviendas inadecuadas para habitación humana en razón de los materiales de construcción utilizados.
- Viviendas con hacinamiento crítico. (Más de tres personas por cuarto de habitación).
- Vivienda sin acueducto o sanitario
- Viviendas con alta dependencia económica (más de tres personas por miembro ocupado) y el jefe hubiera aprobado como máximo dos años de educación primaria.
- Viviendas con niños entre 6 y 12 años que no asistieran a la escuela.

15

En la siguiente tabla se especifica el número de habitantes en la cabecera municipal y en el área rural del municipio de Santiago de Cali, con su proyección al año 2010.

Tabla 2.6 Número de habitantes en Santiago de Cali

Viviendas, Hogares y Personas				
Área	Viviendas Censo	Hogares General	Personas 2005	Proyección Población 2010
Cabecera	503.555	544.793	2.039.626	2.207.994
Resto	10.287	10.125	35.754	36.645
Total	513.842	554.918	2.075.380	2.244.639

Fuente: DANE 2005

De la anterior tabla se puede analizar que más 98% de la población de Santiago de Cali se concentra en la cabecera del municipio generando problemas de hacinamiento, pobreza y consigo enfermedades y problemas sociales.

2.3.5. ÁMBITO TEMPORAL

El año tomado como inicial para el proyecto del DAGMA fue el 2012 ya que en éste se realizó la gestión de obtención de la información para el inventario de emisiones.

El año base de un inventario identifica el año para el cual se estiman las emisiones y determina la posición del inventario en el tiempo. Esto da una marca fija para comparar los inventarios previos y los subsecuentes. Es importante establecer un año base de manera que todas las estimaciones de emisiones tengan una base común y representen las actividades que ocurren durante el mismo periodo de tiempo⁴. Para este caso como año base se tomó el 2011.

2.3.6. CONTAMINANTES CONSIDERADOS

Un contaminante del aire puede definirse como cualquier sustancia que al ser liberada en la atmósfera altera la composición natural del aire y puede ocasionar efectos adversos en los seres humanos, los animales, la vegetación o los materiales⁵.

A continuación se describen los contaminantes estudiados en el proyecto:

2.3.6.1. MATERIAL PARTICULADO

El material particulado atmosférico se define como un conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera (Mészáros, 1999). Es necesario considerar que el término material particulado atmosférico es un concepto amplio que engloba tanto las partículas en suspensión como las partículas sedimentables (diámetro > 20 µm), caracterizadas por un corto tiempo de residencia en la atmósfera.

Las partículas atmosféricas pueden ser emitidas por una gran variedad de fuentes de origen natural o antropogénico. Respecto a los mecanismos de formación, las partículas pueden ser emitidas como tales a la atmósfera (primarias) o bien ser generadas por reacciones químicas (partículas secundarias). Dichas reacciones químicas pueden consistir en la interacción entre gases precursores en la atmósfera para formar una nueva partícula por condensación, o entre un gas y una partícula atmosférica para dar lugar a un nuevo aerosol por adsorción o coagulación (Warneck, 1988).

Como resultado de esta variabilidad de fuentes y transformaciones, el material particulado atmosférico consiste en una mezcla compleja de compuestos de naturaleza orgánica e inorgánica con diferentes distribuciones granulométricas y composición química, ambas condicionadas por la composición de los

⁴ Radian International LLC. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen II. Diciembre, 1997. p. 6-1.

⁵ Ibid., p 4-1.

gases que las rodean. Los niveles de material particulado atmosférico se suelen expresar en forma de concentración de masa o número de partículas por unidad de volumen de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ ó ng/cm^3)⁶.

La siguiente tabla muestra las generalidades del material particulado:

Tabla 2.7 Generalidades Material Particulado⁷

DEFINICIÓN	Cualquier material sólido o líquido dividido finamente, diferente al agua no combinada, según medición por los métodos federales de referencia (40 C F R 53).
FUENTES	Hornos, trituradoras, molinos, afiladores, estufas, calcinadores, calderas, incineradores, cintas transportadoras, acabados textiles, mezcladores y tolvas, cubilotes, equipo procesador, cabinas de aspersión, digestores, incendios forestales.
EFFECTOS	Efectos en la respiración y el sistema respiratorio, agravamiento de afecciones respiratorias y cardiovasculares ya existentes, daños en el tejido pulmonar, carcinogénesis y mortalidad prematura.
LEGISLACIÓN	Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 MADS
VARIOS	Ejemplos: polvo, humo, gotitas de petróleo, berilio, asbesto.

Las emisiones de material particulado se caracterizan por su tamaño (eje x, Figura 2.3). De interés especial, desde el punto de la salud, contempladas en la legislación actual: PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$. Las partículas de diámetro aerodinámico menor o igual a $10\ \mu\text{m}$, llamadas también partículas gruesas, provienen principalmente de fuentes como caminos no pavimentados y obras de construcción. $\text{PM}_{2.5}$ corresponde a las partículas con diámetro aerodinámico menor o igual que $2.5\ \mu\text{m}$, llamadas también partículas finas. Estas partículas provienen principalmente del consumo industrial de combustibles y de las emisiones de los escapes vehiculares. Ambos tipos de partículas, tanto PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, pueden causar problemas a la salud, específicamente al sistema respiratorio, ocasionando tos, asma, daños al pulmón, muerte prematura en individuos con enfermedades del corazón, entre otras. Por viajar más profundamente en los pulmones y por estar compuestas de elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos que causan cáncer), las partículas de $\text{PM}_{2.5}$ pueden tener efectos más severos que el PM_{10} ⁸.

⁶ Querol Carceller, Xavier. El Material Particulado Atmosférico. Congreso Nacional del Medio Ambiente, Cumbre del Desarrollo Sostenible. p. 1.

⁷ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Manual de Fundamentos y Planeación de Inventarios de Emisiones. p. 55.

⁸ Ibid., p.56

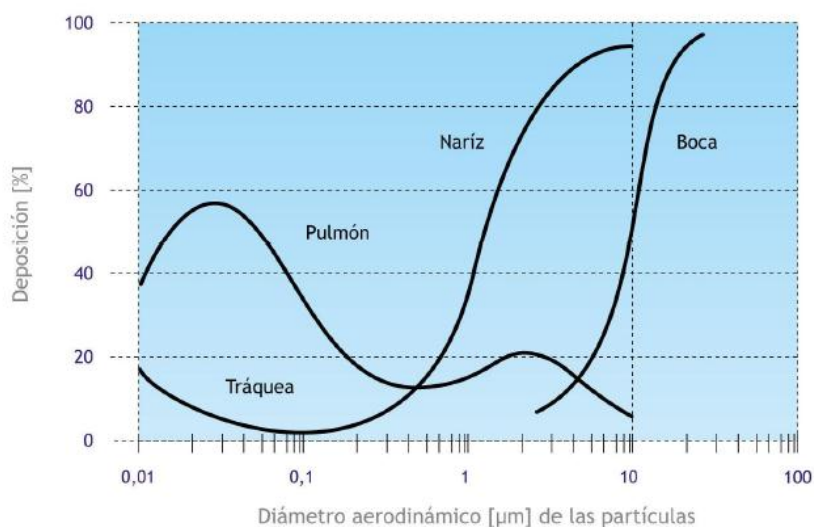


Figura 2.3 Porcentaje de deposición de partículas en cada órgano del sistema respiratorio⁹.

2.3.6.2. MONÓXIDO DE CARBONO

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. Cuando no fumadores se exponen a niveles de CO inferiores a 15 a 20 ppm no se producen efectos adversos sobre la salud, pero 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 los fumadores tienen un nivel más alto de carboxihemoglobina por lo que pueden experimentar efectos aun a niveles ambientales inferiores de CO.

18

La Tabla 2.8 muestra las generalidades del contaminante monóxido de carbono.

Tabla 2.8 Generalidades Monóxido de Carbono¹⁰

DEFINICIÓN	Gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles.
FUENTES	Fuentes estacionarias y móviles que queman combustibles (motores de combustión interna, principalmente motores a gasolina). Es producido en cantidades mucho menores en fuentes domésticas, gases volcánicos, gases emanados de los pantanos, minas de carbón, las tormentas eléctricas, la fotodisociación del CO ₂ en la atmósfera superior, incendios, metabolismo de plantas y animales acuáticos y terrestres, incendios forestales entre otras.
EFFECTOS	La exposición a altos niveles puede causar dolores de cabeza, afectar la destreza manual, la agilidad mental, la capacidad de trabajo y la visión.

⁹ Ibid., p. 56.

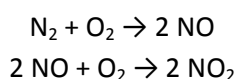
¹⁰ Ibid., p. 56.

	Pueden ser mortales en corto tiempo en áreas cerradas: reacciona con la Hemoglobina de la sangre, evitando la transferencia de oxígeno. El CO puede interactuar en presencia de la luz solar para producir ozono a nivel del suelo o smog.
LEGISLACIÓN	Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 MADS
VARIOS	Se encuentra en la atmósfera en concentraciones promedio de 0.1 ppm

2.3.6.3. ÓXIDOS DE NITRÓGENO

El término óxidos de nitrógeno (NO_x) es un concepto amplio que incluye al ácido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y otros óxidos de nitrógeno menos comunes. En general estos compuestos son formados durante los procesos de combustión, son precursores del ozono, y normalmente son eliminados de la atmósfera por deposición seca y húmeda.

Las partículas pueden clasificarse, atendiendo a su tamaño y composición, en:



La mayor parte de los NO_x emitidos a la atmósfera lo son en la forma NO.

Los NO_x se forman en la combustión externa de dos maneras principales: los NO_x térmicos y los NO_x provenientes del combustible. Los NO_x térmicos se forman cuando el nitrógeno y el oxígeno en el aire de combustión reaccionan a altas temperaturas en la flama. Los NO_x del combustible se forman por la reacción de cualquier nitrógeno contenido en el combustible con el aire de combustión. Un nivel excesivo de aire y la temperatura del aire de combustión también son factores que influyen en la formación de los NO_x térmicos. La formación de los NO_x del combustible depende de su contenido de nitrógeno y puede constituir hasta el 50 por ciento de las emisiones de NO_x de la combustión de productos ricos en nitrógeno, sobre todo carbón y aceites pesados¹¹.

19

En la siguiente tabla se pueden observar algunas características del óxido de nitrógeno.

Tabla 2.9 Generalidades Óxidos de Nitrógeno¹²

DEFINICIÓN	Gas de color pardo rojizo, fuertemente tóxico, cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas ⁴³ . Se identifican siete óxidos de nitrógeno:
------------	---

¹¹ Radian International LLC. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen II. Diciembre, 1997. p. 4-5.

¹² Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Manual de Fundamentos y Planeación de Inventarios de Emisiones. p. 58.

	NO, NO ₂ , N ₂ O, N ₂ O ₃ , N ₂ O ₄ , N ₂ O ₅ . A nivel de contaminación del aire se refiere a NO Y NO ₂ (gases incoloros).
FUENTES	Producidos al quemar combustible a temperaturas muy altas a partir del nitrógeno del aire, también son producidos a partir del nitrógeno del carbón y los aceites pesados: grandes generadores de energía eléctrica, grandes calderas industriales, motores de combustión interna, plantas de ácido nítrico.
EFFECTOS	Visibilidad reducida, irritación de la nariz y los ojos, edema pulmonar, bronquitis y neumonía; reaccionan con los VOCs bajo la influencia de la luz para formar ozono, NO _x . Los óxidos de nitrógeno son importantes contribuyentes potenciales de fenómenos nocivos como la lluvia ácida y la eutroficación en las zonas costeras.
LEGISLACIÓN	Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 MADS
VARIOS	Concentraciones excesivas en el aire de NO y NO ₂ ocasionan un color parduzco debido a la absorción de la luz en el área azul-verde del espectro.

2.3.6.4. ÓXIDOS DE AZUFRE (Especialmente SO₂)

Óxidos de azufre (SO_x) es un término general que se refiere al dióxido de azufre (SO₂) y otros óxidos de este elemento. El SO₂ es un gas incoloro de olor fuerte que se forma en la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre. Los óxidos de azufre son compuestos irritantes del sistema respiratorio que pueden ocasionar una respuesta similar al asma o bien agravar una condición asmática preexistente. Los síntomas de una exposición a altas concentraciones ambientales pueden incluir tos, goteo de la nariz y falta de aliento. Estas respuestas pueden ser más severas en fumadores.

20

Las plantas termoeléctricas que usan carbón o combustóleo con alto contenido de azufre pueden ser fuentes importantes de SO₂. Algunas veces el SO₂ emitido se oxida a trióxido de azufre (SO₃) y después a ácido sulfúrico (H₂SO₄) o a sulfatos (SO₄²⁻) como aerosoles. La convención general consiste en reportar las distinciones de los contaminantes siempre que esto sea posible pero reportar los SO_x totales con base en el peso molecular del SO₂. La cantidad de emisiones de SO_x de fuentes de combustión dependen del contenido de azufre del combustible usado¹³.

Tabla 2.10 Generalidades Óxidos de Azufre¹⁴

DEFINICIÓN	Acre, corrosivo, gases tóxicos cuando se quema combustible que contiene azufre.
------------	---

¹³ Radian International LLC. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen II. Diciembre, 1997. p. 4-7.

¹⁴ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Manual de Fundamentos y Planeación de Inventarios de Emisiones. p. 58.

FUENTES	Artículos eléctricos, calderas industriales, fundiciones de cobre, refinerías de petróleo, fuentes de automóviles, calentadores residenciales y comerciales.
EFFECTOS	Dificultad para respirar cuando se disuelven en la nariz y en las vías superiores; tos crónica y secreción en las mucosas. Contribuye a la lluvia ácida y a fenómenos de visibilidad disminuida (de acuerdo a su concentración).
LEGISLACIÓN	Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 MADS
VARIOS	El SO ₂ pertenece a la familia de los gases de óxidos de azufre (SO _x), que se producen principalmente de la combustión de compuestos que contienen azufre -carbón y aceite- durante ciertos procesos industriales y en la producción de acero. Es percibido por el olfato en concentraciones hasta de 3 ppm (0.003%) a 5 ppm (0.005%). Cuando se encuentra en niveles de 1 a 10 ppm induce al aumento de la frecuencia respiratoria y el pulso.

2.3.6.5. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs)

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) se emiten como gases de ciertos sólidos o líquidos. COV incluyen una variedad de productos químicos, algunos de los cuales pueden tener efectos adversos sobre la salud a corto y largo plazo. En muchas ocasiones las concentraciones de COV son considerablemente más altas en interiores (hasta diez veces más) que en exteriores. Los COVs son emitidos por una amplia gama de productos.

21

La siguiente tabla contiene algunas características de los compuestos orgánicos volátiles.

Tabla 2.11 Generalidades Compuestos Orgánicos Volátiles¹⁵

DEFINICIÓN	Cualquier compuesto de carbono, excluyendo el monóxido de carbono, el ácido carbónico, los carburos y carbonatos metálicos, el carbonato de amonio y la acetona
FUENTES	Los VOC algunas veces se producen en fuentes que sufren evaporación como recubrimientos superficiales, operaciones de impresión y de limpieza con disolventes: recubrimiento de superficies, artes gráficas, refinerías, y tanques de petróleo, almacenaje y transferencia de gasolina, fabricantes de aceites vegetales, producción de neumáticos, fabricantes de sustancias químicas orgánicas sintéticas, fabricantes de plásticos.
EFFECTOS	Contaminantes primarios en la formación de ozono y smog fotoquímico. Algunos de ellos son conocidos agentes carcinógenos. En este sentido, existen dos COVs altamente tóxicos. Estos son el benceno y 1,3-butadieno y son de preocupación particular puesto que son sustancias carcinógenas conocidas.
LEGISLACIÓN	No regulado en Colombia

¹⁵ Ibid., p. 59.

VARIOS	Propano, tolueno, metilo, etil cetona, xileno, gasolina. Se encuentran presentes en bajas concentraciones en las corrientes de salida de gases y son considerados contaminantes atmosféricos debido a su toxicidad y a los malos olores que producen
---------------	---

Los hidrocarburos forman parte de las emisiones de VOCs, estos compuestos orgánicos únicamente contienen carbono e hidrógeno. Habitualmente son derivados del petróleo y se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 2.12 Clasificación de los Hidrocarburos¹⁶

GRUPO	SUBGRUPO	REACTIVIDAD	EJEMPLO
Alifáticos	Alcanos Alquenos Alquinos	Inerte Altamente reactivo Reactivo	Metano Etileno + NO ₂ + NPA, O ₃
Aromáticos (relacionados con el benceno)	Benceno	No muy Reactivo	PAH Benzo(a)pireno Benzo(e)acefenantrileno Benzo(j)fluoranteno

2.3.6.6. DIÓXIDO DE CARBONO

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro e inodoro que existe naturalmente en la atmósfera de la tierra. También se emiten cantidades significativas por la combustión de combustibles fósiles. La segunda fuente más importante de emisiones globales de CO₂ ocurre por cambios en el uso del suelo y de los bosques. Los bosques y otra vegetación absorben CO₂ durante su crecimiento. Por lo tanto, la pérdida de área forestal (i. e., deforestación) está llevando a una reducción de la incorporación del CO₂ en años futuros. Los cultivos o las quemas y/o los desmontes con fines agrícolas también pueden aumentar la liberación o el almacenamiento natural de CO₂ de los suelos (IPCC, 1993).

22

Tabla 2.13 Generalidades Dióxido de Carbono¹⁷

DEFINICIÓN	Gas inodoro e incoloro, ligeramente ácido y no inflamable. Componente natural de la atmósfera y esencial para el crecimiento de las plantas, pero en grandes cantidades contribuye al calentamiento de la tierra.
FUENTES	Quema de combustibles fósiles, procesos naturales de respiración
EFFECTOS	Contribuye al efecto invernadero, produce asfixia, daños renales o coma.
LEGISLACIÓN	No regulado en Colombia.
VARIOS	Compuesto producto de la combustión completa de combustibles fósiles. Los humanos han estado incrementando la cantidad de dióxido

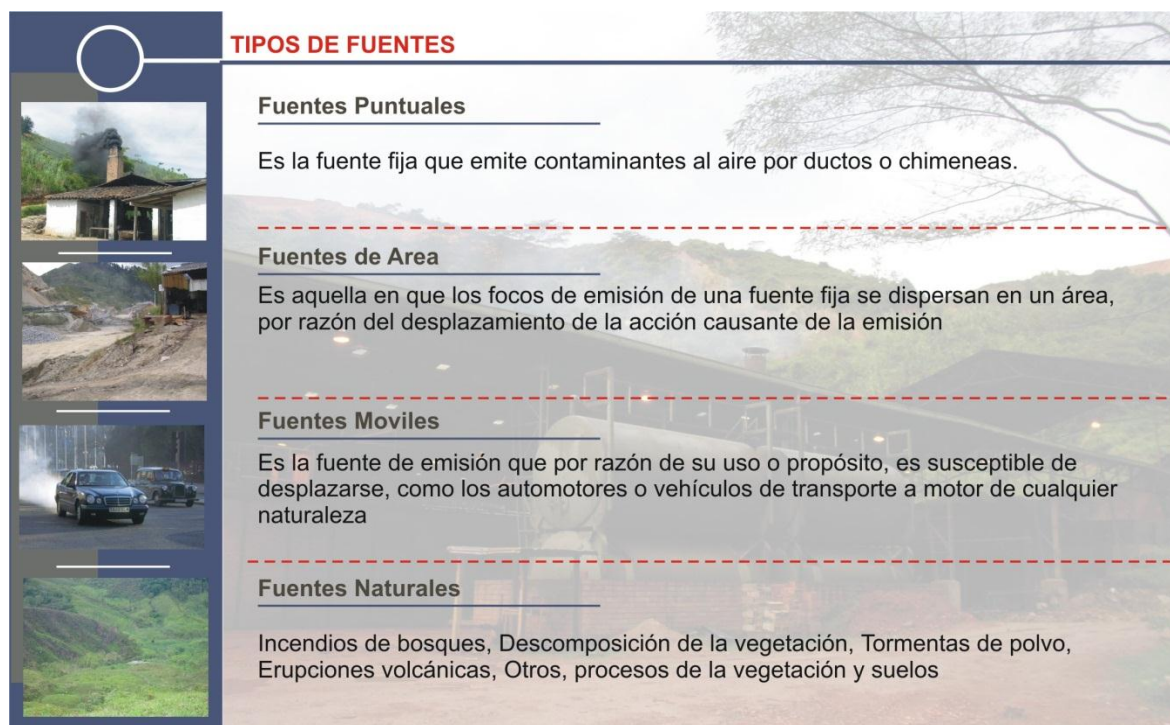
¹⁶ Ibid., p. 59.

¹⁷ Ibid., p. 60.

de carbono en el aire quemando combustibles fósiles, produciendo cemento, despejando terreno y quemando bosques. Alrededor de 22% de la actual concentración de CO₂ en la atmósfera existe debido a esas actividades humanas, considerando que no hay cambio en las cantidades naturales de dióxido de carbono.

2.3.7. TIPOS DE FUENTES

En la siguiente figura se encuentran los tipos de fuentes considerados en el marco del proyecto:



23

Figura 2.4 Tipos de Fuentes¹⁸

2.3.7.1. FUENTES FIJAS

Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa¹⁹.

Las fuentes fijas se dividen en dos tipos de fuentes, puntuales y de área.

¹⁸ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Manual de Fundamentos y Planeación de Inventarios de Emisiones. p. 35.

¹⁹ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 909 del 5 de junio de 2008.p. 40.

FUENTES PUNTUALES

Según la Resolución 909 de 2008 las Fuentes Fijas Puntuales son “fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas”

En el área urbana del municipio de Santiago de Cali se encuentran fuentes fijas puntuales las cuales son las derivadas de la generación de energía eléctrica e industrias como: la química, la textil, la alimentaria, la maderera, la metalúrgica, la metálica, la manufacturera y procesadora de productos vegetales y animales, entre otras. Las emisiones derivadas de la combustión utilizada para la generación de energía o vapor, dependen de la calidad de los combustibles y de la eficiencia de los quemadores, mantenimiento del equipo y de la presencia de equipo de control al final del proceso (filtros, precipitadores y lavadores, entre otros). Los principales contaminantes asociados a la combustión son: Material Particulado, SO_2 , NO_x , CO_2 , CO e hidrocarburos). En la siguiente figura se pueden observar algunas fuentes puntuales dentro de la jurisdicción del DAGMA.



Figura 2.5 Fuentes Puntuales

FUENTES DE ÁREA

La resolución 909 de 2008 define las fuentes de área, dispersas o difusas como “ aquellas en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersa en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como por ejemplo, es el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales”.

Otro tipo de fuentes fijas encontradas en la ciudad de Santiago de Cali son las de área, que incluyen la generación de aquellas emisiones inherentes a actividades y procesos, tales como el consumo de solventes, limpieza de superficies y equipos, recubrimiento de superficies arquitectónicas, industriales, lavado en seco, artes gráficas, panaderías, distribución y almacenamiento de gas LP, principalmente.

Esta fuente también incluye las emisiones de actividades como son: el tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, canteras, entre otros. En este tipo de emisión se encuentra un gran número de contaminantes, de muy variado nivel de impacto en la salud. La Figura 2.6 evidencia algunas fuentes de área halladas en la jurisdicción del DAGMA.



Figura 2.6 Fuentes de Área

2.3.7.2. FUENTES MÓVILES

Según el decreto 948 del 95 una fuente móvil es “una fuente de emisión que por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza”.

Dentro de las fuentes móviles se encuentran los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias no fijas con motores de combustión y similares, que por su operación generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera. Para el desarrollo del inventario en el área urbana de la jurisdicción del DAGMA solamente se tendrán en cuenta las fuentes móviles terrestres siendo las responsables de emisiones como CO, COVs, SO₂, NO_x, material particulado, producidos durante la combustión.

25



Figura 2.7 Fuentes Móviles

Fuente: ADN Cali

Además de las emisiones del escape, los vehículos automotores registran una gran variedad de procesos de emisión evaporativa que se limitan a emisiones de Compuestos orgánicos Totales (COTs). En la siguiente figura se observan estos tipos de emisiones:



Figura 2.8 Emisiones presentes en los vehículos²⁰

EMISIONES EVAPORATIVAS²¹

Se pueden identificar dos tipos de emisiones evaporativas: provenientes del tanque de combustible y evaporación del carburador. Las emisiones en el tanque cobran importancia debido al calentamiento producido por el tubo de escape que generalmente se encuentra cercano al tanque de combustible.

Emisiones Evaporativas del Motor Caliente: Son aquellas que se presentan debido a la volatilización del combustible en el sistema de alimentación después de que el motor se ha apagado. El calor residual del motor volatiliza el combustible.

Emisiones Evaporativas de Operación: Son las emisiones ocasionadas por las fugas de combustible, como líquido o vapor, que se presentan mientras el motor está en funcionamiento.

Emisiones Evaporativas Durante la Recarga de Combustible: Son las emisiones evaporativas desplazadas del tanque de combustible del vehículo durante la recarga. Estas pueden ocurrir mientras el vehículo está en reposo y en puntos conocidos, como las gasolineras. Este tipo de emisiones se tomaron como fuentes puntuales teniendo en cuenta la información dada por las Estaciones de Servicio Encuestadas.

Emisiones Diurnas: Son las emisiones del tanque de combustible del vehículo debidas a una mayor temperatura del combustible y a la presión de vapor del mismo. Estas emisiones se deben al incremento de la temperatura ambiente ocasionado por el sistema de escape del vehículo o por el calor reflejado en la superficie del camino.

²⁰ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Manual de Fundamentos y Planeación de Inventarios de Emisiones. p. 38.

²¹ Ibid., p. 37.

Emisiones Evaporativas en Reposo: Son emisiones evaporativas diferentes a las anteriores, que se presentan cuando el motor no está en funcionamiento. Las pérdidas en reposo se deben principalmente a fugas de combustible y de la permeabilidad del vapor a través de las líneas de alimentación del combustible.

EMISIONES POR EL TUBO DE ESCAPE²²

Es la principal fuente de contaminación procedente de los vehículos. Por el tubo de escape son emitidos el total de Monóxidos de Carbono y óxidos de nitrógeno y la mitad de los hidrocarburos que produce el vehículo.

2.3.7.3. FUENTES NATURALES

Se refiere a la generación de emisiones producidas por volcanes, océanos, plantas, suspensión de suelos, emisiones por digestión anaerobia y aerobia de sistemas naturales. En particular a todo aquello emitido por la vegetación y la actividad microbiana en suelos y océanos, que se les denomina emisiones biogénicas, cuyo papel es importante en la química de la troposfera al participar directamente en la formación de ozono. Las emisiones biogénicas incluyen óxido de nitrógeno, hidrocarburos no metanogénicos, metano, dióxido y monóxido de carbono y compuestos nitrogenados y azufrados (Velasco 2001).

La Figura 2.9 representa las fuentes biogénicas que se pueden encontrar en un entorno.

27

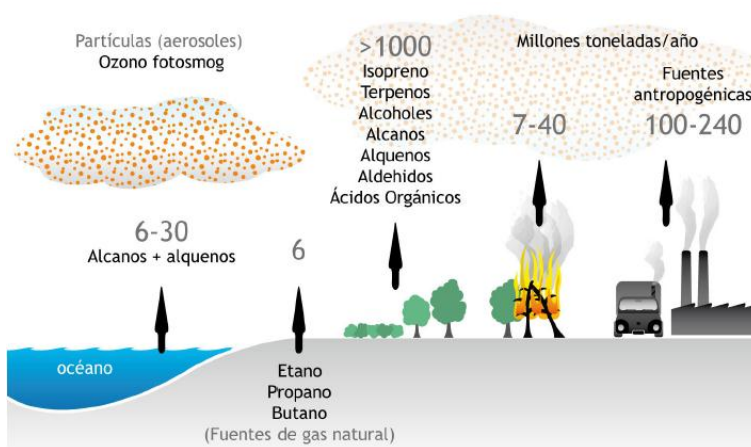


Figura 2.9 Esquema Fuentes Biogénicas²³

²² Ibid., p. 37.

²³ Ibid., p. 39.

2.4. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

Para recopilar, organizar y consolidar la información se empleó el software InvEmisiones, el cual es un programa manejador de base de datos (Access). InvEmisiones es una plataforma que cuenta con una interfaz de fácil manejo en dónde se puede almacenar la información más relevante y se pueden realizar consultas de forma sencilla y rápida. Es un Software de Escritorio, es modificable y permite exportar sus datos al software de modelación Breeze. En la Figura 2.10 se observa la entrada de la plataforma y en la Figura 2.11 la pantalla principal.



Figura 2.10 Entrada al sistema InvEmisiones

28

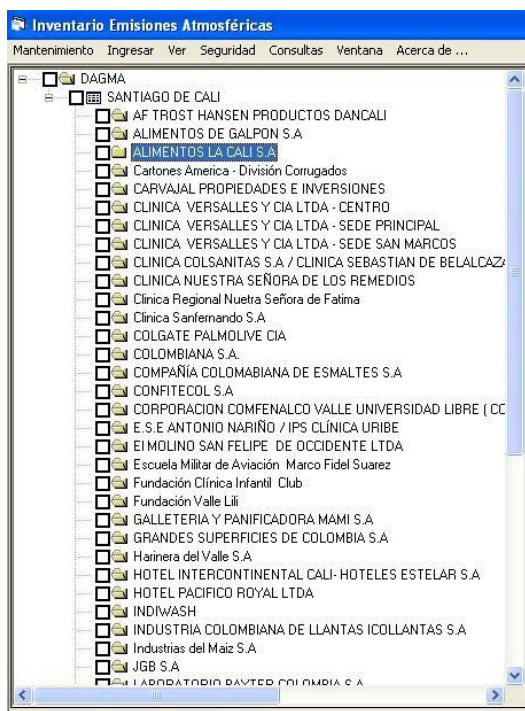


Figura 2.11 Pantalla principal de InvEmisiones

Entre las tareas que puede realizar la herramienta se encuentran:

- Genera reportes de emisiones calculadas por ubicación, tipo de dispositivo, tipo de fuente y tipo de contaminante e inventario total de la jurisdicción.
- Realiza cálculos de emisiones para un intervalo de tiempo definido.
- Genera reportes gráficos para algunas consultas realizadas.
- Consulta de información de características específicas de cada fuente de emisión como tipo de dispositivo, diámetro de la chimenea, temperatura de salida de los gases, etc.
- Permite la actualización constante de los datos del inventario.
- Presentación de tendencias por cada contaminante.

2.4.1. INFORMACIÓN ALMACENADA EN LA BASE DE DATOS

2.4.1.1. FUENTES PUNTUALES

- Ubicación: Territorial, Municipio, dirección, teléfono, fax.
- Descripción de la empresa: nombre de la empresa, NIT, Actividad económica, producción.
- Descripción de las fuentes de emisión: ubicación en coordenadas planas, diámetro y altura de la chimenea, equipo de control, tipo y cantidad de combustible, estimación de emisiones para cada contaminante, frecuencia de trabajo.

29

2.4.1.2. FUENTES DE ÁREA

- Ubicación: Territorial, Municipio
- Descripción de la fuente de emisión: tipo de actividad, tipo y cantidad de combustible (si aplica), estimación diaria y horaria de emisiones para cada contaminante.

2.4.2. CONSULTAS

Además de consultar la información antes mencionada, la base de datos genera reportes de emisiones de la siguiente forma:

- Reporte del inventario total de emisiones atmosféricas por tipo de fuente para un periodo de tiempo determinado.
- Reporte gráfico de la tendencia mensual o anual de emisiones por contaminante para un municipio determinado.

- Reporte gráfico de las emisiones totales de cada contaminante por municipio dentro de un periodo de tiempo determinado.
- Reporte de emisiones por empresa y por actividad económica en un periodo de tiempo determinado.
- Reporte de emisiones por empresa y actividad económica por municipio en un periodo de tiempo determinado.
- Reporte de emisiones por municipio por tipo de dispositivo.
- Reporte de emisiones por tipo de vía o para vías específicas y para el tipo de automóvil seleccionado para el municipio o municipios seleccionados de una territorial y para un período de tiempo determinado.
- Reporte de emisiones por tramos de vía para vías urbanas.

Una información más amplia sobre el funcionamiento de la Base de datos se encuentra consignada en el ANEXO M.

En los anexos P, Q, R y S se encuentra la base de datos consolidada, y la georreferenciación de las fuentes puntuales, de área y naturales que se encuentra en los formatos: .mxd, .shp, .pdf y .gdb.

3. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES

El proceso que se llevó a cabo para elaborar el inventario de emisiones en el área Urbana del municipio de Santiago de Cali se fundamenta en el capítulo cuarto del manual de Fundamentos y Planeación de Inventarios de Emisiones. La siguiente figura esquematiza el proceso de elaboración del inventario de emisiones.

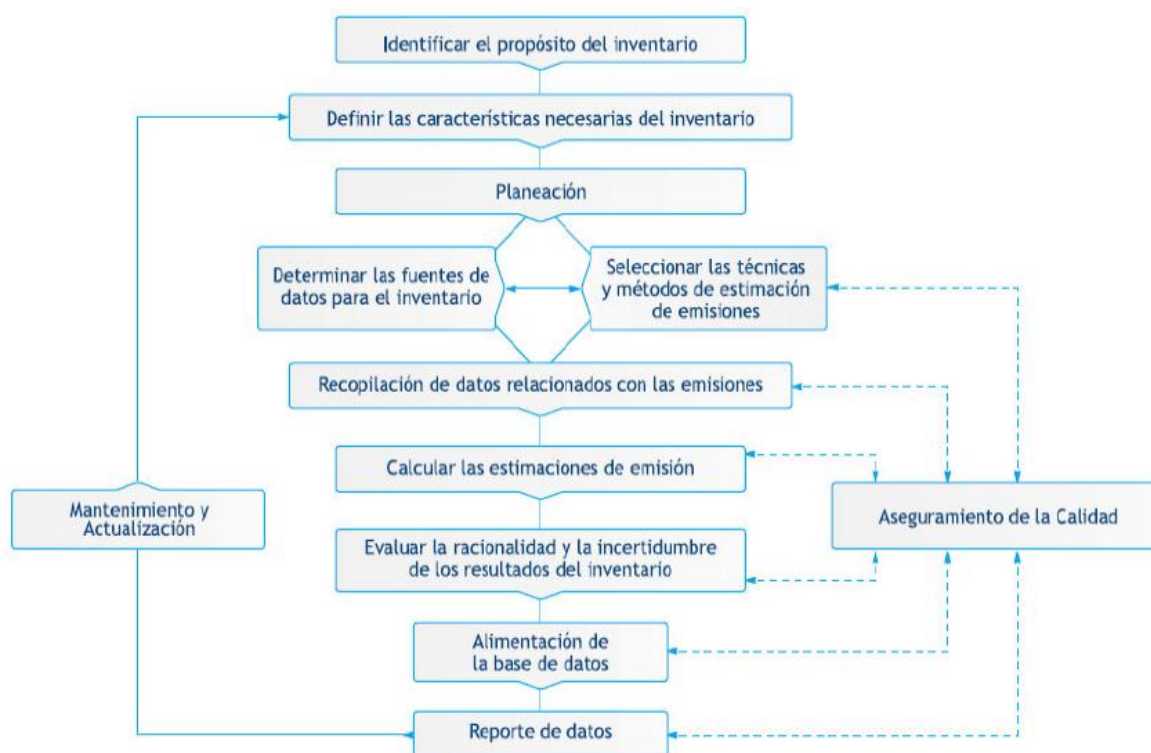


Figura 3.1 Pasos técnicos para el desarrollo de un inventario de emisiones²⁴

3.1. SOLICITUD Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.1.1. FUENTES PUNTUALES

Las fuentes de información utilizadas para realizar el inventario de emisiones para las fuentes puntuales fueron:

²⁴ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Manual de Fundamentos y Planeación de Inventarios de Emisiones. Borrador. Colombia.

3.1.1.1. EXPEDIENTES GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL

Para poder analizar los expedientes se solicitó un permiso mediante la carta con número de radicado 2012 - 41330 - 009264 - 2 el día 18 de julio de 2012 (Ver ANEXO B).

Desde el 24 de julio hasta el 24 de agosto se realizó la revisión y análisis de la información presente en 83 expedientes facilitados por el departamento de Gestión Ambiental Empresarial, de los cuales solamente 36 cuentan con información del año 2011. Para poder llevar a cabo el inventario de emisiones atmosféricas se realizó una recopilación de información referente a:

- Datos administrativos de la empresa.
- Procesos industriales llevados a cabo en las empresas.
- Datos de los equipos generadores de emisiones.
- Datos isocinéticos.

Dicha información fue consignada en un formato en Excel como se observa en el ANEXO C.

3.1.1.2. REGISTROS CÁMARA DE COMERCIO

Además de los expedientes de fuentes puntuales se realizó la revisión de los registro de Cámara de Comercio y del Registro Único Ambiental (RUA) con el fin de identificar empresas de interés para el Inventario de Emisiones Atmosféricas.

32

Después del análisis de la información suministrada por el área de Gestión Ambiental Empresarial, se procedió al envío de encuestas a las empresas que contaban con registros de dirección electrónica (599). Dichas encuestas fueron enviadas con un soporte (Circular Informativa. Ver ANEXO D) en dónde se les informó el motivo del correo. Esta actividad se llevó a cabo entre el 27 y 31 de agosto y hasta la fecha se están realizando llamadas para la confirmación del envío de la correspondencia.

3.1.1.3. ENCUESTAS

Entre el 24 de julio y 24 de agosto se enviaron 600 encuestas vía email y se realizó su respectivo seguimiento confirmando por medio telefónico su recibimiento. Después de realizar las respectivas llamadas se llevaron a cabo visitas técnicas para obtener información de las diferentes empresas a visitar. Como resultado de esta actividad se obtuvo información valiosa para el inventario de emisiones de 200 empresas. Ver ANEXO E y ANEXO N.

Con la información obtenida ya se puede proceder al cálculo de emisiones por fuentes puntuales, para esto ver el capítulo cuatro de cálculos y análisis.

3.1.2. FUENTES DE ÁREA

3.1.2.1. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN

Para la recolección de la información para fuentes de área fue necesario enviar una carta al Departamento Administrativo de Planeación (Ver ANEXO B), en dónde se les solicitó información sobre cartografía del municipio, planos con las vías y el último Plan de Ordenamiento Territorial (POT). Ésta solicitud fue enviada el día 25 de julio pero por asuntos internos no fue aceptada la solicitud. El día tres de septiembre se envió nuevamente la solicitud de la cual se obtuvo información sobre el POT y archivos en formatos shape y pdf que contienen la cartografía.

3.1.2.2. VISITAS TÉCNICAS




Se planteó la visita a unas empresas para la cual se tuvo el acompañamiento del funcionario del DAGMA – Técnico Profesional Jairo Copete. En estas visitas técnicas se georreferenciaron las fuentes y se tomaron datos del proceso de producción. Para la Recolección de dicha información se realizaron dos jornadas; el primero de agosto y el segundo día de ese mismo mes.

Tabla 3.1 Itinerario de las visitas de campo

FECHA	EMPRESAS VISITADAS
01 agosto de 2012	Cantera Normandía Cantera Rocales y Concreto S.A Triturados el Chocho y CIA LTDA Cantera Chipichape Argos Cali ACOPY Yumbo (Sector Industrial) Relleno Sanitario Navarro
02 de agosto de 2012	Mina Cerro de la Bandera Escombrera la 50

Tabla 3.2 Visitas de Campo

EMPRESA	REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>CANTERA NORMANDÍA</p> <p>Se encuentra ubicada en el sector las minas. Se realiza extracción de manera artesanal y no existe control. Es una cantera ilegal.</p>	
<p>CANTERA ROCALES Y CONCRETOS S.A.</p> <p>Se encuentra ubicada en la Av. 9 Oeste # 23 bis-28</p> <p>Tienen un área de explotación de 36 Ha. No cuentan con botaderos, por lo que aprovechan todo el material extraído.</p> <p>Trabajan 6 días a la semana y ocho horas al día excluyendo el sábado que trabajan medio día.</p>	
<p>TRITURADOS EL CHOCHO Y CIA LTDA.</p> <p>Esta cantera hace explotación de roca volcánica (basalto) y no cuentan con zona de botaderos. El área de explotación es de 48 Ha y tienen un acopio de 8000 m².</p> <p>Trabajan 10 horas al día y 5 días a la semana.</p>	
<p>CANTERA CHIPICHAPE</p> <p>Ya no hacen explotación ni extracción de minerales.</p>	

EMPRESA	REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>ACOPI YUMBO (SECTOR INDUSTRIAL)</p> <p>No está dentro del área de jurisdicción del DAGMA por lo que no se pudo obtener información.</p>	
<p>MINA CERRO DE LAS BANDERAS</p> <p>No realizan extracción de material.</p>	
<p>ESCOBRERA LA 50</p> <p>Se encuentra ubicada en la avenida Simón Bolívar con carrera 50. Tiene aproximadamente un área de 1500 m².</p> <p>La disposición de los escombros no es controlada, aunque se está adelantando un proyecto por parte del DAGMA para la organización de la misma.</p>	

3.1.2.3. ENCUESTAS

Se realizó el envío de 96 encuestas vía email a las diferentes estaciones de servicio EDS encontradas en los expedientes facilitados por el DAGMA. Después del envío de estos correos solamente se obtuvo información de 5 estaciones ya que muchas de ellas aseguraron no ser generadores de contaminantes. Ante esta situación se enviaron correos aclaratorios, para poder obtener la información necesaria para el inventario de emisiones. De esta actividad se logró obtener finalmente información de tan solo 20 EDS.

Con la información primaria y secundaria obtenida se procedió al cálculo y análisis de los respectivos contaminantes. Ver Capítulo 4.

3.1.3. FUENTES MÓVILES

3.1.3.1. SECRETARÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE MUNICIPAL

Se envió correspondencia a la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal (Ver ANEXO B) con el fin de obtener información del parque automotor activo del año 2011, planos cartográficos de las vías primarias, secundarias y terciarias del municipio, conteos vehiculares y velocidades promedio de las vías. El día 12 de septiembre se recibió respuesta por parte de la Secretaría Tránsito dando información únicamente de la flota vehicular de enero a julio de 2012, además no cuentan con reportes de los años anteriores porque no manejan históricos. Lo anterior indica que posterior a dos meses del envío de la correspondencia desafortunadamente no se ha obtenido información básica para la cuantificación de las emisiones por fuentes móviles.

3.1.3.2. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

Se envió una solicitud al INVIAS el día 25 de julio (Ver ANEXO B), pidiendo información como conteos vehiculares en las principales vías en la ciudad, mediciones de velocidades en las vías y el plan de movilidad de Santiago de Cali, a lo que respondieron que dichas vías al interior de la ciudad no eran competencia de su entidad

3.1.3.3. INFORMACIÓN COMBUSTIBLES

36

Para poder desarrollar el inventario de emisiones se tiene que tener información sobre los combustibles como:

- Cantidad de combustibles suministrados para uso vehicular en los años 2010 y 2011 en el municipio de Santiago de Cali. Los combustibles de interés son:
 - a. Gasolinas para motor (regular y extra)
 - b. Diesel para motor (ACPM)
 - c. Gas Natural Vehicular (GNV)
- Cantidad de combustibles suministrados para uso industrial en los años 2010 y 2011 en el municipio de Santiago de Cali. Los combustibles de interés son:
 - a. Gas Licuado de Petróleo (GLP)
 - b. Gas Natural (G/N)
 - c. Otros (Dieseles, Virginoil, Queroseno, Turbocombustible, etc.)
- Composición de los combustibles utilizados en el municipio de Santiago de Cali.

Esta información se solicitó a las empresas de Fendipetróleo seccional suroccidente valle y cauca, ExxonMobil de Colombia S.A., Organización TerpelS.A., Chevron – Texaco Petroleum Company y Ecopetrol S.A.(Ver ANEXO C), de las cuales Fendipetróleo se pronunció explicando que no contaba con esta información y que se debían remitir a las Declaratorias Ambientales Presentes en Gestión Empresarial, en donde se revisaron 123 expedientes de estaciones de servicio, esta actividad se desarrolló entre el 13 y el 24 de agosto . La información recolectada de estos expedientes se consignó en un formato en Excel clasificándola por cantidad, tipo de combustible, tipo de ventilación de los tanques e información administrativa de cada una de las estaciones.

Ecopetrol S.A. dio respuesta informando que dicha solicitud se debía dirigir a la Planta Conjunta Yumbo, que agrupa a los mayoristas ExxonMobil, Chevron Texaco, Blocombustibles y Petrobras, ubicada en Yumbo en la Calle 15 # 6 - 501 y a la Organización Terpel ubicada en el kilómetro 5.6 carretera Panorama vía Yumbo Vijos.

La empresa ExxonMobil de Colombia S.A. envió información de cantidad de combustible suministrado para uso vehicular e industrial para los años 2010 y 2011, también enviaron información de la composición de dichos combustibles.

Después de la carta radicada el día 3 de agosto de 2012 en las oficinas de Chevron Petroleum Company se recibió información de cantidades de combustibles suministrados a Santiago de Cali, composición de los combustibles y las hojas de seguridad (MSDS) de los productos entregados en Cali.

3.1.3.4. INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL DAGMA

Se revisó, analizó y consolidó la información facilitada por el departamento de Calidad del Aire del DAGMA, la cual contiene registros de flota vehicular del servicio público del año 2011. Esta información está dividida por empresa y a su vez la mayoría de registros contienen tipo de combustible, placa, modelo, datos de revisión técnico-mecánica y propietario. Del consolidado de dicha información se obtuvo un total de 2026 vehículos pertenecientes al servicio público, de los cuales 741 son busetas, 43 camperos, 554 buses y 688 microbuses, 1982 utilizan como combustible ACPM y el restante gasolina.

Por parte del mismo departamento también se recibió información de mediciones de Opacidad del año 2010, pero para el objeto del estudio no es relevante dicha información.

3.1.3.5. MINISTERIO DE TRANSPORTE

El día 21 de septiembre se realizó la gestión de solicitud de información a las diferentes dependencias de la Dirección de Transporte y Tránsito del Ministerio de Transporte, esto se realizó por medio del correo institucional del DAGMA. El día 24 de septiembre se recibió una llamada por parte del funcionario del Ministerio de Transporte Edgar Buitrago recomendando el envío de la correspondencia al Director de la Territorial Valle del Cauca.

3.1.3.6. AFOROS VEHICULARES

Los conteos vehiculares para la caracterización las vías y determinación de los flujos vehiculares y patrones de conducción se hicieron para once puntos distribuidos en todo el casco urbano de Santiago de Cali, se estudiaron vías principales y residenciales para los días miércoles 24, jueves 25, viernes 26 y sábado 27 de octubre de 2012, las direcciones de cada punto de aforo se relacionan a continuación. En el ANEXO O se pueden ver los registros de los aforos vehiculares.

Tabla 3.3 Puntos de aforos vehiculares

PUNTOS	VÍAS OBJETO DE AFORO	PUNTO DE AFORO	TIPO DE VÍA	FECHA
P1	Avenida 3N (8 carriles, 4 de ida y 4 de venida), con calle 34 N (4 carriles, 2 de ida y 2 de venida)	Avenida 3N (8 carriles 4 de ida y cuatro de venida)	Principal	24 de octubre 2012
P2	Autopista Nororiental (10 carriles, 5 de ida y 5 de regreso) con Recta Palmira (K 1N) (6, 3 de ida y 3 de regreso),	Recta Palmira (Carrera 1N "6 carriles, 3 de ida y dos de venida"	Principal	25 de octubre 2012
P3	Calle 70 "Autopista nor-oriental" (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida) con carrera 8 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Calle 70 "autopista nororiental" (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Principal	26 de octubre 2012
P4	Carrera 15 (8 carriles, 4 de ida y 4 de venida) con calle 26 (4 carriles en un solo sentido)	Carrera 15 " 8 carriles, 4 de ida y 4 de venida"	Principal (Mayor flujo)	27 de octubre 2012
P5	Calle 16 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida) con carrera 100 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	carrera 100 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Principal	24 de octubre 2012
P6	Calle 50 con avenida Simón Bolívar (6 carriles, 3 de ida y dos de venida)	Simona Bolívar (6 carriles, 3 de ida y dos de venida)	Principal	25 de octubre 2012
P7	Carrera 2 con calle 58	calle 58	Residencial	24 de octubre 2012
P8	Paso ancho (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida) con autopista sur (10 carriles, 5 de ida y 5 de venida)	Paso ancho (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Principal	26 de octubre 2012
P9	Calle 5 "Circunvalar"(4 carriles hacia el sur, y de regreso 3 carriles) frente a Hospital Materno Infantil (Muy Importante)	Calle 5 "Circunvalar"(4 carriles hacia el sur, y de regreso 3 carriles)	Principal	27 de octubre 2012
P10	Carrera 37 (2 carriles doble vía) con 12 A (dos Carriles doble vía), una calle sencilla	Carerra 37 (2 carriles doble vía)	Residencial	26 de octubre 2012
P11	Carrera 94 con calle 4C	CARERA 94 CON 4C	Residencial	27 de octubre 2012

La información obtenida se analizó y se procesó para su posterior utilización como insumo al modelo IVE. Ver Capítulo 4.

3.1.4. FUENTES NATURALES

3.1.4.1. UNIDAD MUNICIPAL DE ASISTENCIA TÉCNICA AGROPECUARIA

Se envió correspondencia el día 25 de julio pidiendo información sobre el uso del suelo, especies de la región (flora) e inventarios forestales y florísticos de la ciudad de Cali, a lo que contestaron que la UMATA no posee información referente a zona urbana, simplemente del área rural del municipio.

3.1.4.2. INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL DAGMA

El Departamento Administrativo de Gestión de Medio Ambiente suministró un inventario forestal en dónde se encuentran 151099 ejemplares especificando su nombre común, científico, altura, diámetro, altura de pecho, coordenadas y cartografía. Dicha información se ha analizado con el fin de introducirla en el software GloBeis de la EPA, para poder obtener las emisiones generadas por las fuentes naturales.

Con la información que se obtuvo y el programa GloBeis se determinaron las emisiones producidas por las fuentes naturales, para esto ver el capítulo correspondiente a cálculos de emisiones.

3.2. CONSOLIDADO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

39

En la siguiente tabla se relaciona la información solicitada y suministrada por las diferentes empresas y entidades que por sus actividades podían tener información importante para el desarrollo del inventario de emisiones de Santiago de Cali.

Tabla 3.4 Consolidado información solicitada y suministrada

CORRESPONDENCIA	FECHA RECIBIDO	RADICADO	INFORMACIÓN SOLICITADA	RESPUESTA
Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria	25/07/2012	2012413300024091	<ul style="list-style-type: none"> • Uso del suelo • Especies de la región (flora) • Inventarios forestales y florísticos 	• Solo tienen información del Sector Rural.
Instituto Nacional de Vías (INVÍAS)	25/07/2012	2012413300024111	<ul style="list-style-type: none"> • Conteos vehiculares • Mediciones de velocidades en las principales vías • Plan de movilidad 	• Solo tienen información de vías nacionales.
Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal	25/07/2012	2012413300024071	<ul style="list-style-type: none"> • Base de datos del parque automotor activo del año 2011 (distribución por marca, modelo, clase, tipo de combustible, etc) • Planos cartográficos de las vías • Velocidad promedio por las vías 	• Flota vehicular de los meses de enero a julio del año 2012. Información dividida por tipo de servicio y de combustible.
Departamento Administrativo de Planeación	03/09/2012	2012413300024121	<ul style="list-style-type: none"> • Cartografía digital • Planos con las vías • POT última versión 	• Cartografía, áreas por actividad, áreas forestales protectoras, barrios, caminos, componente rural, comunas,

CORRESPONDENCIA	FECHA RECIBIDO	RADICADO	INFORMACIÓN SOLICITADA	RESPUESTA
				<p>corregimientos, manzanas líneas, nomenclaturas ejes viales, perímetro municipal, perímetro urbano, polígonos normativos, polígonos normativos subareas, ríos, separadores urbano, tratamientos (uso dado al suelo: residencial, comercial, etc), vías rurales, zona de parques, zonas verdes, áreas protectoras.</p> <ul style="list-style-type: none"> POT
Fendipetróleo Seccional Suoccidente Valle y Cauca	25/07/2012	2012413300024121	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de combustibles suministrados para uso vehicular Cantidad de combustibles suministrados para uso industrial Composición de los combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> No tienen información solicitada. Remiten a las Declaraciones Ambientales.
Ecopetrol S.A	30/07/2012	2012413300024161	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de combustibles suministrados para uso vehicular Cantidad de combustibles suministrados para uso industrial Composición de los combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> Certifican que no distribuyen combustibles para Santiago de Cali directamente, solo transporta por poliductos los hidrocarburos y son entregados a mayoristas en YUMBO.
Exxonmobil de Colombia S.A.	03/08/2012	2012413300024151	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de combustibles suministrados para uso vehicular Cantidad de combustibles suministrados para uso industrial Composición de los combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de combustibles suministrados para uso vehicular Cantidad de combustibles suministrados para uso industrial Composición de los combustibles
Chevron Petroleum Company	03/08/2012	2012413300024171	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de combustibles suministrados para uso vehicular Cantidad de combustibles suministrados para uso industrial Composición de los combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> Cantidades de combustibles suministrados. Hojas de seguridad de los combustibles.
Organización Terpel S.A.	03/08/2012	2012413300024081	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de combustibles suministrados para uso vehicular Cantidad de combustibles suministrados para uso industrial Composición de los combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> Quedaron de enviar un correo o llamar para ver en que va el proceso.
RUNT	29/10/2012	Vía Email	<ul style="list-style-type: none"> Base de datos del parque automotor activo del año 2011 (distribución por marca, modelo, clase, tipo de combustible, etc) Planos cartográficos de las vías Velocidad promedio por las vías 	<ul style="list-style-type: none"> No se obtuvo respuesta
OTRAS SOLICITUDES				
Gases de Occidente				<ul style="list-style-type: none"> Distribución de combustible gaseoso incluyendo uso vehicular para el año 2011.
EPSA-Proyecto Cali Carbono Neutro				<ul style="list-style-type: none"> Consumo de energía (Kwh) período junio 2011 a junio 2012
EMAS-Empresa				<ul style="list-style-type: none"> Tasa de Generación de Residuos

CORRESPONDENCIA	FECHA RECIBIDO	RADICADO	INFORMACIÓN SOLICITADA	RESPUESTA
metropolitana de aseo				Urbano (RSU) (0.571 kg/percapita/día). •Fracción de Residuos eliminados en sitio de disposición final (100%). La información corresponde para el año 2012.
PROMOAMBIENTAL: Empresa recolectora de aseo				•Tasa de generación de residuos sólidos (0.78 kg/percapita/día). •Fracción de los RSU eliminados en el sitio de disposición final (100%). •Tasa de disposición de Residuos Sólidos (0.78 kg/percápita/día). NO especifica periodo o año
EMCALI EISE-EPS				•Producción de agua potable por planta de tratamiento promedio enero-junio 2012. •Consumo promedio por cuenta junio 2012. Índice de agua no contabilizada promedio enero abril 2012. •Consumo de energía eléctrica junio 2012. •Agua residual tratada, eficiencia de remoción y volumen de lodos generados junio 2012.
EMCALI EISE- ENERGIA ELECTRICA				•Consumo de energía kwh per -cápita mes (93.81) para el año 2012, y porcentaje de energía perdida mensual (13.31%)

3.3.ACREREDITACIÓN ANTE EL IDEAM

Para dar inicio al proceso de recolección de información primaria del SVCA para la preparación del proceso de Acreditación ante el IDEAM, los días 18 y 19 de julio se llevaron a cabo las visitas al laboratorio ambiental del DAGMA y a las estaciones de calidad del aire; Éxito La Flora, Escuela República de Argentina (ERA) y a la estación móvil.

3.3.1. VISITA ESTACIONES DE CALIDAD DEL AIRE

Para las estaciones se diligenciaron los formatos, Evaluación de la Ubicación de las Estaciones, Revisión de Inventario, Evaluación de la Infraestructura y Evaluación de la Infraestructura - Localización Toma de Muestras, consignados en la Guía para la Auditoría a Redes Automáticas de Monitoreo de Calidad de Aire del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

También se verificaron los flujos de los muestreadores de material particulado con un equipo patrón y se revisaron las funciones “test” de cada uno de los equipos para conocer el estado actual de las principales partes internas de los analizadores automáticos utilizados para la vigilancia en tiempo real de la calidad del aire.

3.3.1.1. ESTACIÓN ÉXITO LA FLORA

Se encuentra ubicada en la comuna 2 en la Calle 52 con tercera, siendo la calle una avenida de gran flujo vehicular, también está cerca de la zona industrial de Yumbo. Esta estación monitorea CO, SO₂, NO_x, O₃, PM₁₀, velocidad y dirección del viento, radiación solar, temperatura, humedad relativa, precipitación y presión, de los cuales los equipos que miden CO y PM₁₀ no están en funcionamiento.



Figura 3.2 Registro fotográfico Estación Éxito La Flora

3.3.1.2. ESCUELA REPÚBLICA DE ARGENTINA (ERA)

La estación la ERA está ubicada en la comuna 9 en el Barrio Obrero, en la Carrera 11 D con 23. Esta estación monitorea CO, SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, velocidad y dirección del viento, radiación solar, temperatura, humedad relativa, precipitación y presión. Los equipos de CO, SO₂ y NO_x se encuentran averiados.

42



Figura 3.3 Registro fotográfico Estación La ERA

3.3.1.3. UNIDAD MÓVIL

La estación móvil se encuentra ubicada desde agosto de 2011 en la carrera 28 J con 74 U, en la planta de bombeo de aguas residuales en el barrio Poblado II y se planea reubicarla hasta fin de año. Esta unidad monitorea CO, SO₂, NO_x, O₃, precursores de O₃ (HC), PM₁₀, velocidad y dirección del viento, radiación solar, temperatura, humedad relativa, precipitación y presión.



Figura 3.4 Registro fotográfico Estación Móvil

3.3.2. VISITA LABORATORIO AMBIENTAL DAGMA

Para llevar a cabo el proceso de acreditación también es necesario realizar un seguimiento al laboratorio, en donde se realizan los debidos análisis a las muestras. La visita atendida por el funcionario del DAGMA Fernando Estrada, consistió en la revisión del área de Secado y Pesaje en donde se procedió al diligenciamiento del Check List “Diagnóstico proceso de Acreditación del Laboratorio”, con lo que se obtuvo que no cuentan con un organigrama definido ni con un manual de funciones y perfiles de cargos definidos, no implementan sistemas de Gestión de Calidad y no tienen manuales de calidad.

43



Figura 3.5 Registro fotográfico Laboratorio Ambiental DAGMA

3.3.3. REUNIONES CON EL INTERVENTOR DEL PROYECTO

En el mes de septiembre se realizó contacto con la interventora del proyecto por parte del DAGMA y la coordinadora del proceso de acreditación ante el IDEAM por parte de K2 Ingeniería S.A.S. con el fin de abarcar los diferentes temas que deben ser tenidos en cuenta en el programa de aseguramiento de calidad del SVCA.

Entre los temas tratados se encuentran los siguientes:

- **Sistema de Gestión de Calidad implementado en DAGMA:** el interventor sugiere la implementación del Sistema de Gestión de Calidad ISO IEC 17025 armonizado con el Sistema de gestión GP1000 que implementa actualmente el DAGMA y de esta manera no generar traumatismos. Adicionalmente se consideró después del 5 de octubre generar comunicación directa con el funcionario de calidad encargado que permita hacer un empalme con la coordinadora de acreditación por parte de K2 Ingeniería.
- **Funcionamiento de la red de vigilancia:** La interventora dio a conocer al coordinador de acreditación de K2 Ingeniería el funcionamiento de la red de vigilancia, así como los diferentes roles y cargos que se desempeñan.
- **Direccionamiento del área técnica de la red de vigilancia:** se debe conocer el direccionamiento estratégico a presentar en la auditoria ante el IDEAM, por lo cual se concertó entre la Interventora y la coordinadora de acreditación de K2 Ingeniería, que esta última realizara una visita a las instalaciones del DAGMA y la ubicación de las estaciones en la red, que permita conocer a fondo el funcionamiento y dar los soportes necesarios para que este funcione adecuadamente para el cumplimiento de la auditoria ante el IDEAM.

44

3.4. DIFICULTADES PRESENTADAS EN LA TOMA DE INFORMACIÓN

Se presentaron demoras al dar respuesta a la información solicitada. Por otro lado algunas entidades como el INVIAS, la UMATA, ECOPETROL S.A y Fendipetróleo no tenían la información, ya que ésta no era de su campo de acción. Adicional a esto la secretaría de tránsito y transporte municipal no entregó la información requerida, argumentando que ellos no manejan históricos en la recolección de sus datos. La Organización Terpel S.A. no ha dado ninguna respuesta a la solicitud enviada el día tres de agosto de 2012.

Después de enviar 600 encuestas, de acuerdo a los registro de cámara y comercio se obtuvieron respuesta de solo 55 empresas de las cuales 35 industrias confirmaron no tener fuentes fijas y 20 enviaron información, pero solamente se pudieron incluir en el inventario de emisiones 8 de ellas. Esta poca respuesta se debió a que la información de las empresas, como el teléfono, direcciones, emails, no se encuentra actualizada en estos registros, lo que hace que la obtención de la información sea ineficiente y demorada.

Por los registros de cámara de comercio, RUA (Registro Único Ambiental), páginas amarillas y las bases de datos empresarial (pag. web), se contactaron vía telefónica a 700 industrias, de las cuales se obtuvieron 208 visitas técnicas y 200 visitas efectivas, ya que algunas de ellas se encontraban en liquidación o simplemente ya no estaban operando.

La demora en la recopilación de la información primaria generó retraso en el debido desarrollo del proyecto.

4. CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. FUENTES PUNTUALES

Los cálculos de las emisiones atmosféricas se realizaron teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Contaminantes evaluados: TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, SO₂, CO, COVs y CO₂.
- Información tomada para calcular las emisiones: información de expedientes e información recolectada por medio de encuesta (algunas de ellas enviadas por las empresas y otras diligenciadas en campo).
- Metodología utilizada para calcular las emisiones: Factores de Emisión.
- Factores de emisión utilizados: EPA, Protocolo de Inventario de Emisiones.
- Para los dispositivos con valores de emisión de algunos contaminantes por medición directa, es decir, por muestreo isocinético, se reportaron los valores obtenidos en la medición.
- Las frecuencias de trabajo de los dispositivos que se desconocen porque no son reportadas por la empresa o no se encontró información en expediente, se asumieron tomando como referencia empresas del mismo tipo o se asumieron horas y días trabajados de 8 horas/día, 26 días/mes.

Las metodologías de cálculo varían de acuerdo a la actividad de la empresa y la información reportada por la misma. Los cálculos por factores de emisión se dividen en dos tipos: por combustión y por proceso.

46

4.1.1. CÁLCULOS POR COMBUSTIÓN

La información que se tiene que tener en cuenta para determinar las emisiones por combustión son:

- Capacidad del equipo de combustión
- Tipo de combustible, Consumo
- Sistemas de control y eficiencia
- Horarios de Operación

La siguiente figura ilustra la metodología para llevar a cabo este tipo de cálculos.

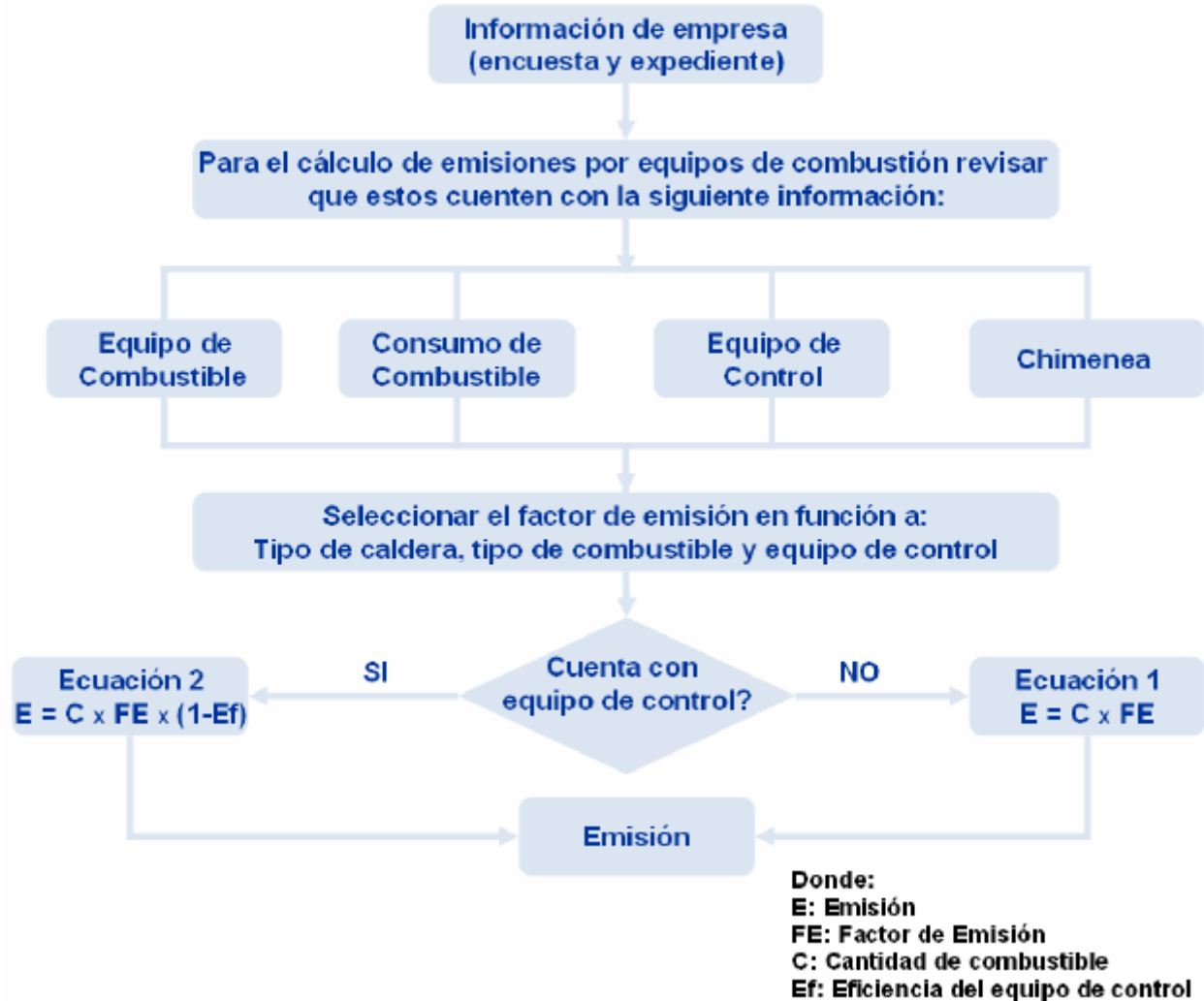


Figura 4.1 Algoritmo para el cálculo de emisiones por combustión²⁵

4.1.2. CÁLCULOS POR PROCESO

En este tipo de cálculos se analizan por separados los equipos y operaciones llevadas a cabo en el proceso de producción de cada empresa, también se tienen en cuenta los equipos de control y sus eficiencias. A continuación se ilustra la metodología a seguir para determinar las emisiones teniendo en cuenta el tipo de proceso.

²⁵ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Manual de Inventario de Fuentes Puntuales. Borrador. Colombia. p. 19.

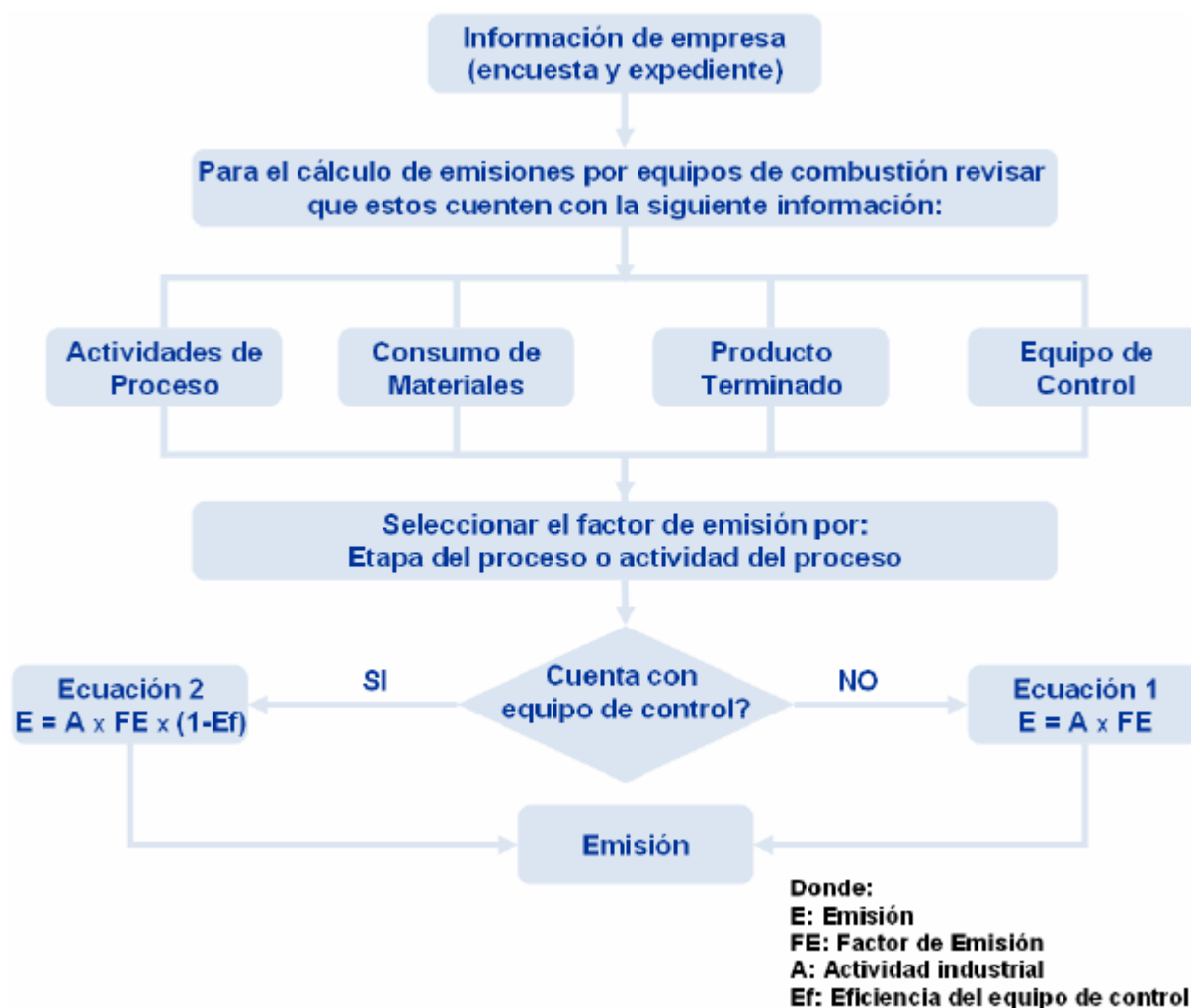


Figura 4.2 Algoritmo de cálculo de emisiones por proceso²⁶

4.1.3. ESTIMACIÓN DE EMISIONES

Los cálculos realizados en fuentes fijas puntuales se dividieron en diferentes tipos de procedimientos: de acuerdo al combustible utilizado y si poseen resultados de muestreos isocinéticos o no. En el ANEXO G se encuentran el consolidado de los cálculos de fuentes puntuales.

4.1.3.1. SIN MUESTREO ISOCINÉTICO

Los cálculos correspondientes a los equipos que no poseen muestreos isocinéticos, se realizaron teniendo en cuenta los factores de emisión, para todos los contaminantes criterio. Para éstos casos, las

²⁶ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Manual de Inventario de Fuentes Puntuales. Borrador. Colombia. p. 19.

emisiones se calcularon teniendo en cuenta la cantidad de combustible reportada por las empresas, la producción reportada. Para determinar las emisiones se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$E = C * FE * (1 - \%Efi)$$

$$E = A * FE * (1 - \%Efi)$$

Dónde:

C= Cantidad de combustible (Ton/h)

A= Actividad Industrial

E_{TSP}= Emisión reportada (kg/h)

FE= Factor de emisión

%Efi= Porcentaje de eficiencia del equipo de control

A continuación se citan dos ejemplos de cálculo:

POR COMBUSTIBLE

Caldera

Código empresa EN072

CIU: O9301

Equipo: Caldera a gas natural. Cap: 30 BHP

Consumo de gas natural: 0.319 m³/h

Actividad: 24 h/día, 7 días/semana

FE: 0.0000304 kg PM₁₀/m³

Tablas 1.4-1y 1.4-2 del AP-42 "kg/m³"

Sin equipo de control

$$E_{PM_{10}} = C * FE * (1 - \%Efi)$$

$$E_{PM_{10}} = 0.319 \frac{m^3 \text{ gas natural}}{h} * 0.0000304 \frac{kg PM_{10}}{m^3 \text{ gas natural}} = 9.7 \times 10^{-5} \frac{kg PM_{10}}{h}$$

$$E_{PM_{10}} = 9.7 \times 10^{-5} \frac{kg PM_{10}}{h} * 24 \frac{h}{día} * 7 \frac{días}{semana} * 4 \frac{semanas}{mes} * 12 \frac{meses}{año} * \frac{1 Ton PM_{10}}{1000 kg PM_{10}}$$

$$E_{PM_{10}} = 7.82 \times 10^{-5} \frac{Ton PM_{10}}{año}$$

POR PROCESO

Procesamiento de Madera

Código empresa EN064

CIU: D3610

Equipo: Sierra de cortar

Producción: 0.25 m³-madera/h
Actividad: 8 h/día, 6 días/semana

FE= 0.00363 kg-PST/m³

Fuente: AP-42. Capítulo 10.9 “Engineered Wood Products Manufacturing” Tablas 10.9-7

Sin equipo de control

$$E_{PST} = A * FE * (1 - \%Efi)$$

$$E_{PST} = 0.25 \frac{m^3 \text{ madera}}{h} * 0.00363 \frac{kg \text{ PST}}{m^3 \text{ madera}} = 0.0009075 \frac{kg \text{ PST}}{h}$$

$$E_{PST} = 0.0009075 \frac{kg \text{ PST}}{h} * 8 \frac{h}{día} * 6 \frac{días}{semana} * 4 \frac{semanas}{mes} * 12 \frac{meses}{año} * \frac{1 \text{ Ton PST}}{1000 \text{ kg PST}}$$

$$E_{PST} = 0.00209 \frac{Ton}{año}$$

4.1.3.2. CON MUESTREOS ISOCINÉTICOS

Para las empresas que reportaron resultados de muestreos isocinéticos, el procedimiento varía de acuerdo a los contaminantes de los cuales ya se tiene la emisión. En la mayoría de los casos encontrados, los muestreos isocinéticos reportan emisiones solo para TSP. Lo ideal es calcular la cantidad de combustible a partir de la emisión de SO₂ y si ésta se desconoce, se calcula con la emisión de PST.

En caso de que el muestreo no reporte la emisión de SO₂ o su valor sea cero, se utilizó el valor de la emisión de TSP para hallar la cantidad de combustible real. La fórmula general para hallar la cantidad de combustible sin equipo de control en el dispositivo es:

$$C = \frac{E_{TSP}}{FE * (1 - \%Efi)}$$

Dónde:

C= Cantidad de combustible teórico (Ton/h)

E_{TSP}= Emisión reportada (kg/h)

FE= Factor de emisión

%Efi= Porcentaje de eficiencia del equipo de control

Luego con esta cantidad de combustible teórico se determinan el resto de emisiones generadas por la caldera, con la formula general antes descrita para los cálculos sin muestreo isocinético.

Los factores de emisión que se tuvieron en cuenta para determinar las emisiones por fuentes fijas se encuentran a continuación en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Fuentes de los factores de emisión empleados para fuentes puntuales

TIPO	COMBUSTIBLE	FUENTE	MAGNITUD	PARÁMETRO
Calderas sin Control < 100 MM BTU/h	Gas Natural	Tablas 1.4-1y 1.4-2 del AP-42. " kg/m3"	0,0001216	PST
Calderas sin Control < 100 MM BTU/h	Gas Natural	Tablas 1.4-1y 1.4-2 del AP-42. " kg/m3"	0,0000096	SO2
Calderas sin Control < 100 MM BTU/h	Gas Natural	Tablas 1.4-1y 1.4-2 del AP-42. " kg/m3"	0,0001	NOX
Calderas sin Control < 100 MM BTU/h	Gas Natural	Tablas 1.4-1y 1.4-2 del AP-42. " kg/m3"	0,001344	CO
Calderas sin Control < 100 MM BTU/h	Gas Natural	Tablas 1.4-1y 1.4-2 del AP-42. " kg/m3"	0,0000304	PM10
Calderas sin Control < 100 MM BTU/h	Gas Natural	Tablas 1.4-1y 1.4-2 del AP-42. " kg/m3"	0,000088	COVs
Motores	ACPM	EPA – AP42 Capítulo 3. Tabla 3.3-1 "Kg/BTU"	2,00034E-06	NOX
Motores	ACPM	EPA – AP42 Capítulo 3. Tabla 3.3-1 "Kg/BTU"	4,30913E-07	CO
Motores	ACPM	EPA – AP42 Capítulo 3. Tabla 3.3-1 "Kg/BTU"	1,31542E-07	SOX
Motores	ACPM	EPA – AP42 Capítulo 3. Tabla 3.3-1 "Kg/BTU"	1,40614E-07	PM10
Motores	ACPM	EPA – AP42 Capítulo 3. Tabla 3.3-1 "Kg/BTU"	7,43891E-05	CO2
Calderas sin control	Carbón Bituminoso	AP-42 Capítulo 1.1"Coal Combustión" Tablas 1.1-3 y 1.1-4 para combustión de carbón bituminoso y FIRE 6.24 "kg/tn"	3,855535145	PST
Calderas sin control	Carbón Bituminoso	AP-42 Capítulo 1.1"Coal Combustión" Tablas 1.1-3 y 1.1-4 para combustión de carbón bituminoso y FIRE 6.24 "kg/tn"	17,23651006	SOX
Calderas sin control	Carbón Bituminoso	AP-42 Capítulo 1.1"Coal Combustión" Tablas 1.1-3 y 1.1-4 para combustión de carbón bituminoso y FIRE 6.24 "kg/tn"	7,017073964	NOX
Calderas sin control	Carbón Bituminoso	AP-42 Capítulo 1.1"Coal Combustión" Tablas 1.1-3 y 1.1-4 para combustión de carbón bituminoso y FIRE 6.24 "kg/tn"	0,226796185	CO
Calderas sin control	Carbón Bituminoso	AP-42 Capítulo 1.1"Coal Combustión" Tablas 1.1-3 y 1.1-4 para combustión de carbón bituminoso y FIRE 6.24 "kg/tn"	1,111301307	PM10
Calderas sin control	Carbón Bituminoso	AP-42 Capítulo 1.1"Coal Combustión" Tablas 1.1-3 y 1.1-4 para combustión de carbón bituminoso y FIRE 6.24 "kg/tn"	0,027215542	COVs
Calderas < 100 BTU/h	ACPM, Diesel, Fuel Oil y Kerosene	Fuente: Fire 6.24 y Capítulo 1.3 "Fuel Oil Combustión" Tablas 1.3-1. 1.3-2 y 1.3-3 para Fuel Oil No.2 del AP-42 "kg/gl"	0,001496855	PST

TIPO	COMBUSTIBLE	FUENTE	MAGNITUD	PARÁMETRO
Calderas < 100 BTU/h	ACPM, Diesel, Fuel Oil y Kerosene	Fuente: Fire 6.24 y Capítulo 1.3 "Fuel Oil Combustión" Tablas 1.3-1. 1.3-2 y 1.3-3 para Fuel Oil No.2 del AP-42 "kg/g!"	0,000644101	SO ₂
Calderas < 100 BTU/h	ACPM, Diesel, Fuel Oil y Kerosene	Fuente: Fire 6.24 y Capítulo 1.3 "Fuel Oil Combustión" Tablas 1.3-1. 1.3-2 y 1.3-3 para Fuel Oil No.2 del AP-42 "kg/g!"	0,009071847	NO _X
Calderas < 100 BTU/h	ACPM, Diesel, Fuel Oil y Kerosene	Fuente: Fire 6.24 y Capítulo 1.3 "Fuel Oil Combustión" Tablas 1.3-1. 1.3-2 y 1.3-3 para Fuel Oil No.2 del AP-42 "kg/g!"	0,002267962	CO
Calderas < 100 BTU/h	ACPM, Diesel, Fuel Oil y Kerosene	Fuente: Fire 6.24 y Capítulo 1.3 "Fuel Oil Combustión" Tablas 1.3-1. 1.3-2 y 1.3-3 para Fuel Oil No.2 del AP-42 "kg/g!"	0,004535924	PM ₁₀
Calderas < 100 BTU/h	ACPM, Diesel, Fuel Oil y Kerosene	Fuente: Fire 6.24 y Capítulo 1.3 "Fuel Oil Combustión" Tablas 1.3-1. 1.3-2 y 1.3-3 para Fuel Oil No.2 del AP-42 "kg/g!"	9,07185E-05	VOCs
Horno Cubilote	Carbón Coque	AP-42 Capitulo 12.10. Tabla 12.10-2 " Kg/tn"	6,9	PST
Horno Cubilote	Carbón Coque	AP-42 Capitulo 12.10. Tabla 12.10-4 " Kg/tn"	73	CO
Horno Cubilote	Carbón Coque	AP-42 Capitulo 12.10. Tabla 12.10-4 " Kg/tn"	0,6	SO ₂
Horno Cubilote	Carbón Coque	AP-42 Capitulo 12.10. Tabla 12.10-4 " Kg/tn"	0,09	COVs
Horno Cubilote	Carbón Coque	AP-42 Capitulo 12.10. Tabla 12.10-4 " Kg/tn"	0,6	PLOMO
Caldera	Madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. (Kg/tn)	3,194	PST
Caldera	Madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. (Kg/tn)	2,512	PM ₁₀
Caldera	Madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. (Kg/tn)	2,458	NO _X
Caldera	Madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. (Kg/tn)	0,179	SO ₂

TIPO	COMBUSTIBLE	FUENTE	MAGNITUD	PARÁMETRO
Caldera	Madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. (Kg/tn)	4,306	CO
Caldera	Madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. (Kg/tn)	0,122	VOCs
Procesamiento posterior del hierro y acero con hornos a gas natura	Gas Natural	Fuente: AP-42, Capitulo 12.5.1, Table 12.5.1-3 "lb/MMBTU	1,3E-02	PST
Procesamiento posterior del hierro y acero con hornos a gas natura	Gas Natural	Fuente: AP-42, Capitulo 12.5.1, Table 12.5.1-2 "lb/MMBTU"	9,3E-03	PM2.5
Procesamiento posterior del hierro y acero con hornos a gas natura	Gas Natural	Fuente: AP-42, Capitulo 12.5.1, Table 12.5.1-1 "lb/MMBTU"	3,5E-03	PM10
Procesamiento posterior del hierro y acero con hornos a gas natura	Gas Natural	Fuente: AP-42, Capitulo 12.5.1, Table 12.5.1-4 "lb/MMBTU"	1,9E-01	NOX
Procesamiento posterior del hierro y acero con hornos a gas natura	Gas Natural	Fuente: AP-42, Capitulo 12.5.1, Table 12.5.1-5 "lb/MMBTU"	1,3E-03	CO
Procesamiento posterior del hierro y acero con hornos a gas natura	Gas Natural	Fuente: AP-42, Capitulo 12.5.1, Table 12.5.1-8 "lb/MMBTU"	3,0E-04	COVs
Incineración de cuerpos		http://hank.baaqmd.gov/pmt/handbook/rev02/PH_00_05_11_06.pdf		
Tratamientos secundarios del aluminio (fundición)		Fuente: AP-42. Capítulo 12. Tabla 12.8-1 "Kg/Mg"	0,95	PST
Combustión externa	Combustóleo	Fuente: AP-42. Capítulo 1. Tabla 1.3-1 (No. 6 oil fired, normal firing (1-01-004-01), (1-02-004-01), (1-03-004-01))"lb/gl"	0,157	SO2
Combustión externa	Combustóleo	Fuente: AP-42. Capítulo 1. Tabla 1.3-1 (No. 6 oil fired, normal firing (1-01-004-01), (1-02-004-01), (1-03-004-01))"lb/gl"	0,025	SO3
Combustión externa	Combustóleo	Fuente: AP-42. Capítulo 1. Tabla 1.3-1 (No. 6 oil fired, normal firing (1-01-004-01), (1-02-004-01), (1-03-004-01))"lb/gl"	0,055	NOX
Combustión externa	Combustóleo	Fuente: AP-42. Capítulo 1. Tabla 1.3-1 (No. 6 oil fired, normal firing (1-01-004-01), (1-02-004-01), (1-03-004-01))"lb/gl"	0,005	CO
Combustión externa	Combustóleo	Fuente: AP-42. Capítulo 1. Tabla 1.3-1 (No. 6 oil fired, normal firing (1-01-	0,01241	PM10

TIPO	COMBUSTIBLE	FUENTE	MAGNITUD	PARÁMETRO
		004-01), (1-02-004-01), (1-03-004-01))"lb/gl"		
Combustión externa	madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. "kg/tn"	3,194	PST
Combustión externa	madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. "kg/tn"	2,512	PM10
Combustión externa	madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. "kg/tn"	2,548	NOX
Combustión externa	madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. "kg/tn"	0,179	SO2
Combustión externa	madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. "kg/tn"	4,306	CO
Combustión externa	madera	Fuente: AP-42 Capítulo 1.6 "Wood Residue Combustión in Boilers" Tablas 1.6-1 y 1.6-2 y Fire 6.24. "kg/tn"	0,122	VOC
Fundición de latón y cobre	NA	Chatarra cobre y latón "Kg/tn" ND ND 0.09 Fuente: EPA 1990. Factores de emisión fundición secundaria de cobre y aleaciones.	0,25	SOX
Almacenamiento de polvo	NA	Fuente: AP-42. Capítulo 9.9.1 "Grain Elevator and Grain Processing Plants" Tablas 9.9.1-1 y 9.9.1-2. "lb/tn"	0,27	PST
Almacenamiento de polvo	NA	Fuente: AP-42. Capítulo 9.9.1 "Grain Elevator and Grain Processing Plants" Tablas 9.9.1-1 y 9.9.1-2. "lb/tn"	0,0675	PM10
Almacenamiento de polvo	NA	Fuente: AP-42. Capítulo 9.9.1 "Grain Elevator and Grain Processing Plants" Tablas 9.9.1-1 y 9.9.1-2. "lb/tn"	0,0115	PM2.5
Manipulación de grano	NA	Fuente: AP-42. Capítulo 9.9.1 "Grain Elevator and Grain Processing Plants" Tablas 9.9.1-1 y 9.9.1-2. "lb/tn"	0,061	PST
Manipulación de grano	NA	Fuente: AP-42. Capítulo 9.9.1 "Grain Elevator and Grain Processing Plants" Tablas 9.9.1-1 y 9.9.1-2. "lb/tn"	0,034	PM10
Manipulación de grano	NA	Fuente: AP-42. Capítulo 9.9.1 "Grain Elevator and Grain Processing Plants" Tablas 9.9.1-1 y 9.9.1-2. "lb/tn"	0,0058	PM2.5
Fabricación de Fibra de vidrio Manual	NA	Fuente: AP-42. Capítulo 11.13 "Glass Fiber Manufacturing" Tablas 11.13-1. Tablas 11.13-3 y Tablas 11.13-5 "Kg/tn"	0,3	PST
Producción de plástico espumado flexible con polimerización discontinua en masa y moldeado por extrusión y troquelado	NA	Resultados del estudio realizado en 1999 a través del convenio UIS – IDEAM, publicados en Sistema de Información para la Evaluación Ambiental de Sectores Productivos. "Kg/tn"	0,3	NOX
	NA	Resultados del estudio realizado en 1999 a través del convenio UIS – IDEAM, publicados en Sistema de Información para la Evaluación Ambiental de Sectores Productivos. "Kg/tn"	1,5	NOX

TIPO	COMBUSTIBLE	FUENTE	MAGNITUD	PARÁMETRO
	NA	Resultados del estudio realizado en 1999 a través del convenio UIS – IDEAM, publicados en Sistema de Información para la Evaluación Ambiental de Sectores Productivos. "Kg/tn"	0,00193	SOX
	NA	Resultados del estudio realizado en 1999 a través del convenio UIS – IDEAM, publicados en Sistema de Información para la Evaluación Ambiental de Sectores Productivos. "Kg/tn"	10,77941	SOX
	NA	Resultados del estudio realizado en 1999 a través del convenio UIS – IDEAM, publicados en Sistema de Información para la Evaluación Ambiental de Sectores Productivos. "Kg/tn"	388,13	CO2
	NA	Resultados del estudio realizado en 1999 a través del convenio UIS – IDEAM, publicados en Sistema de Información para la Evaluación Ambiental de Sectores Productivos. "Kg/tn"	567	CO2
	NA	Resultados del estudio realizado en 1999 a través del convenio UIS – IDEAM, publicados en Sistema de Información para la Evaluación Ambiental de Sectores Productivos. "Kg/tn"	0,02422	PST
	NA	Resultados del estudio realizado en 1999 a través del convenio UIS – IDEAM, publicados en Sistema de Información para la Evaluación Ambiental de Sectores Productivos. "Kg/tn"	0,71036	PST
Aserrado de la madera	NA	Fuente: AP-42. Capítulo 10.9 "Engineered Wood Products Manufacturing" Tablas 10.9-7 Las unidades de estos factores son Kg de contaminante por m3 de producto. "kg/m3"	3,63E-03	PST
Aserrado de la madera	NA	Fuente: AP-42. Capítulo 10.9 "Engineered Wood Products Manufacturing" Tablas 10.9-7 Las unidades de estos factores son Kg de contaminante por m3 de producto. "kg/m3"	7,37E-03	PM10
Ligado	NA	Fuente: AP-42. Capítulo 10.9 "Engineered Wood Products Manufacturing" Tablas 10.9-7 Las unidades de estos factores son Kg de contaminante por m3 de producto. "kg/m3"	1,81E-02	PST
Ligado	NA	Fuente: AP-42. Capítulo 10.9 "Engineered Wood Products Manufacturing" Tablas 10.9-7 Las unidades de estos factores son Kg de contaminante por m3 de producto. "kg/m3"	8,25E-04	PM10

4.1.4. RESULTADOS DE EMISIONES

4.1.4.1. EMISIONES POR CÓDIGO CIU

De acuerdo al código CIU se encuentra las siguientes emisiones totales en toneladas por año y los porcentajes equivalentes:

Tabla 4.2 Emisiones Totales de fuentes puntuales discriminadas por código CIU

CIU	TSP (Ton/año)	PM ₁₀ (Ton/año)	PM _{2.5} (Ton/año)	CO (Ton/año)	CO ₂ (Ton/año)	NO _x (Ton/año)	SO _x (Ton/año)	COV (Ton/año)
A0122		2,31E-06		7,08E-06	1,22E-03	3,29E-05	2,16E-06	
A0130	4,37E-02	1,40E-04		5,80E-03	4,89E-03	2,21E-02	8,65E-06	3,78E-04
D1511	4,59E-03	1,40E-03		4,63E-02		3,77E-03		3,01E-03
D1513	1,37E-02	3,44E-03		1,52E-01		1,13E-02		9,94E-03
D1520	8,87E-05	2,22E-05		9,81E-04		7,30E-05		6,42E-05
D1531	2,44E-01	6,10E-02		2,70E+00		2,01E-01		1,77E-01
D1533	1,84E-03	1,02E-01		1,09E+00		1,74E-02	1,59E+00	2,51E-03
D1541	2,31E+01	6,38E-03		2,82E-01		2,24E+00		1,85E-02
D1542	4,31E+01	2,02E-02		8,95E-01		2,50E+01		5,86E-02
D1543	3,33E-01	2,55E-01		5,65E-01		2,66E-01		2,09E-02
D1549	9,59E-03	4,05E-03	1,66E-04	4,38E-02	1,12E-04	1,02E-02		2,58E-03
D1551	6,11E-02	8,22E-04		3,58E-02	4,89E-04	1,82E-03	8,65E-07	2,34E-03
D1552	3,85E-04	9,63E-05		4,26E-03		5,85E-01		2,79E-04
D1554	1,74E-01	4,73E-03		1,94E-01	2,00E-01	1,97E-02	3,53E-04	1,26E-02
D1711	1,62E-04							1,66E-02
D1712	3,10E+01	9,46E-01		1,93E-01		2,67E+00	1,47E+01	2,32E-02
D1810	3,55E-05	8,87E-06		3,92E-04		2,92E-05		2,57E-05
D1920								3,81E-02
D2102	5,81E+00	1,65E-01		4,97E+00		1,00E+02		4,78E-01
D2109	4,79E-03	1,45E-02		7,26E-03		2,90E-02		2,90E-04
D2221	2,63E-02	5,17E-01		2,59E-01		1,38E-01		1,03E-02
D2222	9,96E-02	3,02E-01		1,51E-01		6,04E-01		6,04E-03
D2413	1,49E-01	2,59E-01		1,29E-01	8,11E+01	1,50E+00	2,25E+00	3,77E-02
D2422		4,62E-07		1,42E-06	2,45E-04	6,58E-06	4,33E-07	
D2423	2,38E+00	5,85E-01	1,16E-04	2,58E+01	1,71E-03	4,07E+00	3,03E-06	1,69E+00
D2424	7,04E+01	1,82E-01		3,06E-01	2,13E+00	8,22E+00	2,21E-03	1,70E-02
D2429	9,06E-06	2,26E-06		1,00E-04		7,45E-06		6,55E-06
D2511	7,84E-02	1,96E-02		8,67E-01		6,45E-02		5,68E-02
D2699	3,26E-03	8,16E-05		3,61E-03		5,76E-02		2,36E-04
D2710	3,24E-04	8,09E-05		3,58E-03		2,66E-04		2,34E-04
D2720	5,30E+00	3,94E-02		1,82E+01	2,81E-03	1,51E+00		1,92E-03
D2731	2,13E-04	5,33E-05		2,35E-03		1,75E-04		8,18E-02

CIUU	TSP (Ton/año)	PM ₁₀ (Ton/año)	PM _{2.5} (Ton/año)	CO (Ton/año)	CO ₂ (Ton/año)	NO _x (Ton/año)	SO _x (Ton/año)	COV (Ton/año)
D2732	1,50E-03	4,04E-04	7,03E-05	1,64E-04		2,19E-02		5,80E-04
D2811	1,42E-02	2,09E-01		2,09E-02		8,36E-02		8,12E-05
D2891	7,94E-04	1,99E-05		8,78E-04		1,15E-01		5,75E-05
D2892	5,53E+00	1,25E-03		5,52E-02	1,22E-03	6,91E-01	2,16E-06	1,48E+00
D2899	6,96E-01	1,54E-01	1,34E-02	6,18E-02	1,27E-02	7,46E-01	2,25E-05	8,68E-02
D2926	2,88E-04	7,19E-05		3,18E-03		2,36E-04		2,08E-04
D3140	1,31E-08							
D3150	8,18E-04	2,04E-04		9,04E-03		6,72E-04		2,00E+00
D3591	6,86E-06	1,72E-06		7,35E-05		5,64E-06		2,06E-01
D3610	1,25E-02	4,72E-03						5,04E-02
D3699	2,92E-03	4,73E-03		1,86E-02		9,93E-03	2,10E-03	1,50E-02
E4100	1,97E-01	4,92E-03		2,18E-01		1,62E-02		1,43E-02
G5020	9,42E-05	2,38E-05		1,04E-03		7,80E-05		1,17E+00
G5030	3,21E-06	8,63E-07	2,29E-06	3,21E-07		4,69E-05		7,40E-08
G5050	1,80E-04	5,44E-04		2,72E-04		1,09E-03		1,09E-05
G5051	7,85E-04	2,29E-03		1,07E-02		2,90E-03		4,57E-05
G5122	2,61E-03	6,54E-04		2,89E-02		2,15E-03		1,89E-03
G5260	6,86E-06	1,71E-06		7,58E-05		5,64E-06		5,26E-03
G5510	1,27E-05	1,25E-05		3,83E-05	6,60E-03	5,90E-04	1,17E-05	
H5510	2,43E-02	5,76E-03		2,46E-01	3,21E-02	3,99E-02	5,67E-05	1,61E-02
H5511	2,36E-03	5,91E-04		2,61E-02		1,94E-03		1,71E-03
H5520	5,63E-01	1,41E-01		5,15E+00		5,60E-01	3,68E-01	3,37E-01
M8030	5,00E-05	1,25E-05		5,53E-04		4,11E-05		3,62E-05
N8511	1,37E+00	1,47E-01		9,89E-01	2,48E-01	6,19E+00	4,33E-04	2,22E-02
N8520	2,66E-05	1,48E-05	4,21E-08					
O9199	2,84E-03	1,27E-03		3,31E-02	2,94E-01	1,02E-02	5,19E-04	2,06E-03
O9301	1,63E+01	6,85E+00		7,59E+00		1,46E+01	1,06E+02	3,10E-01
O9303	2,39E-01	1,17E-04		3,34E-02	6,36E-03	6,01E-03	1,25E-02	3,03E-04
TOTAL	207,23	11,02	0,01	71,45	84,00	170,73	124,68	8,49

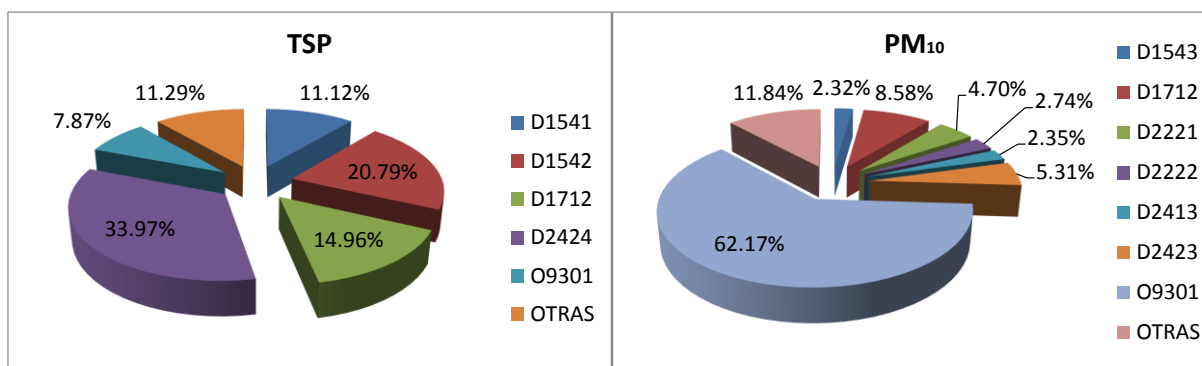
Tabla 4.3 Porcentaje de Emisiones de fuentes puntuales discriminadas por código CIUU

CIUU	TSP (%)	PM ₁₀ (%)	PM _{2.5} (%)	CO (%)	CO ₂ (%)	NO _x (%)	SO _x (%)	COV (%)
A0122	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
A0130	0,02%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%
D1511	0,00%	0,01%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,04%
D1513	0,01%	0,03%	0,00%	0,21%	0,00%	0,01%	0,00%	0,12%
D1520	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
D1531	0,12%	0,55%	0,00%	3,77%	0,00%	0,12%	0,00%	2,08%
D1533	0,00%	0,93%	0,00%	1,52%	0,00%	0,01%	1,27%	0,03%
D1541	11,12%	0,06%	0,00%	0,39%	0,00%	1,31%	0,00%	0,22%

CIU	TSP (%)	PM ₁₀ (%)	PM _{2.5} (%)	CO (%)	CO ₂ (%)	NO _x (%)	SO _x (%)	COV (%)
D1542	20,79%	0,18%	0,00%	1,25%	0,00%	14,62%	0,00%	0,69%
D1543	0,16%	2,32%	0,00%	0,79%	0,00%	0,16%	0,00%	0,25%
D1549	0,00%	0,04%	1,21%	0,06%	0,00%	0,01%	0,00%	0,03%
D1551	0,03%	0,01%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%
D1552	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,34%	0,00%	0,00%
D1554	0,08%	0,04%	0,00%	0,27%	0,24%	0,01%	0,00%	0,15%
D1711	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%
D1712	14,96%	8,58%	0,00%	0,27%	0,00%	1,56%	11,76%	0,27%
D1810	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
D1920	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,45%
D2102	2,80%	1,50%	0,00%	6,96%	0,00%	58,82%	0,00%	5,63%
D2109	0,00%	0,13%	0,00%	0,01%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%
D2221	0,01%	4,70%	0,00%	0,36%	0,00%	0,08%	0,00%	0,12%
D2222	0,05%	2,74%	0,00%	0,21%	0,00%	0,35%	0,00%	0,07%
D2413	0,07%	2,35%	0,00%	0,18%	96,50%	0,88%	1,81%	0,44%
D2422	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
D2423	1,15%	5,31%	0,84%	36,18%	0,00%	2,38%	0,00%	19,93%
D2424	33,97%	1,65%	0,00%	0,43%	2,54%	4,81%	0,00%	0,20%
D2429	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
D2511	0,04%	0,18%	0,00%	1,21%	0,00%	0,04%	0,00%	0,67%
D2691	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
D2699	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%
D2710	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
D2720	2,56%	0,36%	0,00%	25,48%	0,00%	0,88%	0,00%	0,02%
D2731	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,96%
D2732	0,00%	0,00%	0,51%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,01%
D2811	0,01%	1,90%	0,00%	0,03%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%
D2891	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%
D2892	2,67%	0,01%	0,00%	0,08%	0,00%	0,40%	0,00%	17,45%
D2899	0,34%	1,39%	97,42%	0,09%	0,02%	0,44%	0,00%	1,02%
D2911	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
D2926	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
D3140	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
D3150	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	23,59%
D3591	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,42%
D3610	0,01%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,59%
D3699	0,00%	0,04%	0,00%	0,03%	0,00%	0,01%	0,00%	0,18%
E4100	0,10%	0,04%	0,00%	0,30%	0,00%	0,01%	0,00%	0,17%
G5020	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	13,73%
G5030	0,00%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

CIU	TSP (%)	PM ₁₀ (%)	PM _{2.5} (%)	CO (%)	CO ₂ (%)	NO _x (%)	SO _x (%)	COV (%)
G5050	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
G5051	0,00%	0,02%	0,00%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
G5122	0,00%	0,01%	0,00%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%
G5190	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
G5260	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%
G5510	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
H5510	0,01%	0,05%	0,00%	0,34%	0,04%	0,02%	0,00%	0,19%
H5511	0,00%	0,01%	0,00%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%
H5520	0,27%	1,28%	0,00%	7,20%	0,00%	0,33%	0,30%	3,97%
M8030	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
N8511	0,66%	1,33%	0,00%	1,38%	0,29%	3,63%	0,00%	0,26%
N8520	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
O9199	0,00%	0,01%	0,00%	0,05%	0,35%	0,01%	0,00%	0,02%
O9301	7,87%	62,17%	0,00%	10,62%	0,00%	8,56%	84,85%	3,66%
O9303	0,12%	0,00%	0,00%	0,05%	0,01%	0,00%	0,01%	0,00%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

De acuerdo a la anterior tabla la actividad que más genera material particulado total es la fabricación de jabones y detergentes, preparados para pulir, perfumes y preparados de tocador con un aporte del 34%. La actividad que genera mayor PM₁₀ y SO₂ es el lavado y limpieza de prendas de tela y de piel, incluso la limpieza en seco con aportes del 62% y el 85% respectivamente. Para PM_{2.5} es la fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p. con un 97%, para CO es la fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos (36%). Para CO₂ es la fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético aportando el 97% del total de emisiones por fuentes puntuales. Para los óxidos de nitrógeno la actividad que los genera en mayor proporción es la fabricación de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón (59%). Por último la que genera mayores compuestos orgánicos volátiles COVs son las empresas que se dedican a la fabricación de lámparas eléctricas y equipos de iluminación con un 24% de aporte, en las siguientes figuras se puede observar de una manera gráfica los aportes por contaminante de cada una de las industrias.



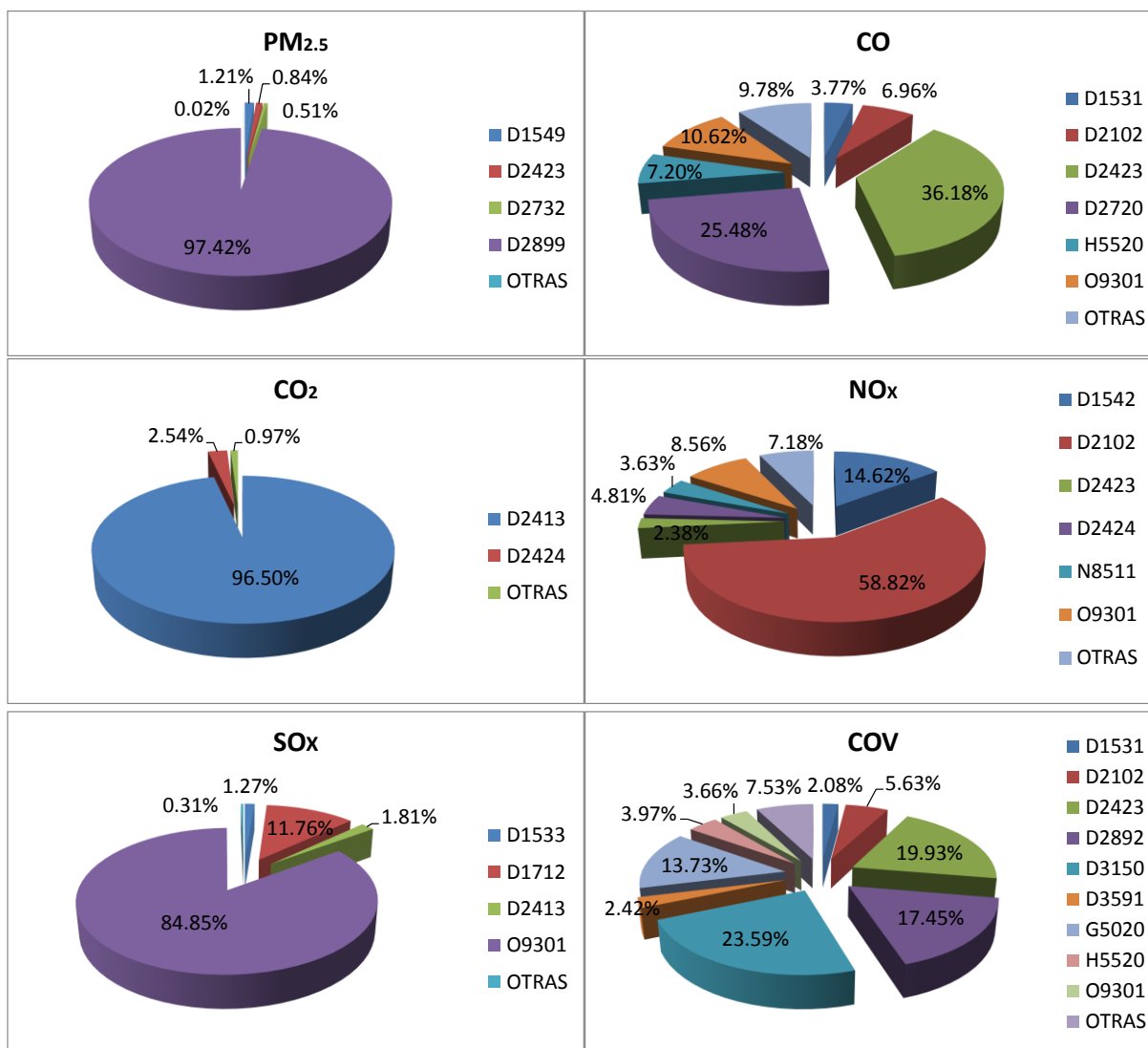


Figura 4.3 Porcentajes de emisiones por contaminante

4.1.4.2. EMISIONES GENERADAS POR COMUNAS

La Tabla 4.4, Figura 4.4 y Figura 4.5, muestran las emisiones por comuna en la ciudad de Santiago de Cali. Se puede observar que la comuna que aporta las mayores emisiones en Cali es la comuna 4, seguida de la 8, la 2 y la 5. La comuna cuatro aporta un total del 38% de todas las emisiones, la 8 un 30%, la comuna 2 un 18% y la comuna 5 un 11% y el 3% restante de emisiones es aportado por el resto de comunas. El material particulado es emitido en gran porcentaje por la comuna 4 con un aporte del 49%, en esta comuna se encuentran industrias de fabricación de jabones y detergentes, elaboración de productos de panadería, tratamiento de revestimiento de metales, entre otras industrias, pero estas son las que realizan los mayores aportes de este contaminante en esta comuna. Estas emisiones son generadas en su mayoría por combustión de combustibles como el gas natural y el carbón en calderas, hornos y estufas. Otras comunas que generan emisiones de material particulado total son las comuna 8 con 23%, el cual es aportado en su mayoría por la industria de acabado de productos textiles y lavado y

limpieza de prendas de tela y piel, en dónde se realizan procesos de generación de vapor el cual incluye la combustión de gas natural y carbón. Las comunas 2 y 5 realizan aportes del 22% y 4% respectivamente, en donde los mayores aportes los realizan las industrias de elaboración de azúcar, elaboración de productos de panadería y fabricación de papel y cartón.

El material particulado menor a diez micras es aportado en un 70.6% por la comuna 8 por las actividades de lavado y limpieza de telas y de piel y acabado de productos textiles. Entre la comuna 4 y 2 aportan aproximadamente 24% de emisiones de este tipo de material particulado y las industrias que aportan este contaminante en especial las actividades de impresión, fabricación de productos farmacéuticos y actividades de servicio relacionadas con la impresión.

Para el caso del $MP_{2.5}$ la comuna 5 es la que realiza el mayor aporte con 73% seguida de la comuna 4 con 25%, en este caso la industria que influyen en la emisión de este contaminante es la fabricación de productos elaborados de metal.

En la comuna dos en donde se encuentran la mayoría las industrias que emiten el mayor porcentaje de emisiones de óxidos de nitrógeno, estas empresas pertenecen a las industrias de fabricación de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón. Los óxidos de azufre se encuentran en mayor proporción en la comuna 8, con un porcentaje de aporte del 89% del total de las emisiones, estas son emitidas por las industrias de lavado y limpieza de telas y de piel.

Los compuestos orgánicos volátiles, los óxidos de carbono y el dióxido de carbono son emitidos en su mayoría por las industrias que se encuentran en la comuna 4. Las industrias que generan las mayores emisiones de COVs en esta comuna son la fabricación de productos farmacéuticos, fabricación de jabones y detergentes, tratamiento y revestimiento de metales.

La fabricación de productos farmacéuticos, fabricación de jabones y detergentes y la fabricación de productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos son las principales generadoras de monóxido de carbono en la comuna 4. El dióxido de carbono es emitido por la fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético.

Tabla 4.4 Aporte de emisiones por comunas en Ton/año y porcentaje

COMUNA	PST	%	PM ₁₀	%	PM _{2.5}	%	NO _x	%	SO _x	%	COV	%	CO	%	CO ₂	%
COMUNA 1	8.6E-04	0.00%	2.2E-04	0.00%			7.1E-04	0.00%	6.8E-05	0.00%	6.2E-04	0.01%	0.01	0.01%		
COMUNA 2	7.32	3.53%	1.26	11.39%			106.95	62.64%	1.35	1.02%	0.52	6.08%	6.38	8.93%	0.01	0.01%
COMUNA 3	0.45	0.22%	0.04	0.32%			2.14	1.25%	0.16	0.12%	0.08	0.90%	1.10	1.53%	0.02	0.02%
COMUNA 4	101.87	49.16%	1.39	12.63%	3.4E-03	24.81%	15.41	9.02%	7.14	5.39%	3.61	42.47%	45.93	64.28%	83.20	99.05%
COMUNA 5	45.89	22.15%	0.17	1.57%	1.0E-02	73.15%	25.28	14.81%	1.070	0.81%	0.06	0.71%	1.01	1.41%	0.01	0.02%
COMUNA 6	0.20	0.10%	0.01	0.05%			0.02	0.01%	2E-03	0.00%	0.01	0.17%	0.22	0.31%		
COMUNA 7	3.28	1.58%	1.1E-03	0.01%			0.77	0.45%	0.37	0.28%	0.09	1.06%	0.05	0.07%		
COMUNA 8	47.34	22.85%	7.78	70.60%	1.0E-04	0.74%	18.20	10.66%	118.33	89.38%	0.81	9.59%	13.02	18.22%	1.3E-03	0.00%
COMUNA 9	0.41	0.20%	0.21	1.92%			0.35	0.21%	3.79	2.86%	2.24	26.41%	2.78	3.89%	4.9E-04	0.00%
COMUNA 10	0.01	0.01%	4.6E-03	0.04%			0.03	0.02%	0.06	0.04%	1.3E-03	0.01%	0.02	0.03%		
COMUNA 11	2.2E-03	0.00%	1.1E-03	0.01%			2.4E-03	0.00%	3.4E-04	0.00%	1.5E-03	0.02%	0.02	0.03%		
COMUNA 13	1.9E-04	0.00%	4.7E-05	0.00%			1.5E-04	0.00%	1.5E-05	0.00%	1.4E-04	0.00%	2.1E-03	0.00%		
COMUNA 16	4.8E-03	0.00%	1.2E-03	0.01%			3.9E-03	0.00%	3.8E-04	0.00%	3.4E-03	0.04%	0.05	0.07%		
COMUNA 17	0.22	0.10%	0.01	0.12%			0.09	0.05%	0.06	0.04%	0.13	1.52%	0.38	0.54%	0.44	0.53%
COMUNA 18	0.05	0.02%	0.13	1.21%	1.6E-07	0.00%	0.27	0.16%	0.02	0.01%	0.91	10.66%	0.08	0.11%		
COMUNA 19	0.17	0.08%	0.01	0.10%	1.8E-04	1.30%	1.21	0.71%	0.03	0.02%	0.03	0.34%	0.38	0.54%	0.30	0.36%
COMUNA 21	3.6E-05	0.00%	1.1E-04	0.00%			2.2E-04	0.00%	1.5E-05	0.00%	2.2E-06	0.00%	5.4E-05	0.00%		
COMUNA 22	1.7E-03	0.00%	4.6E-04	0.00%			1.9E-03	0.00%	1.6E-04	0.00%	1.2E-03	0.01%	0.02	0.03%	0.02	0.02%
TOTAL	207.23	100%	11.02	100%	1.4E-02	100%	170.73	100%	132.39	100%	8.49	100%	71.45	100%	84	100%

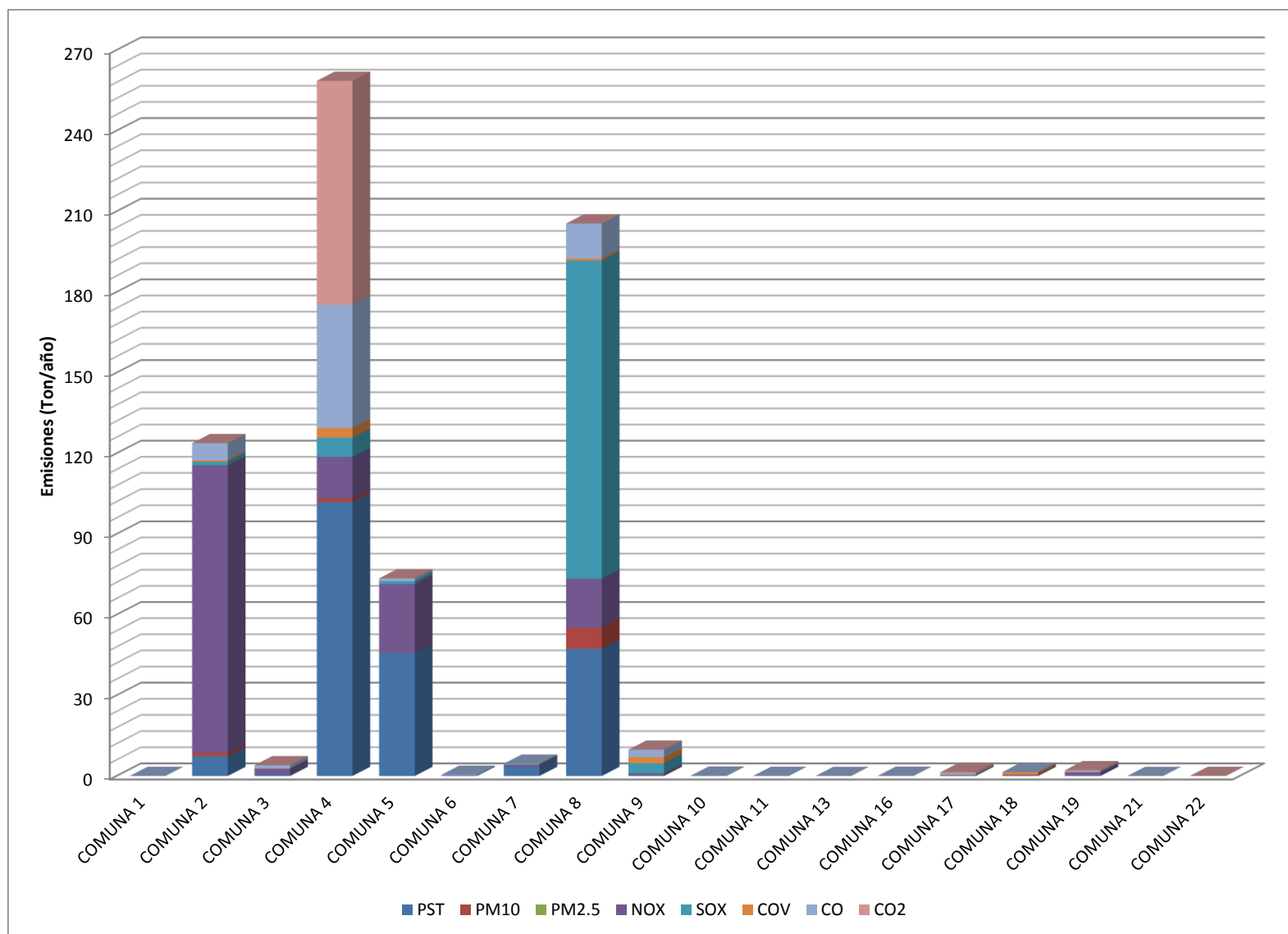


Figura 4.4 Aportes de emisiones por comuna

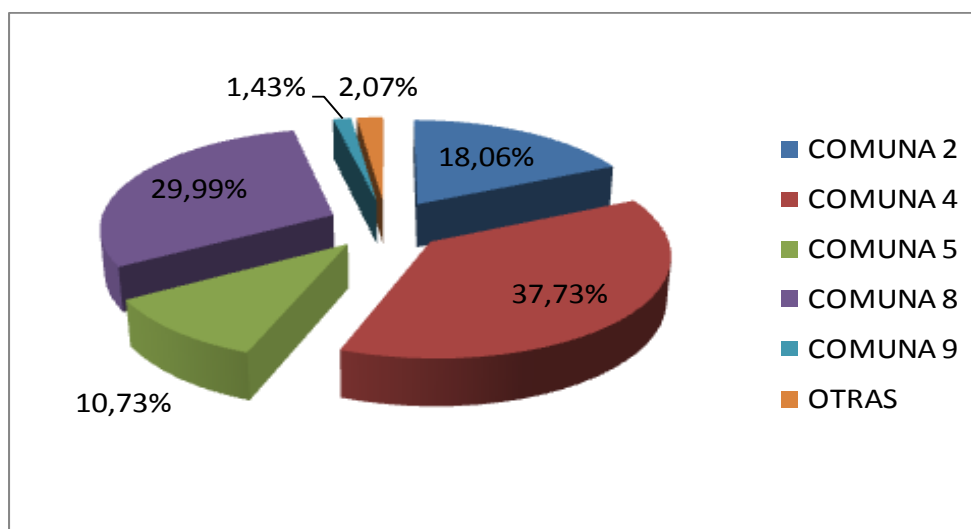


Figura 4.5 Aportes totales por comuna

De acuerdo a la sumatoria de contaminantes por comuna, la que emite mayores emisiones es la comuna cuatro haciendo aportes de 37.7% del total, seguido por la comuna 8 con 30%, la comuna 2 con 18%, la comuna 5 con 10.7%, la comuna 9 con 1.43% y el resto de comunas aportan porcentajes mínimos que al sumarlos realizan un aporte del 2.07% de las emisiones totales.

4.2. FUENTES DISPERSAS O DE ÁREA

64

Las fuentes de área incluyen aquellos establecimientos o lugares pequeños, numerosos y dispersos, donde se desarrollan actividades que, de manera individual, no pueden ser incluidas eficientemente en un inventario de fuentes puntuales por la dificultad para la recopilación de información que permita estimar las emisiones en cada una de ellas. Estas numerosas fuentes, agrupadas como un conjunto, generan emisiones atmosféricas importantes que deben incluirse en la cuantificación del inventario de emisiones para una zona en particular. En el ANEXO H se encuentra el consolidado de los cálculos de las emisiones de fuentes de área

Generalmente, las fuentes de área, se clasifican en categorías similares para facilitar su análisis e interpretación. En este caso la agrupación realizada corresponde a las categorías de la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Agrupación de las fuentes de área

SECTOR	SUBSECTOR
USO DE SOLVENTES	Artes graficas
	Lavado seco
	Limpieza de superficies y desengrasado
	Recubrimiento superficies arquitectónicas

SECTOR	SUBSECTOR
	Recubrimiento de superficies industriales
	Recubrimiento superficies carrocerías
	Demarcación vial
	Recubrimiento asfáltico de vías
COMBUSTIÓN EN FUENTES ESTACIONARIAS	Gas natural
	Gas licuado de petróleo
	Kerosene
	Gasolina
	ACPM - Biocombustible
	Distribución combustible
	Combustión de leña
TRABAJO Y EXPLOTACIÓN DE MINERALES	Actividades de construcción
	Explotación de carbón
	Explotación de oro
	Explotación de piedra y grava
	Emisiones por vía no pavimentadas
	Explotación caliza
AGRICULTURA Y PECUARIA	Sacrificio de ganado
	Sector avícola
	Quema de caña
VARIAS	Industria de la madera
	Panadería
	Trilla de arroz
	Producción de panela

Las estimaciones de emisiones atmosféricas criterio para la mayoría de las fuentes de área, se realizaron mediante consultas secundarias, a partir de datos de la actividad específica y factores de emisión de la compilación AP-42 de la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA).

En aquellas situaciones en las cuales no es factible recolectar o encontrar información oficial completa y confiable, se utilizó la información más recientes de producción nacional (Anuario Manufacturero, DANE, anuarios estadísticos de algunos municipios), los factores de emisión correspondientes a los productos considerados, tomados del protocolo nacional para la elaboración de Inventarios de emisiones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la población proyectada a 2011. Con la información anterior se construyó un factor de emisión del contaminante en toneladas por habitante para el municipio de Santiago de Cali. Este factor de emisión per cápita, único por sector industrial, se aplica a la totalidad de la población proyectada hacia el año 2011 para estimar las emisiones totales de cada contaminante por actividad industrial.

Para aquellos casos en los cuales se determina un factor de emisión per cápita, se tomó como base de cálculo las proyecciones de población dadas en el documento Cali en Cifras 2012 que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.6 Proyecciones de Población

PROYECCIÓN POBLACIÓN	2009	2010	2011	2012	INCREMENTO 2009-2011	INCREMENTO 2010-2011
Valle	4.337.909	4.382.939	4.428.342	4.474.084	2.08	1.04
Cabecera	3.767.597	3.811.435	3.855.515	3.899.773	2.33	1.16
Resto	570.312	571.504	572.827	574.311	0.44	0.23
Cali	2.219.714	2.244.639	2.269.630	2.294.643	2.25	1.11
Cabecera	2.183.055	2.207.994	2.232.996	2.258.017	2.29	1.13
Resto	36.659	36.645	36.634	36.626	-0.07	-0.03

Fuente: Proyecciones de población municipales por área 2005-2020 / DANE
http://planeacion.cali.gov.co/Publicaciones/Cali_en_Cifras/Caliencifras2011.pdf

Considerando la proyección de población al 2011 para el Valle del Cauca de 4.428.342 habitantes, se encuentra que el municipio de Santiago de Cali con 2.269.320 habitantes, representa el 51.25% de este total, valor que se utilizará para proyectar el consumo reportado en el informe sobre estadísticas de materias primas por el DANE.

Para los cálculos de emisión por distribución de gasolina y ACPM se tuvieron en cuenta las ventas efectuadas en cada una de las estaciones de la ciudad de Cali reportadas por Fendipetroleo y se realizaron los cálculos según factores de emisión proporcionados por la EPA para esta actividad.

El ANEXO H registra la ubicación de las empresas de las diferentes industrias evaluadas como fuentes de área.

4.2.1. ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA LA CATEGORÍA DE USO DE SOLVENTES

Las emisiones evaporativas de fuentes de área en la categoría de Uso de Solventes, corresponden en su totalidad a compuestos Orgánicos volátiles (COV) exclusivamente, se consideraron las actividades de aplicación asfálticos en vías, recubrimiento de carrocerías, recubrimiento de superficies arquitectónicas, desengrasado de superficies, recubrimiento industrial de superficies, lavado en seco, artes gráficas, panaderías, distribución de gasolina y distribución de ACPM. La Tabla 4.7 muestra la distribución del uso de algunos solventes más comunes:

Tabla 4.7 Uso de solventes más comunes

	SOLVENTE									
	Xileno	Metanol	Tolueno	Tetracloroetileno	Cloruro de metileno	Metil etil etona	Tricloroetileno	1,1,1-Tricloroetano	Acetona	Metil isobutil cetona
Pinturas y similares										
Limpieza de metales										
Pesticidas										
Farmacéutica										
Lavasecos										
Imprentas										

4.2.1.1. ARTES GRAFICAS

El sector de Artes Gráficas tiene como elemento común la aplicación de variedades de tintas, disolventes para la limpieza, alcoholes y limpiadores que generan emisiones atmosféricas, constituidas principalmente por compuestos orgánicos volátiles (COV). Este sector incluye los procesos de:

- **Tipografía:** Se imprime con caracteres o tipos, o con planchas de diversos materiales fundidos o grabados en relieve, que una vez entintados, se aplican a presión sobre el papel.
- **Litografía:** Las partes a imprimir y los blancos están al mismo nivel. Se basa en que la imagen retiene la tinta de imprimir, mientras que los blancos previamente humedecidos la rechazan.
- **Offset:** Consiste en una impresión indirecta. La plancha matriz, en lugar de imprimir directamente sobre el papel, lo hace sobre un cilindro de caucho que es el que transmite la imagen al papel. En este caso la plancha se graba con la imagen al derecho.
- **Huecograbado:** En la matriz impresora utilizada, la imagen queda ligeramente hundida respecto a los blancos.
- **Flexografía:** Procedimiento de impresión con formas en relieve, generalmente cilíndricas, constituidas por clichés flexibles de caucho o plástico y utilizando tintas fluidas con disolventes volátiles.
- **Serigrafía:** Procedimiento de impresión con la ayuda de una pantalla constituida por un bastidor sobre el cual se extiende un tejido de malla muy fino. La tinta pasa sobre las mallas libres y se deposita sobre la superficie que debe imprimir.

De acuerdo a la investigación realizada por Mackenzie (2010) sobre los sectores de talla mundial en Colombia se concluyó que el 50% de las empresas del sector gráfico son informales. Ello implica que no hay registros oficiales confiables sobre el consumo de materias primas y producción, de este modo solo es posible hacer un estimado sobre el uso de insumos que contienen solventes tales como reveladores, solución fuente y tintas a base de disolventes.

Para la estimación de emisiones de COV se incluyó tinta para sellos, tintas flexográficas con base en base alcohol, tintas tipográficas para rotativas de periódicos y diluyentes para tintas. Para su cuantificación se utilizó como fuente, la información sobre el sector industrial del Valle del Cauca registrada DANE, extrapolando su valor a 2011, de acuerdo al crecimiento poblacional del 2,29% para el municipio de Cali. El consumo de materias primas para los municipios del Valle del Cauca, diferentes a Cali generan 822.79 toneladas anuales de COV (Grupo de PML, Inventario de emisiones para municipios del Valle del Cauca CVC-PUJ).

Para determinar las emisiones por artes gráficas se empleó la siguiente ecuación y los factores de emisión registrados en la Tabla 4.8.

$$E_{VOC} = C * FE_{VOC}$$

E_{VOC} : Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles, reportados en toneladas de contaminante al año.

C: consumo anual de cada insumo, reportado en toneladas de consumo de insumo por año.

FE_{VOC} : Factor de emisión de VOC, reportado en libras de contaminante por toneladas de consumo de insumo.

Tabla 4.8 Factores de emisión para las tintas

INSUMOS	FACTOR DE EMISIÓN COV (lb/Ton)
Tintas para tipografía	710
Tinta litográfica	200
Tinta para rotativas	240
Otras tintas	1500
Aditivos para tinta	2000
Tintas flexográficas	710
Solvente para tintas	2000

Fuente: Fire 6.23 EPA

Ejemplo de cálculo

TINTAS TIPOGRÁFICAS PARA IMPRENTA

C= 437.9 Ton/año

$$E_{VOC} = 437.86 \frac{\text{Ton}}{\text{año}} * 710 \frac{\text{lb}}{\text{Ton}} * \frac{1 \text{ Ton}}{2204.6 \text{ lb}}$$

$$E_{VOC} = 141.01 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

En el siguiente cuadro se observan las cantidades de las emisiones generadas por el área de Artes Gráficas:

Tabla 4.9 Emisiones de COVs Artes Gráficas

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE INSUMO kg/año	FACTOR EMISIÓN (lb/t)	EMISIONES (Ton/año)
Tintas tipográficas para imprenta	437864	710	141,01
Tintas litográficas para prensas planas	1479758	200	134,24
Tintas tipográficas para rotativas de periódicos	996	710	0,32
Tintas Tipográficas	365	200	0,03
Aditivos para tintas	847212	2000	768,58
Tintas flexográficas base acetato	352766	200	32,00
Barnices de sobreimpresión	340332	200	30,87
Tintas litográficas para hojalata	6369	200	0,58
Tintas web offset para rotativas	101047	240	11,00
Tintas flexográficas base alcohol	1172545	710	377,62
Diluyente para tintas	157897	2000	143,24
Total			816,72

Fuente: DANE, sector industrial Valle del Cauca

4.2.1.2. LAVADO EN SECO

Los solventes clorados (percloroetileno, tricloroetileno, 1,1,1-tricloroetano y cloruro de metileno), generaron un significativo avance para la industria de limpieza de prendas, ya que esta sustancia se caracteriza por ser no inflamable, tener mayor densidad, viscosidad y mayor persistencia en el aire que

los solventes no halogenados. Actualmente el percloroetileno es el solvente más utilizado, a nivel mundial, para el lavado industrial de prendas.

Las emisiones en los establecimientos de lavado en seco se presentan cuando los solventes se evaporan durante el proceso, en fugas del equipo y de los sistemas de recuperación o disposición de solventes.

Para determinar las emisiones por lavado en seco se empleó la siguiente ecuación general.

$$E_{VOC} = C * FE_{VOC}$$

E_{VOC} : Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles, reportados en toneladas de contaminante al año.

C: consumo anual de solvente, reportado en kilogramos de solvente por año.

FE_{VOC} : Factor de emisión de VOC, reportado en kilogramos de contaminante por kilogramos de solvente.

En esta sección se consideró la información suministrada por el DANE para el Valle del Cauca en los renglones de preparaciones para desmanchar artículos textiles, productos blanqueadores. Se estimó las emisiones para Cali con las proporciones de variación de población y se utilizó como factor de emisión el valor de 0,5 kg de COV por kilogramos de producto utilizado. Este valor se determinó porque la información sobre los kilogramos de ropa procesada en este tipo de empresas no está disponible, por lo tanto el cálculo aproximado del factor de emisión se realizó revisando el listado de empresas dedicadas a lavado en seco donde se encontró que el 75% de ellas corresponden a sistemas de circuito cerrado y el resto a circuito abierto. Aplicando esta proporción a los factores de emisiones se obtiene un factor ponderado de 0,5 kg de COV/kg solvente (0,25(0,8) + 0,75(0,4)). Los sistemas de circuito abierto descargan las emisiones por evaporación del solvente en la etapa final de secado.

70

Ejemplo de cálculo

PRODUCTOS BLANQUEADORES Y DESMANCHADORES

$C=364947.77 \text{ kg/año}$

$$E_{VOC} = 364947.77 \frac{\text{kg}}{\text{año}} * 0.5 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} * \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}}$$

$$E_{VOC} = 182.5 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

En el siguiente cuadro se observan las cantidades de las emisiones generadas por el área de lavado en seco:

Tabla 4.10 Emisiones de COVs Lavado en Seco

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR ESTIMADO 2011 (kg/año)	EMISIONES COV (Ton/año)
Productos blanqueadores y desmanchadores	kilogramos	696152	364947,77	182,5
Productos auxiliares para textiles y tintorería	kilogramos	70246	36825,46	18,4
Preparaciones para desmanchar artículos textiles	Litros	1000	0,58	0,0
Total	kilogramos	766399,1	401773,8	200,9

Fuente: <http://190.25.231.249/encuestas/eam/mostrar3.php?Years=2007&cadenaabus=&todos=todo&actoper=perso&x=25&y=11&tipoclas=DP&DP=76>

4.2.1.3. LIMPIEZA DE SUPERFICIES Y DESENGRASADO

Para los procesos de limpieza y desengrasado, se usan solventes líquidos o vapores de solventes para la remoción de grasas, aceites y otras películas orgánicas de superficies de piezas elaboradas. Esta etapa precede a la aplicación de recubrimientos de protección (tales como pinturas, barnices, esmalte o galvanizado), antes del ensamblado de las piezas, antes y después de operaciones metalmecánicas (tales como soldado o tratamiento térmico).

71

Las industrias del mueble, metálicos básicos, servicios de reparación automotriz, mantenimiento de maquinaria y equipo industrial, son las que manejan el mayor volumen de sustancias para limpieza o de desengrase.

Los productos considerados para este sector fueron: líquidos para limpiar vidrios, líquidos para limpiar madera y metales, desengrasantes para pisos, desincrustantes, preparaciones para limpieza de materiales plásticos, mezclas básicas para aditivos, thinner y desengrasantes y similares.

La metodología de cálculo de emisiones de COV se basa en las proyecciones de consumo de insumos hacia el 2011 de acuerdo a la variación de población. Los factores de emisiones utilizados corresponden a solventes como el percloroetileno, tolueno, tricloroetileno y tricloroetano; todos completamente volátiles. Para determinar las emisiones por lavado en seco se empleó la siguiente ecuación general.

$$E_{VOC} = C * FE_{VOC}$$

E_{VOC} : Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles, reportados en toneladas de contaminante al año.

C: consumo anual de solvente, reportado en libras de solvente por año.

FE_{VOC} : Factor de emisión de VOC, reportado en libras de contaminante por toneladas de solvente.

El factor de emisión empleado se tomó de Fire 6.24 de la EPA para desengrasantes: 2000 lb/Ton.

Ejemplo de cálculo

PREPARACIONES PARA LIMPIAR Y BRILLAR MADERA Y METALES

$C = 15738.99 \text{ lb/año}$

$$E_{VOC} = 15738.99 \frac{\text{lb}}{\text{año}} * 2000 \frac{\text{lb}}{\text{Ton}} * \frac{1 \text{ Ton}}{2204.6 \text{ lb}} * \frac{1 \text{ Ton}}{2204.6 \text{ lb}}$$

$$E_{VOC} = 6.28 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

De acuerdo a la siguiente tabla este sector aporta 361 toneladas anuales de COV.

Tabla 4.11 Emisiones de COVs Limpieza de Superficies y Desengrasado

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	*DENSIDAD (gr/cm ³)	Lb/año	EMISIONES COV (Ton/año)
Preparaciones para limpiar y brillar madera y metales (litros)	7139.0	1.1	15738.99	6.48
Preparaciones desengrasantes (kg)	369618.5	1.1	814855.68	335.31
Thiner (g)	86115	0.8	189.85	0.08
Mezclas básicas para aditivos, desengrasantes y similares (kg)	21358.4	1.1	47086.49	19.38
Total (t/año)				361.24

Fuente: * http://www.cleanshelter.com/home/descargas/msds/MSDS_522.pdf

72

4.2.1.4. RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES ARQUITECTÓNICAS

Los recubrimientos para superficies arquitectónicas corresponden a procesos utilizados para proteger y mejorar las superficies interiores y exteriores de las construcciones. Generalmente 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.

Para estimar las emisiones de COV correspondientes a esta actividad se consideraron los siguientes productos: pinturas de base acuosa p.v.a y similares, diluyente de pinturas y aditivos de pinturas. Es de anotar que otros productos similares (como pinturas sintéticas y algunos solventes) se incluyeron en la

estimación de recubrimientos de superficies industriales y por lo tanto son considerados en las emisiones totales, si bien tienen uso parcial en los recubrimientos arquitectónicos.

Para determinar las emisiones por Recubrimiento de Superficies Arquitectónicas se empleó la siguiente ecuación general.

$$E_{VOC} = C * FE_{VOC}$$

E_{VOC} : Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles, reportados en toneladas de contaminante al año.

C: consumo anual de solvente, reportado en toneladas de solvente por año.

FE_{VOC} : Factor de emisión de VOC, reportado en libras de contaminante por toneladas de solvente.

El factor de emisión empleado se tomó de Fire 6.23 de la EPA para desengrasantes: 200 lb/Ton.

Ejemplo de cálculo

DILUYENTE PARA PINTURAS

$C=30.99$ Ton/año

$$E_{VOC} = 30.99 \frac{\text{Ton}}{\text{año}} * 2000 \frac{\text{lb}}{\text{Ton}} * \frac{1 \text{ Ton}}{2204.6 \text{ lb}}$$

$$E_{VOC} = 2.81 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

73

De acuerdo a la siguiente tabla, las emisiones totales anuales en este sector equivalen a 109.78 toneladas.

Tabla 4.12 Emisiones de COVs por recubrimiento de superficies arquitectónicas.

DESCRIPCIÓN	KILOGRAMOS	GALONES	DENSIDAD		CONSUMO (Ton/año)	EMISIONES COV (Ton/año)
			gr/mol	lb/galón		
Diluyente para pinturas	30991.27			6.5846	30.99	2.81
Aditivo para pinturas	7186.23		1.06	8.8462	7.19	0.65
Pinturas para agua, p.v.a y similares (emulsiones)		303532.78		8.5124	1171.99	106.32
Total (Ton/año)						109.78

Fuente: <http://190.25.231.249/encuestas/eam/mostrar3.php?Years=2007&cadenaabus=&todos=todo&actoper=perso&x=22&y=19&tipoclas=DP&DP=76>

4.2.1.5. RECUBRIMIENTO INDUSTRIAL DE SUPERFICIES

En esta categoría se consideran las operaciones de aplicación de recubrimientos como pintura, laca, barniz u otros que contenga solventes, utilizados sobre superficies diversas con fines decorativos o de protección para el mantenimiento de maquinaria y equipo industrial. Los solventes contenidos en los recubrimientos se evaporan en un porcentaje cercano al 100% a medida en que estos se aplican y se secan.

Se revisaron los tipos de industrias y los procesos que hacían uso de recubrimientos. Los insumos cuantificados fueron: esmaltes industriales, pinturas de protección industrial, pinturas sintéticas, pinturas bituminosas, lacas nitrocelulósicas, lacas acrílicas, disolventes alifáticos, bases y masillas.

Los factores de emisión fueron específicos para cada insumo por tener composición en solvente y manejo muy diferente.

Para determinar las emisiones por Recubrimiento Industrial de Superficies se empleó la siguiente ecuación general.

$$E_{VOC} = C * FE_{VOC}$$

E_{VOC} : Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles, reportados en toneladas de contaminante al año.

C: consumo anual de insumo, reportado en toneladas de insumo por año.

FE_{VOC} : Factor de emisión de VOC, reportado en libras de contaminante por toneladas de insumo.

74

Los Factores de Emisión empleados en esta categoría se encuentran en la Tabla 4.13.

Ejemplo de cálculo

ESMALTES DE USO GENERAL

$C=899.7 \text{ Ton/año}$

$$E_{VOC} = 899.7 \frac{\text{Ton}}{\text{año}} * 840 \frac{\text{lb}}{\text{Ton}} * \frac{1 \text{ Ton}}{2204.6 \text{ lb}}$$

$$E_{VOC} = 342.7 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

De acuerdo a la siguiente tabla, las emisiones totales anuales en este sector equivalen a 109.78 toneladas.

Este sector es el responsable de emitir 3343,43 toneladas anuales de COV, tal como lo registra la siguiente tabla.

Tabla 4.13 Emisiones de COVs por recubrimiento industrial de superficies

DESCRIPCIÓN	kg	GALONES	DENSIDAD	¹ (Ton/año)	² FACTOR EMISIÓN COV (lb/t)	EMISIONES COV (t/año)
Esmaltes de uso general		144051.2	1.65 gr/cm ³ (***)	899.7	840	342.8
Pinturas de protección industrial		71540.9	8.5124 lb/gal	276.2	1120	140.3
Pinturas sintéticas		9988.3	9.5124 lb/gal	43.1	1120	21.9
Pigmentos preparados	353124		1.6 gr/cm ³	353.1	0	0.0
Bases y masillas		259077.6	1.35 gr/cm ³ (**)	1324.0	1320	792.7
Lacas Nitro - celulósicas		321881.1	1.1 gr/cm ³ (**)	1340.3	1540	936.2
Lacas acrílicas		74933.3	2.1 gr/cm ³ (*)	595.7	1540	416.1
Disolventes alifat N. 1,2 y 3 derivados del petróleo		255891.8	6.5846 lb/gal	764.3	2000	693.3
Total (t/año)						3343.4

Fuente: *www.famsapinturas.com. ** www.elsamexinternacional.com. ***www.scribd.com

1<http://190.25.231.249/encuestas/eam/mostrar3.php?Years=2007&cadabus=&todos=todo&actoper=perso&x=22&y=19&tipoclas=DP&DP=76>

2http://www.epa.gov/ttnchie1/eiip/techreport/volume02/ii14_july2001.pdf

4.2.1.6. RECUBRIMIENTO DE CARROCERÍAS

Para esta actividad se consideran las emisiones que se generan por pequeños arreglos de autos, los cuales pueden incluir pintado, reparación y restauración de automóviles, camiones ligeros y otros vehículos. La pintura de vehículos nuevos no está incluida en esta categoría pues en el área de estudio no existe manufactura de automóviles. Las operaciones de reparación que involucran uso de sustancias que generan emisiones de COV se realiza en su mayoría en pequeños talleres sin cabinas de aspersión, indicando que no se cuenta con métodos de control para la emisión.

En esta categoría se consideraron: insumos para la primera operación de limpieza donde se utilizan desengrasantes, los cuales se cuantifican en otra categoría; una segunda operación que consiste en la aplicación de bases y pintura anticorrosiva, y una tercera operación donde se aplican pinturas especiales para automóviles. Las materias primas consideradas fueron: pinturas de alta temperatura, pinturas en aerosol, bases y pinturas anticorrosivas, disolventes n.c.p. en base de petróleo, y productos químicos

especiales para el tratamiento de pinturas (solventes). Los factores de emisión considerados involucran la segunda y tercera operación de preparación y recubrimiento.

Para determinar las emisiones por Recubrimiento Industrial de carrocerías se empleó la formula general que se ha venido empleando.

Ejemplo de cálculo

PINTURAS DE ALTA TEMPERATURA

C=212.81 Ton/año

$$E_{VOC} = 212.81 \frac{Ton}{año} * 100 \frac{lb}{Ton} * \frac{1 Ton}{2204.6 lb}$$

$$E_{VOC} = 9.65 \frac{Ton}{año}$$

Para efectos de cálculo se utilizó la densidad media para los solventes y pintura de 6,5 y 8,5 lb/galón respectivamente. Por procesos en el sector de recubrimiento de carrocerías se generan 186,33 toneladas anuales. Ver Tabla 4.14.

Tabla 4.14 Emisiones de COVs por recubrimiento de recubrimiento de carrocerías

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	*Ton/año	**FACTOR EMISIÓN COV (lb/t)	EMISIONES COV (t/año)
Pinturas de alta temperatura (g)	55116.63	212.81	100	9.65
Bases y pinturas anticorrosiva (g)	48802.73	188.43	200	17.09
Pinturas en Aerosol (g)	112186.56	433.17	6,3	1.24
Disolvente n.c.p derivados del petróleo	441088.19	1317.39	200	119.51
Productos químicos especiales para tratamientos de pintura (kg)	428034.18	428.03	200	38.83
Total (Ton/año)				186.32

Fuente: * DANE, Encuesta anual manufacturera. **Fire 6.23

4.2.1.7. DEMARCACIÓN VIAL

La demarcación vial consiste en la aplicación de pintura para el trazado de las líneas que limitan el ancho de los carriles; línea central, en el caso de las vías de doble sentido; las líneas de borde que separan la zona de tránsito de la berma y la señalización horizontal, que incluye flechas de giro, señales de pare,

cebras, etc. También la señalización horizontal en estacionamientos y carriles especiales para buses (EPA, 1997).

Los material utilizado para la demarcación incluyen pinturas base solvente, pinturas base agua, termoplásticos, cintas, polímeros y pinturas permanentes. Las pinturas con base en resinas poliméricas (“alkid”) o caucho clorinado son más utilizados en demarcación vial (EPA, 1997).

La emisión de COV resulta de la evaporación de solventes orgánicos durante e inmediatamente después de la aplicación de la pintura. Las emisiones de COV producidas por la pintura base agua son considerablemente menores que aquellas producidas por pinturas base solventes (EPA, 1997). Varios métodos han sido propuestos para el cálculo de la emisión de COV resultante de la demarcación de las vías. El uso de cada uno de estos métodos depende en gran medida de la información disponible y precisión deseada en el cálculo. Entre los métodos propuestos se encuentran:

- Cálculo de emisiones basado en la medición de área demarcada en el área del Inventario.
- Cálculo de emisiones basado en los datos de producción o comercialización de pinturas.
- Cálculo de emisiones basado en el número de kilómetros pavimentados en el área del inventario
- Cálculo de emisiones basado el consumo per cápita de pintura, tomado como un promedio de las mediciones hechas en todo el país.

Considerando la información disponible, se ha optado por calcular las emisiones con base en la información reportada por la Secretaria de Infraestructura y Valorización (Plan de Acción 2011, página 5) correspondientes a 100 kilómetros de rehabilitación de vías y 7,2 kilómetros de vías pavimentadas que requieren de la respectiva señalización (<http://www.cali.gov.co/valorizacion/publicaciones.php?id=45577>). El método usa un factor de emisión por millas de carril pavimentado (EPA, 2012) como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 4.15 Factores de Emisión utilizados para el cálculo de COVs

TIPO DE PINTURA	VIDA ÚTIL ESPERADA (años)	EMISIONES COV (lb/milla)
Solvente	0.75	69
Agua	1	13

Fuente: EPA 2012

Dadas las condiciones climáticas variables predominantes en el país, los contratistas generalmente prefieren utilizar pintura cuya base es un solvente derivado del petróleo. Der esta manera, al aplicar el factor de emisión propuesto para este tipo de pintura, se obtiene las emisiones por demarcación vial de vías, como se muestra en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16 Emisiones de COVs por demarcación de vías

DESCRIPCIÓN	KILÓMETROS	FACTOR EMISIÓN	EMISIONES COV
		(lb/milla * año)	(Ton/año)
Vías rehabilitadas	100	69	1.94
Vías pavimentadas	7.2	69	0.14
Total (Ton/año)			2.08

4.2.1.8. RECUBRIMIENTO ASFÁLTICO EN VÍAS

Las emisiones de COV en el sector de asfalto ocurren tanto en las plantas de producción como en los procesos de aplicación de asfalto sólido, líquido o mezclas para el recubrimiento de vías y son el resultado de la evaporación de los solventes destilados de petróleo usados para licuar el cemento asfáltico.

Los asfaltos líquidos se obtienen al mezclar el cemento asfáltico con gasolina, nafta, kerosene u otros productos menos volátiles también derivados del petróleo. También se pueden obtener emulsiones asfálticas al mezclar el asfalto con agua y un agente emulsificante como el jabón (EPA, 2012). La utilización de asfalto líquido emulsificado permite reducir las emisiones de COV en un 50%*. Las emisiones resultantes del asfalto diluido resultan de la evaporación del solvente usado para licuar el cemento asfáltico, sin embargo, la mayor fuente de emisiones es la vía ya pavimentada (EPA, 2012).

Con base en el tiempo de curado, los asfaltos se clasifican en tres categorías: curado rápido (se evapora el 95% del solvente usados en la producción, en peso), los cuales se obtienen al usar gasolina y nafta como solvente; curado medio (se evapora el 70% del solvente), cuyo solvente es kerosene y curado lento (se evapora el 25%) que se obtiene al usar aceites pesados como solvente (EPA, 2012).

De acuerdo la agencia de Protección ambiental (EPA, 2012) al aplicar mezclas asfálticas de rápido curado, el 75% del total del solvente se evapora durante el primer día, 90% durante el primer mes y 95% durante los primeros 3 o 4 meses siguientes a su aplicación. La evaporación es más lenta en mezclas asfálticas de curado medio, en las cuales el 20% del solvente se evapora durante el primer día, 50% durante la primera semana y 70% durante los 3 o 4 meses siguientes a su aplicación (EPA, 2012). Aunque no existe información respecto al proceso de evaporación del solvente usado en mezclas asfálticas de curado lento, se cree que las emisiones son considerablemente menores a las generadas al aplicar mezclas de curado rápido y medio. Adicionalmente, se presume que el tiempo durante el cual se dan las emisiones es más largo (EPA, 2012). Ver Tabla 4.17.

Tabla 4.17 Relación de solvente utilizado por tipo de curado

TIPO DE CURADO	PORCENTAJE DE SOLVENTE UTILIZADO (por peso)		
	25%	35%	45%
Curado rápido	17	24	32
Curado medio	14	20	26

TIPO DE CURADO	PORCENTAJE DE SOLVENTE UTILIZADO (por peso)		
	25%	35%	45%
Curado lento	5	8	10

Fuente: EPA, 2012

El alquitrán mezclado en caliente o HMA (Hot Mix Asphalt) es, por excelencia, el más utilizado, generalmente en más de un 80 por ciento de los casos, y produce muy pocas emisiones (EPA, 2003). Utilizando el valor de 0,05679795 kg/hab.año como factor de conversión per cápita para la aplicación de asfalto y la población de la zona urbana de Cali proyectada a 2011 (2.232.996 habitantes), se obtiene un total de emisiones de COV por aplicación de asfalto en vías de 127 toneladas anuales. Ver siguiente tabla.

Tabla 4.18 Emisiones de COVs por pavimentos flexibles usado en mezclas de curado rápido medio y lento

POBLACIÓN	FACTOR DE EMISIÓN PER CÁPITA (kg/año)	EMISIONES COV (Ton/año)
2232996	0.05679795	127

4.2.1.9. RESULTADOS GENERALES PARA EL USO DE SOLVENTES

En la Tabla 4.19 y la Figura 4.6 resumen las emisiones de COV para el sector de uso de solventes, donde se destaca el subsector de recubrimiento de superficies industriales (69.96%), seguido de artes gráficas (17,09%) con los mayores valores de emisiones anuales.

79

Tabla 4.19 Emisiones de COVs por uso de solventes

CATEGORÍA: USO DE SOLVENTES	EMISIONES	
	COV (Ton/año)	%
Artes graficas	816.72	17.09
Lavado seco	200.90	4.20
Limpieza de superficies y desengrasado	36.12	0.76
Recubrimiento superficies arquitectónicas	66.18	1.38
Recubrimiento de superficies industriales	3343.43	69.96
Recubrimiento superficies carrocerías	186.33	3.90
Demarcación vial	2.08	0.04
Recubrimiento asfáltico de vías	127.00	2.66
Total	4778.76	100

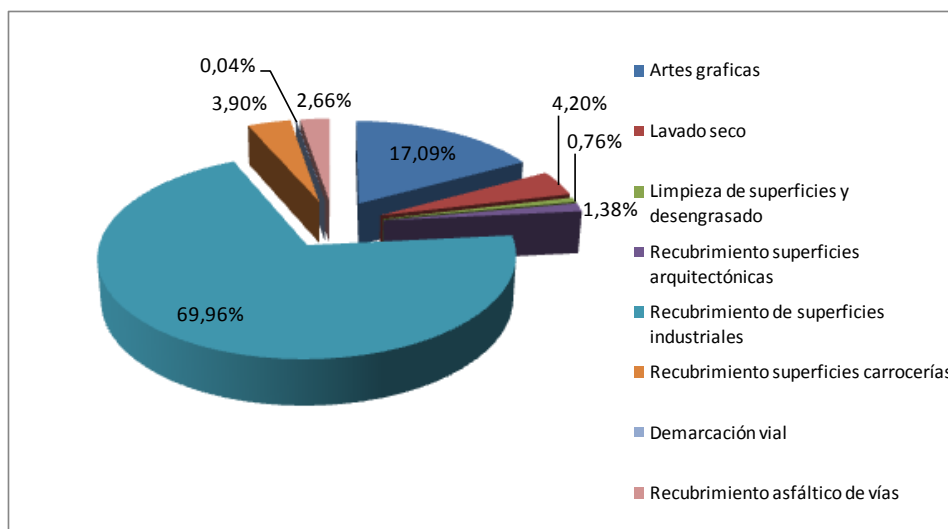


Figura 4.6 Relación porcentual de emisiones totales por sector de uso de solventes

4.2.2. ESTIMACIÓN DE EMISIONES POR COMBUSTIÓN EN FUENTES ESTACIONARIAS

En esta categoría incluimos las estimaciones de emisiones por fuentes de área de aquellas que presentan en algunos casos COV y los demás contaminantes convencionales: material particulado (MP), CO, SO_x, y NO_x. Se consideran las emisiones por combustión de carbón, gas licuado, gas natural, combustión de gasolina, combustión de acpm, combustión de kerosene, quema de caña de azúcar, producción de panela y la incineración de residuos vegetales urbanos.

80

4.2.2.1. GAS NATURAL

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos livianos en estado gaseoso, que en su mayor parte está constituida por metano y etano y en menor proporción por propano, butanos, pentanos e hidrocarburos más pesados. Generalmente, esta mezcla contiene impurezas tales como vapor de agua, gas carbónico y nitrógeno.

El gas natural es el combustible fósil con menor impacto medioambiental de todos los utilizados, tanto en la etapa de extracción, elaboración y transporte, como en la fase de utilización s veces puede contener impurezas como sulfuro de hidrógeno, mercaptanos y helio. Como cualquier otro combustible produce CO₂; sin embargo, debido a la alta proporción de hidrógeno-carbono de sus moléculas, sus emisiones son un 40-50% menor de las del carbón y un 25-30% menor de las del fuel-oil. Los óxidos de nitrógeno se producen en la combustión al combinarse radicales de nitrógeno, procedentes del propio combustible o bien, del propio aire, con el oxígeno de la combustión. Este fenómeno tiene lugar en reacciones de elevada temperatura, especialmente procesos industriales y en motores alternativos, alcanzándole proporciones del 95-98% de NO y del 2-5% de NO₂.

El gas natural tiene un contenido en azufre inferior a las 10ppm (partes por millón) en forma de odorizante, por lo que la emisión de SO₂ en su combustión es 150 veces menor a la del gas-oil, entre 70 y 1.500 veces menor que la del carbón y 2.500 veces menor que la que emite el fuel-oil.

Se utiliza como materia prima o como combustible en los sectores industrial, petroquímico, termoeléctrico, doméstico, comercial y de transporte terrestre. En el municipio de Cali su uso corresponde en un 41% al sector industrial, 16% al sector comercial y el 43% al sector domiciliario. Ver la siguiente figura.

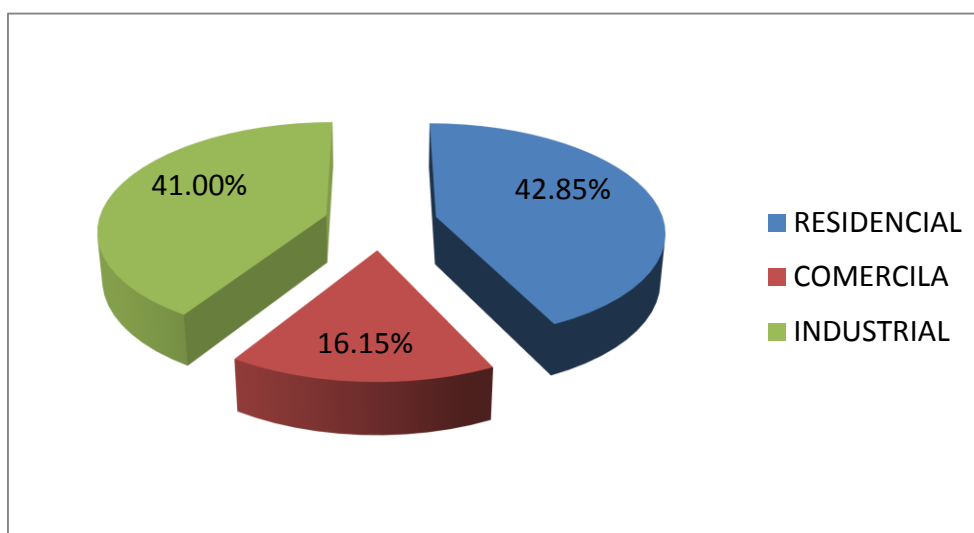


Figura 4.7 Uso del Gas Natural en Cali (%)

Fuente: Cali en cifras 2011. P. 6

En el cálculo de emisiones por fuentes de área solo se tendrá en cuenta el gas utilizado en el sector comercial y el sector domiciliario, el industrial debe ser considerado en fuentes puntuales. En siguiente tabla se desglosa el consumo por los sectores:

Tabla 4.20 Consumo de gas natural (m³) en Cali por sectores

CONSUMO TOTAL	150,264	% DE USO
Residencial	64,392	42.85
Estrato 1	9,872	
Estrato 2	21,021	
Estrato 3	19,929	
Estrato 4	5,255	
Estrato 5	5,367	
Estrato 6	2,948	
Comercial	24,265	16.15
Industrial	61,607	41

Fuente: Cali en cifras 2011.p. 69

Los factores de emisión se tomaron de la fuente Fire 6,24 y capítulo 1.4 “Natural Gas Combustión” Tablas 1.4-1 y 1.4-2 del AP-42 y se pasaron a t/m^3 para obtener las emisiones en toneladas, según aparece en la Tabla 4.21.

Tabla 4.21 Consumo de gas natural en Cali por sectores

CONTAMINANTE	GAS NATURAL kg/m^3	GAS NATURAL t/m^3
PST	7.2E10-5	7.2E-08
PM2.5	0.00012	1.2E-07
SO2	9.6E10-6	9.6E-09
CO	0.00032	3.2E-07
NOX	0.0016	1.60E-06
VOC	0.000128	1.28E-07

Las emisiones por el uso de gas natural en el municipio de Cali, se observan en la tabla 20.

Tabla 4.22 Consumo de gas natural en Cali por sectores

PST (Ton/año)	PM ₁₀ (Ton/año)	PM _{2.5} (Ton/año)	SO _x (Ton/año)	NO _x (Ton/año)	COV (Ton/año)	CO (Ton/año)
6.4	2.7	10.64	0.9	141.9	11.3	28.4

82

Las emisiones generadas por el uso del gas arrojan que el mayor contaminante en peso son los óxidos de nitrógeno y el menor los óxidos de azufre (1%) Ver la siguiente figura:

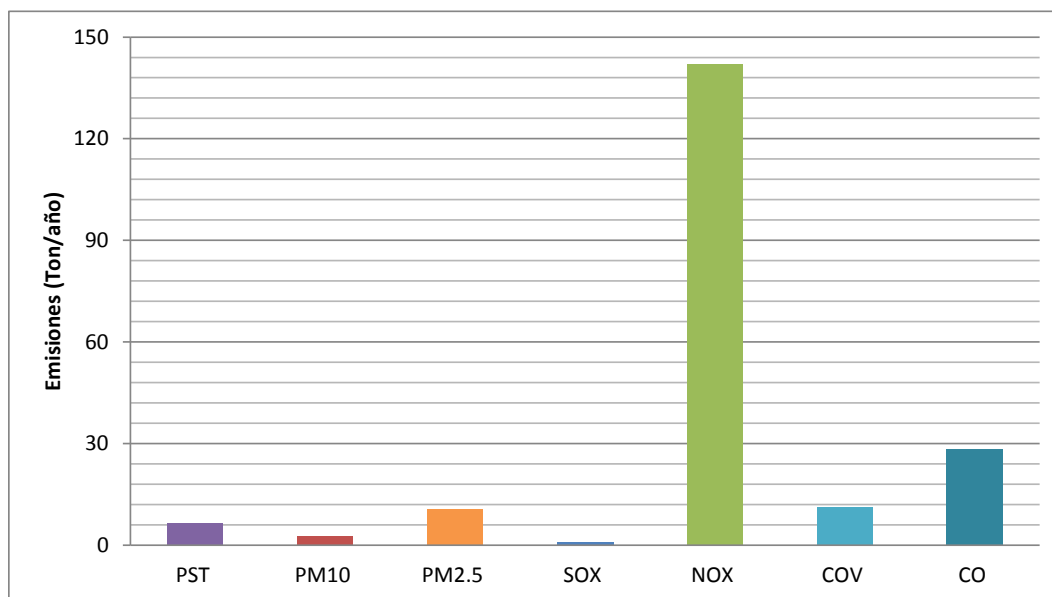


Figura 4.8 Emisiones por combustión de gas natural

4.2.2.2. GAS LICUADO DEL PETRÓLEO

El GLP se deriva principalmente del gas natural o de los gases de la refinación de petróleo. La composición del GLP puede ser marcadamente diferente dependiendo de donde provenga. El GLP comercial contiene una mezcla de gases principalmente propano (70%) y butano (28%) e Isobutano (2%) o sus derivados. Adicionalmente, ambos productos pueden contener algunos componentes livianos (etanos) y pesados (pentanos). Aproximadamente un 3% de la energía en todo el mundo proviene del GLP, siendo su principal uso, 48%, doméstico, un 24% se usa en la industria química, 9% en transporte, un 4% como combustible en el proceso de refinación y un 2% es utilizado para la agricultura.

Para el cálculo de emisiones por uso del GLP se tomó información de la página www.colombiastad.gov.co Información comercial SSPD del año 2010 donde se encuentra el consumo total anual de GLP en litros del municipios de Cali en el estudio, se consideró todo el volumen reportado ya que en Colombia el GLP está destinado en un alto porcentaje a uso por consumo residencial y comercial.

Para poder trabajar con los factores de emisión se realizaron las conversiones de unidades y se tomaron los Factores de emisión del protocolo de emisiones de la EPA AP-42 Capítulo 1 "external combustion sources" que aparecen en la siguiente tabla.

Tabla 4.23 Factores de emisión por combustión

GLP (Contaminante)	FACTORES DE EMISIÓN POR COMBUSTIÓN (AP-42) (kg/m ³)
PST	0.11
PM _{2.5}	< 0.01
SO ₂	0.000190
CO	0.50
NO _x	3.50
COV	0.13

83

El 82 % de las emisiones por uso de GLP corresponde a Óxidos de Nitrógeno, el 12 % para Monóxido de Carbono, las demás emisiones de contaminantes están alrededor del 3%. En la siguiente tabla y figura se presentan estas emisiones.

Tabla 4.24 Emisiones por uso de GLP

CONSUMO CALI	PST	PM _{2.5}	SO _x	CO	NO _x	COV
kg/m ³	0.11	0.01	0.00019	0.5	3.5	0.13
20832.9375	2.292	0.208	0.004	10.416	72.915	2.708

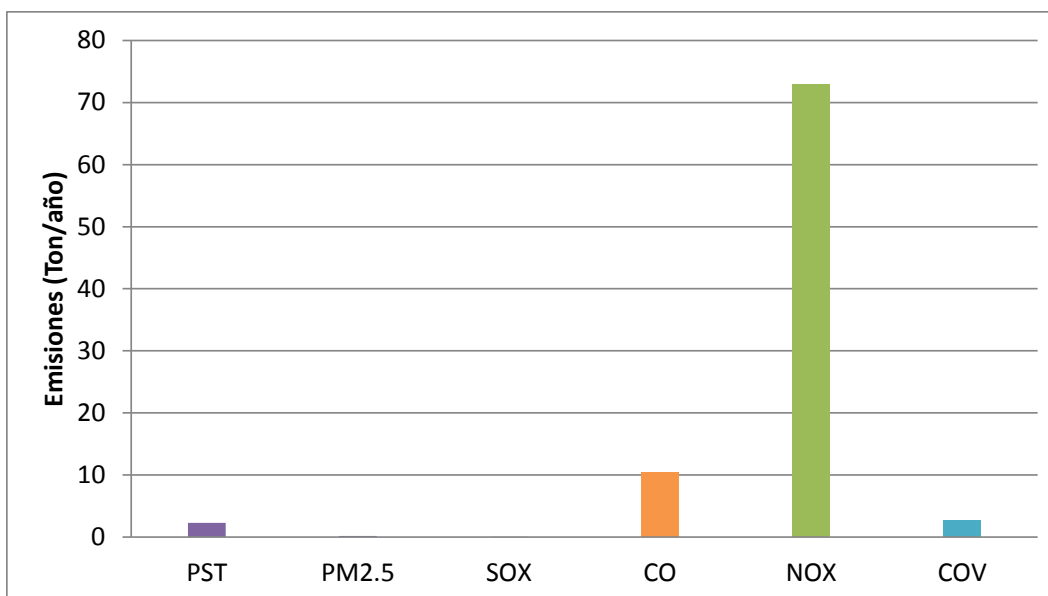


Figura 4.9 Emisiones por uso de GLP

4.2.2.3. KEROSENO

El uso de Kerosene en los últimos años se ha disminuido en el Valle del Cauca debido a que existe mayor demanda que oferta, esto ha estimulado el uso de biodiesel principalmente. Los cálculos de las emisiones para uso de kerosene se realizaron con los factores de emisión que se emplearon para el ACPM y sus resultados se presentan en la siguiente tabla.

84

Tabla 4.25 Emisiones por consumo de Keroseno (Ton/año)

CONSUMO (Gal)	SO _x	NO _x	CO	TOC	PM ₁₀	COV
461330	29.71	4.18	1.05	0.053	0.21	0.042

Se observa que la emisión de Óxidos de azufre excede al siguiente contaminante los óxidos de nitrógeno, en siete veces su emisión. Lo que indicaría un alto contenido de azufre en este combustible.

4.2.2.4. GASOLINA

Las gasolinas tienen como principales componentes un amplio grupo de compuestos hidrocarbonados, cuyas cadenas contienen hasta 10 átomos de carbono. La fracción principal, sin embargo, va a estar formada por pocos componentes y con muchas ramificaciones, que son los que van a aumentar el octanaje. Dentro de una fracción de gasolina, los 5 tipos de componentes que pueden estar presentes son: parafinas normales o ramificadas, ciclo pentano, ciclo hexano, benceno y sus derivados son los primeros combustibles líquidos que se obtienen del fraccionamiento del petróleo.

El resultado de una combustión incompleta de la gasolina origina contaminación por Óxidos de Nitrógeno (0,08%), de HC (0,05%), de CO (0,85%) y de partículas sólidas (0,02%) estos corresponden a

un 1% de gases contaminantes pero este porcentaje es suficiente para crear trastornos en la atmósfera sobre todo de las grandes ciudades, que se suma a la contaminación de las industrias, centrales energéticas y la propia de las ciudades, por las calefacciones, etc.

Para realizar los cálculos se tomaron los datos de venta de todas las estaciones de expendio de gasolina y de acuerdo a los usos de este energético realizado por la UPME en el año 2009 en donde se indica que el uso de este combustible en el país se da mayoritariamente en el sector transporte con un 91.9%, un 5% al sector industrial y el resto (3%) corresponde al resto de sectores que lo utilizan como: residencial, comercial, obras civiles y otros usos. Ver Figura 4.10.

Con los datos correspondientes al 3% de venta en las estaciones de gasolina se utilizaron los factores de emisión que reporta la Fecoc en el manual del usuario de factores de emisión de los combustibles colombianos .Los factores de emisión utilizados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.26 Factores de Emisiones por uso de gasolina (kg/gal)

CO ₂	SO _x	COV	CO	NO _x
0.000153001	3.87963E-07	0.01644204	7.2252E-06	6.7998E-07

Fuente: FECOC, Manual del usuario factores de emisión de los combustibles Colombianos.

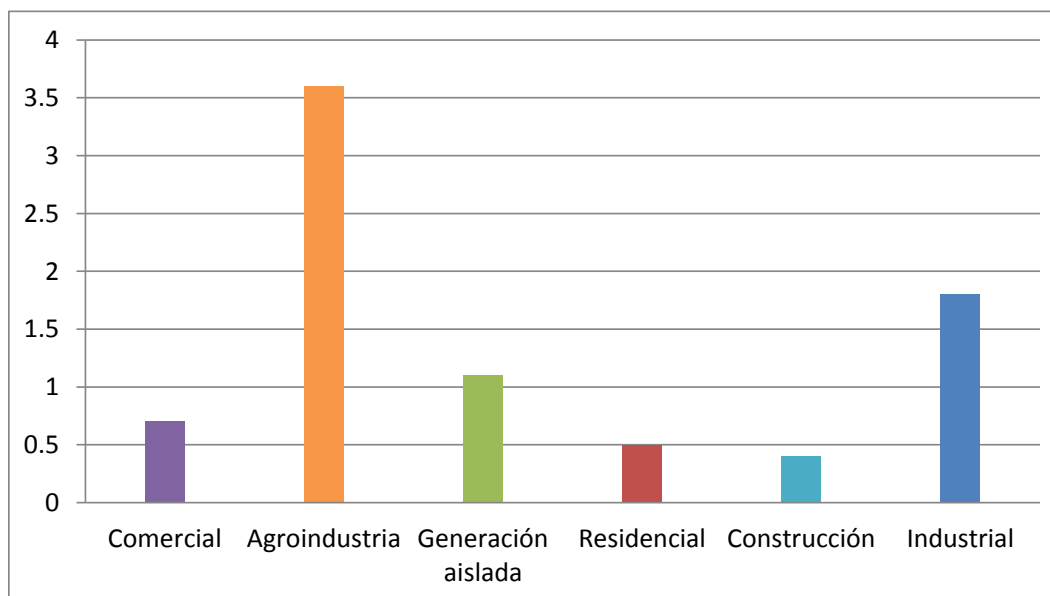


Figura 4.10 Uso de gasolina diferente a transporte

Fuente: Ecopetrol, MHCP y Upme Proyección demanda de energía en Colombia.2010

Las emisiones correspondientes por estos usos para el municipio de Cali se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.27 Emisiones por uso de gasolina (Ton/año)

CONSUMO GASOLINA (GAL)	3% USO FUENTES DE ÁREA	CO ₂	SO _x	COV	CO	NO _x
73924583.7	221773.8	0.034	8.6E-05	3.65	0.002	1.5E-04

*Ventas de combustibles estaciones de servicios en el valle sicom.gov.co

Las emisiones de COV son las que predominan como resultado del consumo de gasolina correspondiendo al 99% del total de emisiones y donde sus principales componentes corresponden a parafinas como el pentano (41,5%), estos compuestos orgánicos volátiles exceden al bióxido de carbono con el 0,9% de las emisiones y el monóxido de carbono con el 0,04%.

En la siguiente figura se encuentran las estaciones de gasolina reportadas hasta la fecha del censo, entre el 2005 .Lo que indicaría una buena aproximación de su distribución en la ciudad.

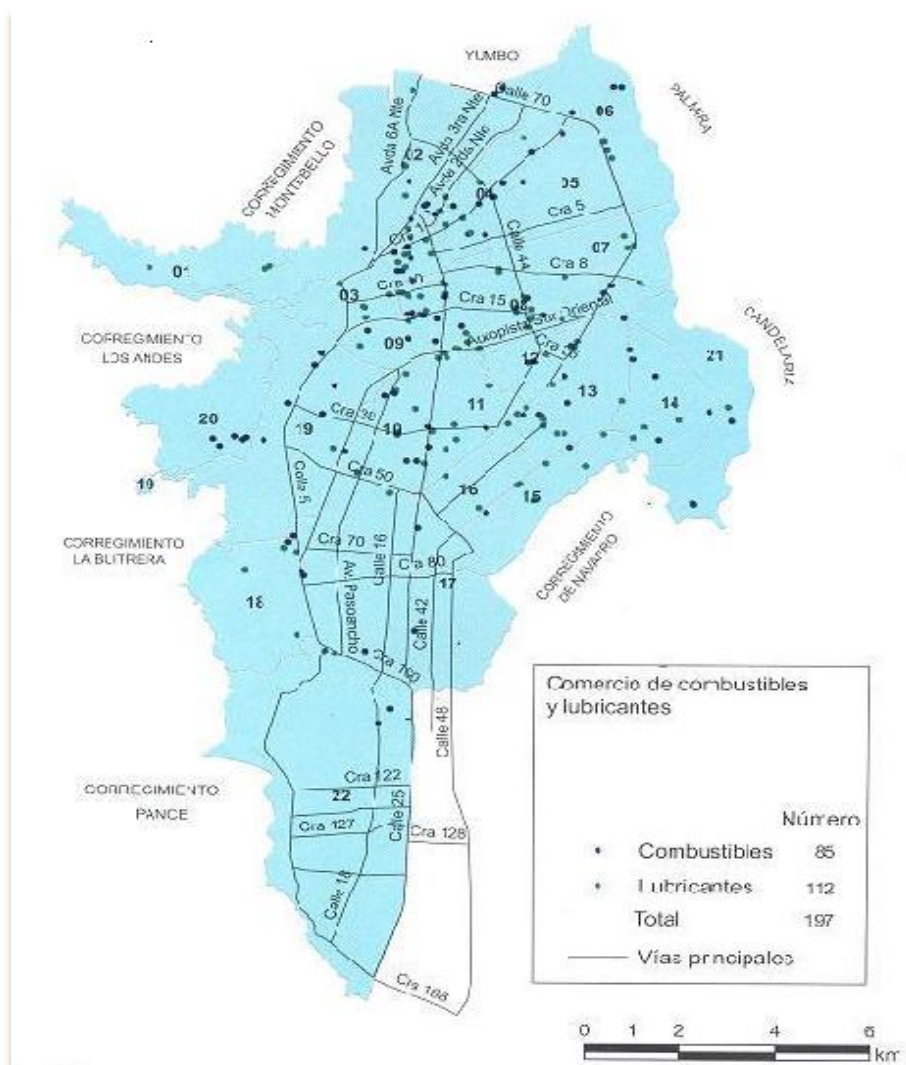


Figura 4.11 Comercio de combustibles y lubricantes

Fuente: DANE. Censo económico Cali 2005. "Observatorio Económico y Social del Valle del Cauca, N° 8, 2008".

4.2.2.5. ACPM- BIODIESEL

En el municipio de Cali se venden 5 tipos de DIESEL: el ACPM o DIESEL, el DIESEL marino, el biodiesel, el biodiesel extra y el biodiesel corriente.

El DIESEL marino es una mezcla de hidrocarburos parafinicos, olefinicos, y aromaticos, cicloparafinicos y aromaticos, donde predominan el N° de átomos de carbono en el intervalo C10 a C22, derivados del procesamiento del petróleo crudo. Se emplea como combustible en los motores de embarcaciones, por lo tanto no se tendrá en cuenta para emisiones en este municipio.

El ACPM- DIESEL. Es llamado DIESEL y es una mezcla compleja de hidrocarburos, también se le denomina. Aceite Combustible para Motores, Fuel Oil N° 2. Es usado como combustible automotor, combustible para locomotoras, generadores de electricidad, combustible para motores.

El biodiesel son mezclas de mono-alquil esterres de los ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites vegetales y grasas animales.

El DIESEL corriente es una mezcla de hidrocarburos entre 10 átomos y 28 átomos de carbono formada por fracciones combustibles proveniente de diferentes procesos de refinación del petróleo, utiliza como combustible en motores tipo DIESEL y que puede contener Biodiesel. Este presenta 0,45% en masa de azufre. Con respecto a los usos de este energético, de acuerdo a un estudio realizado por la UPME en el año 2009 se da un uso más diversificado que el de la gasolina: en ciudades grandes aproximadamente el 69.7% del mismo es consumido por el sector transporte, el 26% la generación aislada de energía eléctrica, el 1,3% el sector industrial que los demás sectores productivos consumen aproximadamente el 30%. En la realización de los cálculos se tuvo en cuenta los datos reportados por la UPME de consumo, se sustrajo la cantidad correspondiente al uso en actividades como el transporte y el uso industrial que se tendrá en cuenta en fuentes puntuales y móviles.

El DIESEL extra es una Mezcla de hidrocarburos similar al DIESEL I corriente pero con un menor contenido de azufre, 0,12% en masa de azufre, menor viscosidad, menor punto final de ebullición. En Colombia en el año 2010 cualquier tipo de biodiesel era una mezcla conformada por DIESEL y aceite de palma, con 95% de ACPM y un 5% de aceite de palma. Según el documento a, b, c del biodiesel se encuentra que existen diferentes tipos de este combustible, y que en cada uno de ellos predomina el ACPM lo que sugiere que con esta composición continúa siendo un combustible de alto impacto negativo en la calidad del aire. <http://www.fedebiocombustibles.com/v2/main-pagina-id-6.htm>.

Los niveles de azufre contenidos en el ACPM han sido de 2500 ppm (partes por millón), esto hace del DIESEL Colombiano uno de los más contaminantes del mundo. Ecopetrol anunció que a partir de enero 1 del 2010 el ACPM sería más limpio, reduciendo los niveles de azufre a 500 ppm.

Durante la última década para este combustible su demanda creció a una tasa promedio anual de 6.6%, alcanzando las ventas de este combustible en las estaciones de servicio del país en el año 2010 una magnitud de 108,357 BDC. Ver tabla 26

Tabla 4.28 Consumo total de ACPM y Biodiesel en el municipio de Cali

TIPO DE COMBUSTIBLE	VOLUMEN VENDIDO (gal)	VOLUMEN PARA FUENTES DE ÁREA (gal)
Acpm- Diesel Ecológico	149189	34611.85
Acpm- Diesel	7823780.5	2268896.33
Biodiesel corriente	29864888	7794735.85
Biodiesel extra	129084	33690.92
Total	37966942	10131934.96

Fuente: Fendipetróleos Cali.2010

Para el cálculo de emisiones se utilizaron los factores de emisión del Protocolo de emisiones nacionales “fire 6,24 capítulo 3”, realizando los respectivos justes de unidades hasta llevarla a toneladas. Las emisiones generadas por el uso de diesel en las diferentes presentaciones se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.29 Emisiones por uso de ACPM (Ton/año)

TIPO DE COMBUSTIBLE	PST	SO _x	NO _x	CO	PM ₁₀	COV
Acpm- Diesel Ecológico	0.05	2.23	3.14	0.08	0.02	0.003
Acpm- Diesel	3.40	146.14	205.83	5.15	1.03	0.206
Biodiesel corriente	11.67	502.07	707.14	17.68	3.54	0.707
Biodiesel extra	0.05	2.17	3.06	0.08	0.02	0.003
TOTAL	15.17	652.61	919.17	22.98	4.60	0.919

88

En la siguiente figura se presenta que el consumo de Biodiesel (95% ACPM y 5%de aceite de palma) supera 4 veces el consumo de ACPM.

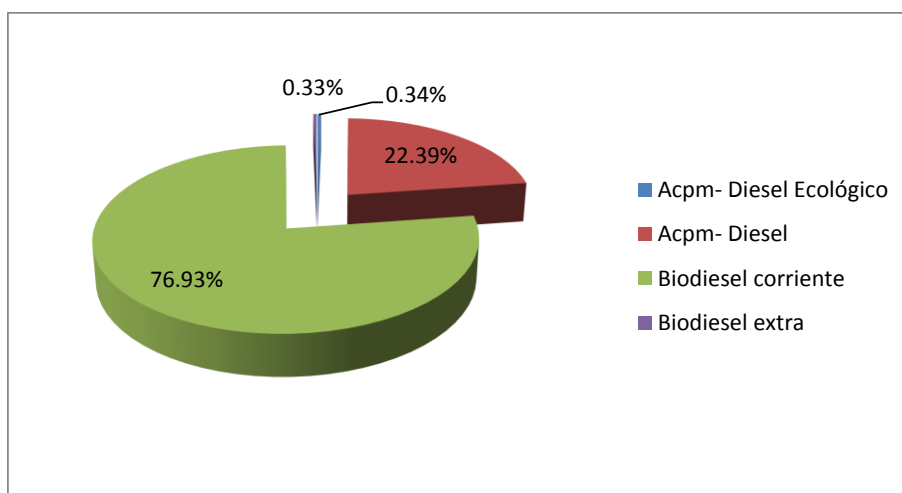


Figura 4.12 Tipos de DIESEL usados para fuentes de área (%)

Realizados los cálculos se observa que la mayor proporción de contaminante por consumo de ACPM se da por Óxidos de Nitrógeno, seguido de Óxidos de Azufre, Monóxido de Carbono y en menor proporción los demás contaminantes analizados.

4.2.2.6. DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLE (GASOLINA Y DIESEL)

En los diferentes procesos que se requieren para la distribución de los combustibles se generan emisiones cuyo principal componente son los COV. Estas emisiones evaporativas están formadas por compuestos orgánicos volátiles ricos en fracciones livianas (parafinas y olefinas) que son foto químicamente reactivas, por tanto precursoras de ozono.

Las estaciones de servicio proveen gasolina, diesel y productos relacionados con los vehículos de carretera. Las emisiones son generadas en la descarga del combustible desde los carro-tanques hasta los tanques de almacenamiento subterráneos, por la expansión y contracción del líquido debido a los cambios diarios de temperatura y presión, y en la recarga de los vehículos.

Para realizar la cuantificación de estas emisiones en Cali se utilizaron los factores de emisión de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) donde para estimar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles se realiza una estimación de las ventas de combustible y el factor de emisión apropiado para el tipo de combustible, la emisión de COV se calcularon a través de la siguiente ecuación:

$$E_i = EF_i * V_i * 10.6$$

Donde:

E_i = Emisión anual de VOC debida al manejo del combustible (kg/año)

EF_i = Factor de emisión del combustible i (mg/l)

V_i = Ventas anuales del combustible (l/año)

Esta ecuación relaciona las cantidades de los diferentes tipos de combustible vendidos en la región, la composición de los combustibles, las prácticas de manejo del mismo y los tipos de control de emisiones empleados. Los factores de emisión para la distribución de los combustibles gasolina y diesel en sus diferentes manejos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.30 Factores de emisión para distribución de gasolina

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR DE EMISIÓN (mg/l)
Llenado de tanque subterráneo	
Tubería sumergida	880

FUENTE DE EMISIÓN	FACTOR DE EMISIÓN (mg/l)
Tubería no sumergida	1380
Tubería sumergida y con control de emisiones	40
Contracción y expansión de los gases en el tanque subterráneo	120
Llenado de Vehículos	
Emisiones sin control	1320
Emisiones controladas	132
Derrames	80
Diesel	
Incluye el llenado de tanques subterráneos , el llenado de vehículos y la contracción y expansión de vapores en el tanque subterráneo	176

Fuente: EPA, AP-42. Capítulo 5.2 "Transportation and Marketing of Petroleum Liquids" Tabla 5.2-7

La confiabilidad de la estimación de emisiones en las estaciones de servicio depende de la calidad de los datos de composición del combustible, del manejo del mismo y del método de llenado del tanque. En este estudio no se cuenta con una base de datos disponible con la localización, tamaño y prácticas de control de emisiones en las estaciones, razón por la que se trabajó con las generalidades de las estaciones de Colombia y consultas directas en algunas estaciones de la ciudad arrojando a la mayoría de las estaciones de tipo sumergido, ya que solo se trabaja con tanques superficiales en instalaciones marinas ,rurales y carreteras, por inestabilidad del suelo, por elevada dureza o por nivel alto del manto freático.

90

Los procesos de distribución que conllevan emisiones corresponden al llenado de tanques, contracción y expansión de los gases, llenado de vehículos y derrames. En la siguiente tabla se presentan las emisiones generadas por cada uno de estos procesos.

Tabla 4.31 Emisiones de COVs por distribución de gasolina

FUENTE DE EMISIÓN	COV (Ton)
1-Llenado de tanques	
Llenado por tubería sumergida	196,98
Llenado por tubería no sumergida	57,92
Llenado por tubería sumergida y con control de emisiones	0,56
2-Contracción y expansión de los gases en el tanque subterráneo	33,58

FUENTE DE EMISIÓN	COV (Ton)
3-Llenado de Vehículos	
Emisiones sin control	110,80
emisiones controladas	24,01
4-Derrames	1,12
TOTAL	424,97

Los procesos para la distribución de diesel Incluye el llenado de tanques subterráneos el llenado de vehículos y la contracción y expansión de vapores en el tanque subterráneo que emiten 23,01 toneladas anuales de COV; esta diferencia radica básicamente en que los componentes del diesel son menos volátiles que los de la gasolina y el volumen de venta del diesel es menos del 50% al de la gasolina.

En total en Cali se producen 447,98 toneladas de COV por distribución de gasolina y diesel.

En los procesos de distribución el que mayor volumen de COV genera es el llenado de tanque subterráneo con el 60,1 % de las emisiones, seguida del llenado de vehículos con el 31,7%; tal como se observa en la siguiente figura.

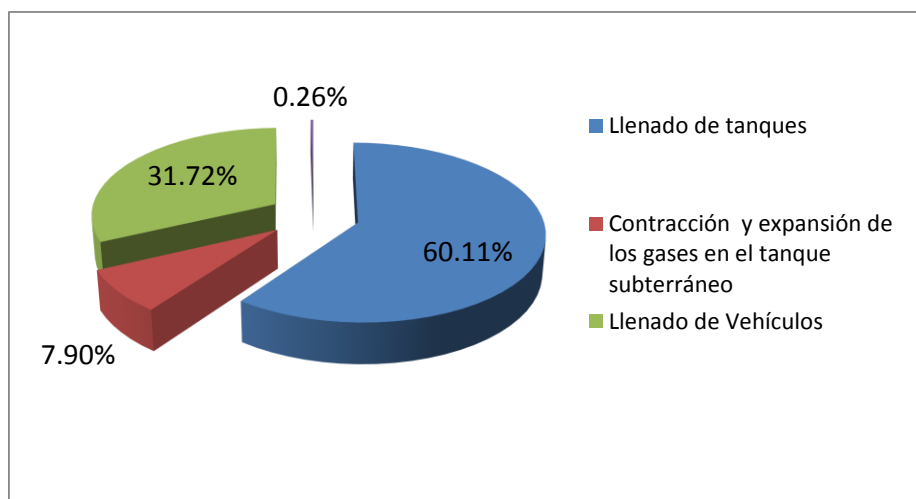


Figura 4.13 COVs emitidos por distribución de gasolina

Las emisiones de COV por distribución de gasolina y diesel se registran en la tabla a continuación.

Tabla 4.32 Emisiones de COVs por distribución de combustible

	COV (Ton/año)	
	Gasolina	ACPM
Cali	424,97	23,01

4.2.2.7. LEÑA COMO COMBUSTIBLE EN HOGARES

La leña es una fuente de energía primaria, lo que implica que se obtiene directamente de la naturaleza, específicamente de los recursos forestales e incluye troncos, ramas de árboles, pero excluye los desechos de la actividad maderera. La composición básica de las diferentes especies de madera no presenta una variación considerable. En cualquier caso los valores estándar indican que la leña está formada por un 49% de oxígeno (O₂), 43% de carbono (C) y 7% de hidrógeno (H).

De acuerdo a la Encuesta Nacional de Calidad de Vida realizada por el DANE (tabla 14: Hogares que preparan alimentos de acuerdo al combustible que utilizan para cocinar, según regiones del país y área), en 2011 había 13248 hogares en municipio de Cali que cocinan con leña de los cuales 13036 hogares corresponden a la zona urbana (98,4%). Según datos de la FAO, el consumo calculado para Colombia en 2007 fue de 124 kg/mes/hogar y el uso principal fue para cocción y calefacción, lo que coincide con las tendencias mundiales. Consultadas otras fuentes se encontró que la variación hacia 2011 no presenta cambios considerables por lo que se toma este valor para los cálculos de emisiones. Ver tablas a continuación.

Tabla 4.33 Encuesta Nacional de Calidad de Vida (Cuadro 14)

Hogares que preparan alimentos de acuerdo con el combustible (energía) que utilizan para cocinar, según regiones del país y área (Cabecera y resto)			
Regiones y Áreas	Total de hogares que cocinan	Leña, madera o carbón de leña	Total Hogares 2011
Valle del Cauca			
Total	1 176 686	47 535	1.271.168
Cabecera	1 028 013	13 248	1.118.548
Resto	148 673	34 287	9.744.452

Tabla 4.34 Consumo de leña en los hogares de la zona urbana de Cali

Hogares que cocinan con leña en zona urbana de Cali	13036
Consumo promedio de leña por hogar (kg/año/hogar)	1488,0
Leña consumida (t/año)	19398,0
Poder calorífico de la leña (MJ/t)	18445,0
MJ/año de leña utilizada	357788723,7

Utilizando la información anterior y los factores de emisión para la leña reportados en el Sistema de Información para la Evaluación Ambiental de Sectores Productivos, registrados en el Protocolo de Inventario de emisiones. Pág. 44 (puntuales), Tabla 33 y del documento sobre Combustión residencial de leña (Fuente <http://es.scribd.com/doc/41578179/21/Combustion-residencial-de-leña>), se determinan los valores de las emisiones cuyos resultados se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 4.35 Factores de Emisión para combustión de leña y bagazo

Factores de Emisión					
Combustible	EMISIONES (kg/1000 MJ)			Kg/TJ*	g/kg **
	SO _x	NO _x	PST	CO*	COV
Leña	0,002	0,163	0,954	20,9	13,1

Fuente: Sistema de Información para la evaluación ambiental de sectores productivos

Protocolo de Inventario de emisiones. Pág. 44 (puntuales)

* http://www.conuee.gob.mx/work/files/metod_gei_cons_evit.pdf (página 25)

Tabla 4.36 Emisiones por combustión de leña en hogares

EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE LEÑA EN HOGARES (Ton/año)				
SO _x	NO _x	PST	CO ₂	COV
0.72	58.32	341.33	40.07	254.11

4.2.2.8. RESULTADOS GENERALES PARA EL SECTOR DE COMBUSTIÓN EN FUENTES ESTACIONARIAS Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES

El sector de combustión en fuentes estacionaria genera las emisiones anuales de contaminantes criterio que se presentan en la Tabla 4.37 Emisiones generadas por el sector de combustión en fuentes estacionarias y distribución de combustible Tabla 4.37. Se observa que el 83% del valor total de las emisiones corresponde a NO_x (69%) y CO (14%) y con el mejor valor figuran SO₂ (1%) y PM₁₀ (1,3%). Ver Figura 4.14.

93

Tabla 4.37 Emisiones generadas por el sector de combustión en fuentes estacionarias y distribución de combustible

COMBUSTIÓN	Toneladas/año						
	PST	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COV	PM _{2.5}
Gas natural	6.4	2.7	0.9	28.4	141.9	11.3	10.64
Gas licuado de petróleo	2.33	0.21	0	10.59	74.14	2.75	0.21
Kerosene	0	0.21	29.71	1.05	4.18	0.05	
Gasolina	0	0	8.60E-05	1.60E-03	1.50E-04	3.65	
ACPM	15.17	4.6	652.61	22.98	919.17	0.92	
Distribución combustible	0	0	0	0	0	464.69	
Combustión de leña	341.33		0.72	0	58.32	254.11	
Total	365.23	7.72	683.94	63.02	1197.71	737.47	10.85

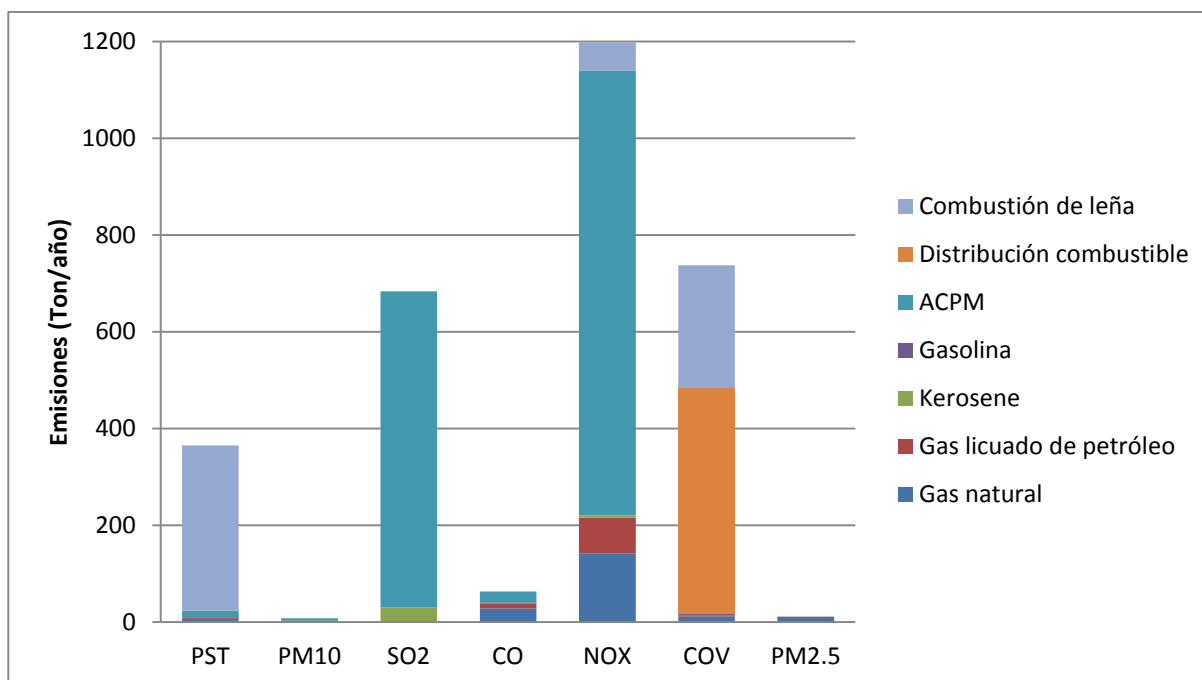


Figura 4.14 Emisiones por fuentes estacionarias

4.2.3. ESTIMACIÓN DE EMISIONES POR TRABAJOS Y EXPLOTACIÓN DE MINERALES

Este renglón de la economía incluye explotación de carbón mineral, explotación de oro, procesamiento piedra triturada y arena, construcciones civiles, vías no pavimentadas y explotación de caliza.

94

A partir de los datos más recientes de producción nacional (Anuario Manufacturero, DANE) y los factores de emisión correspondientes a los productos considerados, tomados del Protocolo nacional de emisiones del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se determinó un factor de emisión de PST, PM₁₀ y PM_{2,5} por habitante y por año para el Valle del Cauca, respectivamente. Con el factor único por sector industrial y la población total de Cali al 2011, se determinaron las emisiones totales de cada tipo de material particulado.

4.2.3.1. EXPLOTACIÓN DEL CARBÓN MINERAL

El Valle del Cauca es uno de los departamentos menos rico en carbón. Se producen aproximadamente 600 mil toneladas al año y se consumen más de 800 mil toneladas, lo que implica traer el mineral faltante de otros departamentos como Antioquia y Cundinamarca. Sin embargo tiene algunas reservas ubicadas en la cuenca del Valle del Cauca y del Cauca, que abarcan desde Yumbo hasta el sur de Popayán.

En el año 2010 la UPME y Colombia minera reportan en cero la explotación para el carbón en el Valle del Cauca por lo que en este inventario consideraremos de cero las emisiones para este año; ya en el 2011 se produce un repunte con una producción de 51406,62 toneladas en el municipio de Cali.

Para el cálculo de estas emisiones se tiene en cuenta que las principales actividades mineras en la etapa de producción son: Remoción de vegetación y capa vegetal, extracción de carbón, remoción de estéril, transporte interno de materiales y acopio de carbón y beneficio. La EPA propone los siguientes factores de emisión para procesos con datos de cada una de las operaciones registrados en la siguiente tabla.

Tabla 4.38 Factores de Emisión de PST para algunas actividades a cielo abierto en las minas de carbón

Fuente emisión	Factor de Emisión PST	Unidades	Calidad
Perforación del terreno superficial	0.590	kg/perforación hecha	C
Remoción de la capa vegetal por raspado	0.029	kg/t material removido	E
Reemplazo del terreno superficial	0.006	kg/t material	C
Carga de estériles con pala	0.018	kg/t material cargado	E
Descarga de estériles	0.001	kg/t material	E
Tren de carga	0.014	kg/t carbón cargado	E
Descarga de carbón por la parte inferior de los camiones	0.033	kg/t carbón descargado	D
Erosión de las áreas expuestas, por acción del viento	0.850	t/Ha.año	C

Fuente: Tabla 11.9-4 del AP-42 Capítulo 11.9 "Western surface coal Mining"

95

Sin embargo debido a la dificultad de relacionar los datos de perforación, material removido, reemplazo del terreno superficial, la EPA propone que la estimación de emisiones en minería de carbón utilice un factor de emisión que incluya las emisiones de PST para todas las actividades en la etapa de producción igual a: 0.1t PST/ 1000t de carbón producido.

Para calcular las emisiones de las partículas suspendidas totales (PST) usamos la siguiente ecuación:

$$EPST = A \times F$$

Donde:

A = Nivel de actividad (producción) = t /día

F = Factor de emisión = 0.1 t PST/ 1000 t de carbón producido.

Las emisiones de PST, generadas en municipio de Cali por explotación de carbón fueron de 5,14 toneladas durante el año 2011.

4.2.3.2. EXPLOTACIÓN DE ORO

La explotación de oro en el Departamento del Valle del Cauca está concentrada en los municipios de Buenaventura y Ginebra siendo muy baja comparada con otros centros mineros del país. El municipio de Cali reporta según Ingeominas para el año 2010 la explotación de 67.564 gramos de oro lo que representa una explotación muy baja comparada con los principales centros mineros del país. En la explotación del oro cualquiera que sea su método de extracción minera produce algún grado de alteración de la superficie y los estratos subyacentes, así como los acuíferos y al aire. Los impactos de la exploración y pre desarrollo, generan altas proporciones de polvo atmosférico proveniente del tráfico, perforación, excavación, y desbroce del sitio así como de la alteración superficial causada por los caminos de acceso, hoyos y fosas de prueba, y preparación del sitio.

Los montajes en algunas minas lo constituyen también tolvas, trituradoras, molinos y clasificadores que separan el material grueso del fino generando gran emisión de partículas, este material pasa a los canalones, donde se agrega sin control, cantidades de mercurio para amalgamar principalmente el oro fino. Los residuos o colas de estos canalones en muchos casos contienen importantes cantidades de oro y mercurio. En las fases de amalgamación, fundición y refinación se producen emisiones de mercurio en forma elemental y de vapor durante la separación oro-mercurio especialmente en el momento de la quema abierta, fuente de mayores emisiones.

Para los cálculos se tomaron los utilizados en estudios realizados en la Universidad Politécnica de Sao Paulo dado que en el protocolo colombiano no se han definidos claramente los factores de emisión para explotación minera; estos factores de emisión se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.39 Factores de Emisión por explotación de oro

OPERACIÓN	FACTOR EMISIÓN			
	PTS	PM ₁₀	Unidades	Confianza
Perforación húmeda	0,4	0,04	kg/t	E
Detonación (*)	961A 0,8/D1,8M1,9	0,2xPTS	libras/detonación	D
Descarga de caja de camión	0,17	0,008	kg/t	D
Descarga por cinta transportadora	0,17	0,05	kg/t	E
Descarga de cuchara de pala mecánica	29,00	n,d	kg/t	E

Fuente: Universidad Politécnica de Sao .Luis Enrique Sanchez .Control Aire 4014

Los resultados obtenidos para emisiones consideran los procesos de explotación, perforación, descarga de camiones, transporte por cinta y descarga por cuchara, estas emisiones se presentan en la tabla 38 y se puede ver que las emisiones por esta actividad son de 2015,85 gramos de partículas.

Tabla 4.40 Emisiones por explotación de oro

OPERACIÓN	PTS	PM ₁₀
Perforación	0,000027024	2,70E-06
Descarga de camión	1,15E-05	5,40E-07

OPERACIÓN	PTS	PM ₁₀
Cinta transportadora	1,15E-05	0,000003378
Descarga cuchara metálica	0,00195924	n,d
Total (Ton/año)	0,002009234	6,62E-06

4.2.3.3. PROCESAMIENTO DE PIEDRA Y GRAVA

El material que se explota en Cali proviene de una roca (diabasa o basalto) de origen volcánico con excelentes propiedades mecánicas que la hacen óptima materia prima para elaborar agregados pétreos para concretos de asfalto y cemento, sub-bases y bases para pavimentos.

En cuanto a las etapas que se llevan a cabo para la extracción de estos materiales, estas inician con la exploración en donde se localiza el depósito que puede abastecer al mercado a un precio competitivo. Posteriormente se realiza la extracción de los agregados, utilizando maquinaria pesada, los cuales son llevados a la planta de beneficio para su lavado, trituración y clasificación, quedando así listos para el envío a los centros de consumo. Las canteras mecanizadas se dedican a la producción de triturados de diferentes granulometrías y de arena como subproducto.

La actividad extractiva de estos minerales, se convierte en vital para cualquier economía, no solo porque proveen materiales irremplazables para la actividad de la construcción, sino porque es una industria que genera un número importante de fuentes de trabajo, directos e indirectos, en toda la cadena de la minería y de la construcción. En el municipio de Cali encontramos que hay canteras como microempresas hasta empresas grandes con producciones anuales desde 180m³ hasta 460.000 m³

97

La explotación consiste en arrancar el material en terrazas, lo cargan en volquetas con cargadores y lo procesan en planta de trituración donde lo clasifican según el tamaño y lavan la arena resultante del proceso en tornillos, norias y tanques de sedimentación.

La contaminación del aire está fuertemente relacionada a las zonas explotadas que presentan grandes superficies desprovistas de vegetación, generando en cada proceso gran levantamiento de partículas que son transportadas por el viento, especialmente en las épocas de verano, generando grandes nubes de polvo en suspensión, las cuales generan en la población variedad de enfermedades respiratorias.

Con la información de la cámara de comercio de Cali, los datos generados por consulta directa y las páginas de cada una de las empresas se realizaron los ajustes de densidad, calidad de materiales y cantidad explotada al año 2011. Se encontraron que en el municipio se explotan cerca de 1754209,74 toneladas anuales. Con los factores de emisión del manual de inventario de fuentes difusas del Protocolo de Inventario de Emisiones del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se realizaron los cálculos de emisiones totales para este sector y se obtuvieron que por esta actividad se producen 210,374 toneladas de material particulado. En la siguiente tabla se presentan las emisiones por proceso.

Tabla 4.41 Emisiones por proceso del sector de explotación de material pétreo

PROCESO	FACTOR DE EMISIÓN (kg/Ton) MATERIAL PROCESO	EMISIONES DE PM ₁₀ (Ton/año)
Tamizado	0,0076	13,33
Trituración	0,0012	2,11
Trituración de finos	0,075	131,57
Tamizado de finos	0,036	63,15
Banda transportadora	0,000024	0,042
Carga a camiones	0,00005	0,088
Descarga de camiones	0,000008	0,014
Perforación húmeda	0,00004	0,07
Total Cali		210,37

4.2.3.4. CONSTRUCCIONES CIVILES

El sector de la construcción es una fuente de emisión de material particulado (polvo) que puede tener un impacto temporal considerable en la calidad del aire. La construcción de edificaciones y carreteras son dos ejemplos claros de actividades de construcción con alto potencial de emisión de material particulado.

98

Las emisiones generadas durante el proceso constructivo están asociadas a actividades como descapote del terreno, movimientos de tierra (operaciones de corte, relleno, cargue, descargue y transporte de material), excavaciones, perforaciones, voladura de roca y la construcción de la estructura misma. Este tipo de emisiones varían sustancialmente y su variación depende del nivel de actividad, etapa de la construcción y las condiciones meteorológicas predominantes. Gran parte de estas emisiones provienen del movimiento vehicular generado sobre vías temporales no pavimentadas.

La mayoría de fuentes dispersas que permanecen medianamente constantes con el tiempo o siguen un ciclo anual perceptible, pero las emisiones por construcción tienen una naturaleza temporal. De acuerdo a estudios la cantidad de emisiones de polvo de operaciones de construcción es proporcional al área de tierra que está siendo trabajado y al nivel de actividad de construcción.

Por analogía a los parámetros de dependencia observados para otras fuentes fugitivas similares, se puede esperar que las emisiones por construcción estén positivamente correlacionadas con el contenido de limo en el suelo, así como con la velocidad y el peso promedio de los vehículos y este, inversamente correlacionados con el contenido de humedad en el suelo.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 1995), realizó estudios en los que se midió la concentración de partículas suspendida totales (PST) y recomienda el uso de un factores de emisión de 1.2 Ton/acre/mes, lo que equivale a 0.2965 kg/m²/mes (3,558 kg/m²/año).

Para el cálculo de la emisiones se consultó el Plan de Acción 2011 (tabla 2) de la secretaria de infraestructura y valorización para recopilar la información correspondiente al macroproyecto “El MIO y el MIOCABLE son nuestros”, la información de Camacol para el sector de la construcción de vivienda y el factor de emisiones recomendado por EPA. Los resultados de emisiones, acompañados del área construida durante el 2011, son presentados en la tabla a continuación.

Tabla 4.42 Emisiones por obras de construcción

DESCRIPCIÓN	km	m ²	EMISIONES PST (Ton/año)
Obras Civiles			
Construccion Carril vias*	100	100000	355,80
Pavimentacion vias**	7,2	28800	102,47
Construccion vias nuevas**	12,5	50000	177,90
Rehabilitacion vias*	28,8	115200	409,88
Corredores troncales*	37	148000	526,58
Otras Construcciones			0,00
Edificaciones		2648468	9423,25
Total	185,5	2648468	10995,89
Factor de Emisión PST (Ton/m ² .año)		0,003558	

* Ancho de carril-via = 1 m

** Ancho mínimo de vía = 4 m

4.2.3.5. VÍAS NO PAVIMENTADAS

De acuerdo a la EPA (2012), la cantidad de material particulado emitido por un segmento de vía no pavimentada varía linealmente con el volumen de tránsito. Estudio de campo también han mostrado que las emisiones dependen de los parámetros que caracterizan la condición de particulares de la vía y el tránsito vehicular asociado. La determinación de esos parámetros permite corregir las emisiones estimadas para las condiciones viales y de tránsito presente en vías particulares y privadas.

Cuando los vehículos viajan sobre vías no pavimentadas, la fuerza que ejercen las llantas sobre la superficie de rodadura pulverizan el material granular que la recubre. Las particular son levantadas de la superficie por las llantas mientras la es expuesta a fuertes corrientes de aire. La turbulencia generada por el vehículo en movimiento continua actuando sobre la superficie de la vía aun después de que el vehículo ha pasado (EPA, 2012).

EPA (2012) ha encontrado que el volumen de material particulado emitido por una vía no pavimentada varía directamente con la fracción de material fino (partículas cuyo diámetro es menor a 75 µm) presente en el material de la superficie de rodadura.

Para vehículos viajando sobre vías públicas, donde la mayor parte de los vehículos son livianos el factor de emisión se puede utilizar la siguiente ecuación.

$$E = \frac{k \left(\frac{s}{12} \right)^a \left(\frac{s}{30} \right)^d}{\left(\frac{M}{0.5} \right)^c} - C$$

Donde:

k, a, d y c son constantes empíricas

E = factor de emisión de material particulado de tamaño específico (lb/VMT)

s = contenido de limos o sedimentos en la superficie del camino (%)

M = contenido de humedad en la superficie del camino (%), toma valores entre 0.03 – 13%.

S = velocidad media del vehículo (mph)

C = Factor de emisión para la flota de vehículos de 1980 por uso de frenos, llantas y exhosto.

W, M y s funcionan como parámetros de corrección para ajustar los estimados de emisiones a las características locales. La conversión de lb/VMT (libras por millas viajadas) a kg/VKT (kilogramos por kilómetros viajados) se hace multiplicando por 0.2819.

100

Las constantes recomendadas por EPA (2012) y los factores de emisión obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.43 Constantes y factores de emisión calculados para viaje de vehículos por vías públicas

	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM ₃₀
C	0.0036	0.0047	0.0047
M	0.03	0.03	0.03
k (lb/VMT)	0.18	1.8	6
a	1	1	1
b			
c	0.2	0.2	0.3
d	0.5	0.5	0.3
s	4.3	4.3	4.3
E (lb/VMT)	0.04	0.42	2.79
E (Kg/VKT)	0.0111	0.1195	0.7857

Fuente: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0202.pdf> (capítulo 13.2.2 Unpaved Roads)

Aunque debido a la lluvia, las vías están sometidas a un proceso de mitigación natural que reduce el volumen de material particulado emitido por un segmento de vía, en este estudio no se considera la reducción de emisiones por esta causa.

De acuerdo a la cifras del Ministerio del Transporte, para el 2007 (valor más reciente), el país contaba con cerca de 164000 km de vías, de las cuales 16776 km hacían parte de la red primaria a cargo de la nación, con 13296 km administrados por el Instituto Nacional de Vías (INVIA) y 3380 km administrados por el Instituto Nacional de concesiones (INCO). El resto de las vías (147500 km aproximadamente) agrupan las vías secundarias y terciarias con 72761 km a cargo de los departamentos, 34918 a cargo de los municipios y 27577 a cargo del INVIA y 12251 km de vías privadas.

Con base en valoración del 79.6% del total de las vías a cargo de la nación, se estableció que en el 2007 se contaba con 9995 km de vías pavimentadas y 3312 km de vías no pavimentadas (en afirmado). En el 2008, el INVIAS reportó que de la vías pavimentadas, 56.4% se encontraba en buen estado, 28.9% en estado regular y 14.7% en mal estado. Respecto a las vías no pavimentadas, para el mismo periodo se reportó que el 17.6% se encontraban en buen estado, 44.6% en estado regular y 37.9% en mal estado, siendo las vías no pavimentadas un 75.8% del total.

Aunque entre el 2002 y el 2008 el país logró incrementar el número de kilómetros pavimentados en 5910 km, datos actuales muestran que las condiciones de la infraestructura vial ha desmejorado en los últimos años, reportando que en el 2012., el 47,6% las vías pavimentadas se encuentran en buen estado, 29.1% en estado regular y el 23.3% en mal estado. Para este periodo, el porcentaje de vías no pavimentadas que corresponde al 24.7% de la red vial nacional, muestra que 6% se encuentra en buen estado, 32% en estado regular y 62% en mal estado.

101

En el Departamento del Valle se reportan un total de 2210 km de carretera de las cuales solamente 915.17 km se encuentran pavimentadas, 1082.71 km se encuentran en afirmado y 212.47 en tierra. Del total de vías pavimentadas en el Valle, el INVIAS tiene a su cargo 261.13 km, de los cuales el 63.4% e encuentran en buen estado, 30.6% en estado regular y 6% en mal estado. Por su parte, los volúmenes de tránsito en una vía están relacionados con el desarrollo y crecimiento de la zona de influencia. Los estudios sobre volúmenes de tránsito buscan estimar el número total de vehículos que transitan un segmento vial durante un lapso de tiempo determinado.

Con base en esta información, el INVIAS determina los kilómetros recorridos por el total de vehículo que circulan por una vía durante un año, lo que representa el grado de utilización de la red vial. Esta información generalmente se usa para calcular el consumo de combustible, la contaminación generada por el transporte rural y para identificar los tramos de la red que requieren pavimentación o ampliación. Con base en mediciones hechas sobre 57 estaciones que se tienen instaladas en el Departamento del Valle, el INVIAS reporta un total de 1828 millones de kilómetros recorridos. La distribución de los viajes por tipo de vehículo se presenta en la Tabla 4.44.

Considerando que el volumen de vehículos y en particular el número de kilómetros recorrido es un indicativo del desarrollo de una región, su distribución se hace tomando como base la población, la cual se considera el resultado del nivel de desarrollo y posibilidades de empleo que ofrece una región. La Tabla 4.45 muestra los resultados.

Tabla 4.44 Vehículos km/año en el departamento del Valle del Cauca

	Clasificación	km/año
Autos	Automóvil,	1.007.274.991
	Campero,	
	Camionetas,	
	Microbuses	
Buses	Busetas	248.482.776
	Bus	
	Bus metropolitano	
Camiones	C₂P:	127.663.796
	Camiones de 2 ejes pequeño	
	C₂G	151.809.684
	Camiones de 2 ejes grande	
	C₃ y C₄	75.167.040
	Camiones C ₃	
	Camiones C ₄	
	Tracto Camiones C ₂ – S ₁	
	Tracto Camiones C ₃ – S ₁	
	Tracto Camiones C ₂ – S ₂	
	C₅	70.508.516
	Tracto Camiones C ₃ – S ₂	
	> C₅	145.735.488
	Tracto Camiones C ₃ – S ₃	
	Total Camiones	570.884.524

Para el cálculo de las emisiones por vías no pavimentadas, también se realizó un ajuste con el número de vías no pavimentadas que existen en Cali, como el total de kilómetros de la malla vial es 2418.5 km y 121,2 km pertenece a los kilómetros sin pavimentar, entonces se multiplicó por 5%, el cual pertenece al perímetro urbano.

Tabla 4.45 Emisiones por vías no pavimentadas

Vehículo	km/año				Emisiones (t/año)	
	Autos	Buses	Camiones (C ₂ P)	Total	PM _{2.5}	PM ₁₀
km/año	25452040,39	6278716,05	14425232,52	46155988,96	512,79	5515,64

<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/final/c13s0202.pdf> (capítulo 13.2.2 Unpaved Roads)

4.2.3.6. EXPLOTACIÓN DE PIEDRA CALIZA

Realizadas las consultas en diferentes fuentes como Colombia minera, UPME, Ingeominas del Valle del Cauca, Cámara de comercio de Cali y consultas directas por teléfono, encontramos que dentro del municipio de Cali no hay extracción de Caliza. Los puntos más cercanos de explotación se encuentran en Yumbo (San Marcos y las minas de cementos Argos); debido a la distancia de estos sitios a la ciudad de Cali, no hay impacto en la ciudad de Cali por emisiones atmosféricas debida a esta actividad.

4.2.3.7. RESULTADOS GENERALES DEL SECTOR DE TRABAJOS DE EXPLOTACIÓN DE MINERALES

La siguiente tabla y figura registran las emisiones totales correspondientes a los procesos de trabajo de explotación de minerales. Las emisiones totales generadas por este sector corresponden a material particulado, en dónde se emite en mayor proporción el total seguido del de menor a 10 micras.

Las vías destapadas y el incremento de la circulación de vehículos por ellas, aportan la mayoría de las emisiones de material particulado. En la medida que se realicen reparachos y pavimentación de nuevas vías para integrarlas al sistema masivo de transporte, se lograra reducir considerablemente estas emisiones.

Las vías no pavimentadas son las causantes de la mayoría de emisiones de PM₁₀ y PM_{2.5} y las construcciones aportan casi el 100% de las emisiones de PST. Aunque las demás actividades no aporten porcentajes significativos no quiere decir que estas no los generen sino que este tipo de actividades no se desarrollan con vigor en Cali.

Tabla 4.46 Emisiones de material particulado por trabajos y explotación minera

ACTIVIDAD	PST	PM10	PM2.5
EXPLOTACIÓN DEL CARBÓN MINERAL		5.14	
EXPLOTACIÓN DE ORO	0.0020092	6.62E-06	
PROCESAMIENTO DE PIEDRA Y GRAVA		210.37	
CONSTRUCCIONES CIVILES	10995.89		
VÍAS NO PAVIMENTADAS		5515.64	512.79

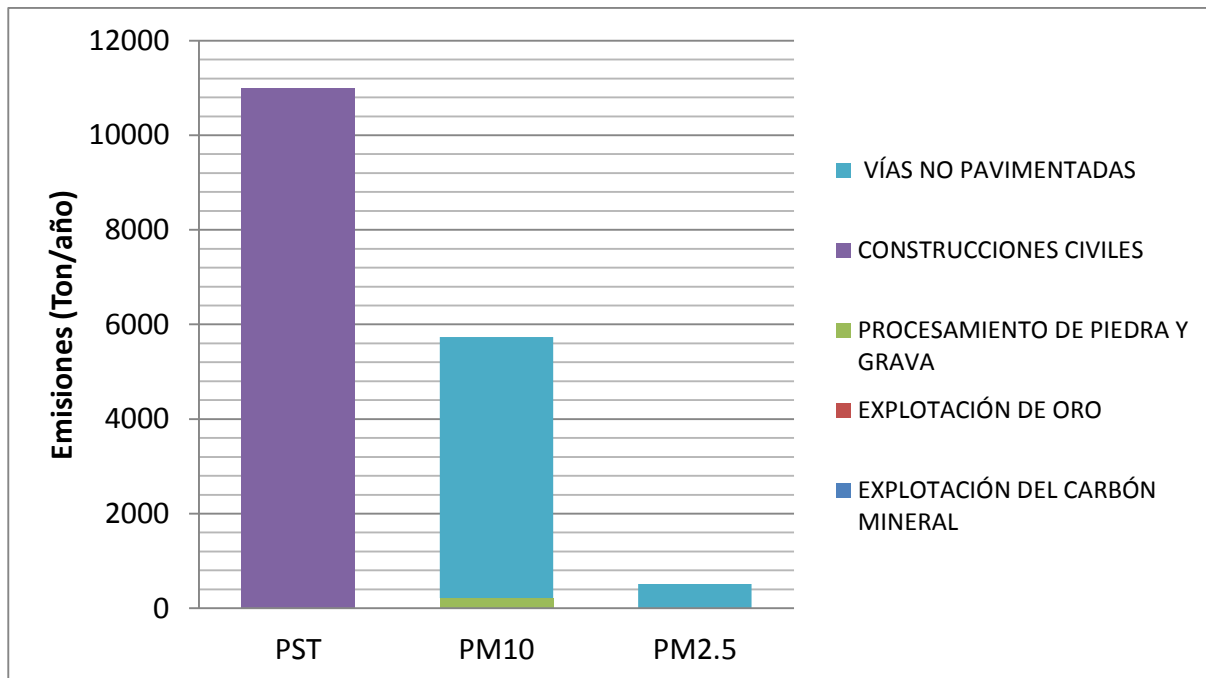


Figura 4.15 Relación porcentual de emisiones de material particulado por trabajos de explotación de minerales

4.2.4. ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA EL SECTOR AGRÍCOLA Y PECUARIO

En este sector se incluye el sacrificio de ganado vacuno y porcino y el sacrificio y beneficio de aves de corral y quema de caña. La siguiente tabla registra el inventario de sacrificio de ganado bovino y el número total de aves reportadas durante 2011 para el departamento del Valle del Cauca y el municipio de Cali.

104

Tabla 4.47 Inventario sacrificio de ganado y número de aves

DESCRIPCIÓN	LUGAR	ANIMALES SACRIFICADOS	PESO EN kg/Ton
Bovinos	Valle	406289	56479,498
	Cali	49000	23100
Porcinos	Valle	357289	33379,498
	Cali		
Aves*	Valle	82423087	
	Cali	31205969	

Fuente: Sistema Nacional de Recaudo ASOPORCICULTORES-FNP

1Matadero de Carnes y Derivados de Occidente Sacrifica ganado externo al municipio de Candelaria

*Total Aves

4.2.4.1. GANADO BOVINO Y PORCINO

Las plantas oficiales de beneficio de especies bovina, porcina, búfala y de aves de corral son establecidas por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). Dentro de ellas se encuentra la Central de Sacrificio de Florida (025P), Carnes y Derivados de Occidente (152P) y Frigoccidente Ltda. (304P), ubicadas en los municipios de Florida, Candelaria y Zarzal respectivamente.

(http://web.invima.gov.co/portal/documents/portal/documents/root//resolucion_plangradual_dec1500.pdf)

Para el proceso de sacrificio de ganado, los factores de emisión se encuentran en el anexo FP-1 “Indicadores de desempeño ambiental relacionados con emisiones atmosféricas clasificados por tecnología” del Protocolo de Emisiones de Fuentes Puntuales, pagina 107, donde se relacionan los valores en kg/t ganado: NOx: 0,2; SOx: 1,163244 y PST: 0,07666 para matanza de ganado mayor tanto bovino como porcino.

Cali no cuenta con matadero municipal, por lo que el sacrificio de ganado se realiza en el municipio de Candelaria, razón por la cual no se calculan emisiones por esta actividad.

4.2.4.2. AVÍCOLAS

La mayoría y más grandes plantas de beneficio de aves de corral se encuentran concentradas en las zonas rurales de los municipios de Candelaria, Palmira y Pradera. Cali no cuenta con avícolas en el municipio, razón por la cual no se calculan emisiones por esta actividad.

Un caso interesante lo constituye la Pollos Bucanero (Candelaria) es la tercera empresa más grande de Colombia, con un beneficio promedio diario de 9000 pollos. La empresa tiene un núcleo productivo de 148 hectáreas en Restrepo (Valle del Cauca), que producen 100 mil huevos diarios, los cuales son trasladados a la planta de incubación en el municipio de Ginebra, asegurando un abastecimiento de más de 3 millones de huevos por mes y 30 millones de pollitos al año.

105

Las plantas de sacrificio de aves presentan problemas de olores desagradables, producto de la actividad bacteriana sobre los diferentes desechos orgánicos. Estas emanaciones se pueden controlar realizando una recolección y un tratamiento rápido y eficaz de los distintos desechos. Además hay producción de olores ofensivos de la gallinaza y pollinaza debido a la inadecuada disposición y manejo de galpones en las granjas y a la posible quema de residuos de aves

La publicación del sector agropecuario y ganadero Ihope presenta los factores de emisión anuales en kilogramo por ave ponedora):

$\text{CH}_4 = 0,032;$

$\text{PM}_{10} = 0,09$

$\text{N}_2\text{O} = 0,0165.$

(http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-6172/es/contenidos/manual/eprtr/es_guia/adjuntos/agroalimentario.pdf)

Las emisiones generadas por este renglón económico corresponden a Metano (CH₄), Amoniaco (NH₃) y Óxido Nitroso (N₂O) que no se catalogan como contaminantes criterio y están fuera del alcance y de la zona geográfica en estudio.

4.2.4.3. RESULTADOS GENERALES PARA EL SECTOR AGRÍCOLA Y PECUARIO

Los valores totalizados en la Tabla 4.48 y representados porcentualmente en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, indican que la quema de caña es la responsable de todas las emisiones atmosféricas en este sector. Dentro de las emisiones se destaca el CO con el porcentaje mayor (55,07%). Es de notar que las emisiones correspondientes a sacrificio de ganado y beneficio de aves de corral no se incluyen por estar presentes en la zona rural del municipio de Cali.

Tabla 4.48 Emisiones del sector de agricultura y ganado

Subsector	Toneladas/Año						
	PST	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COV	PM _{2.5}
Sacrificio de ganado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sector avícola	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Quema de caña	54,70	54,70	6,05	249,00	20,94	18,00	48,80
Total	54,70	54,70	6,05	249,00	20,94	18,00	48,80
%	12,10	12,10	1,34	55,07	4,63	3,98	10,79

106

4.2.5. ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA SECTORES VARIOS

Este sector recoge varias actividades tales como Panaderías, Industria de la madera, Producción de panela, Producción de textiles y Combustión residuos vegetales. Algunas de estas actividades se concentran en las zonas aledañas al municipio de Santiago de Cali por lo que solo se hará una descripción ya que las emisiones generadas se ubican en la zona rural del municipio.

4.2.5.1. Panaderías

En esta categoría se incluyen las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) resultantes del proceso de fermentación de la levadura de los productos de panadería. Dentro del conjunto de COV, el etanol corresponde a la emisión más importante. En los procesos de las panaderías artesanales las emisiones atmosféricas son muy pequeñas debido al rápido proceso de fermentación. La siguiente figura registra la ubicación de las panaderías presentes en Santiago de Cali.

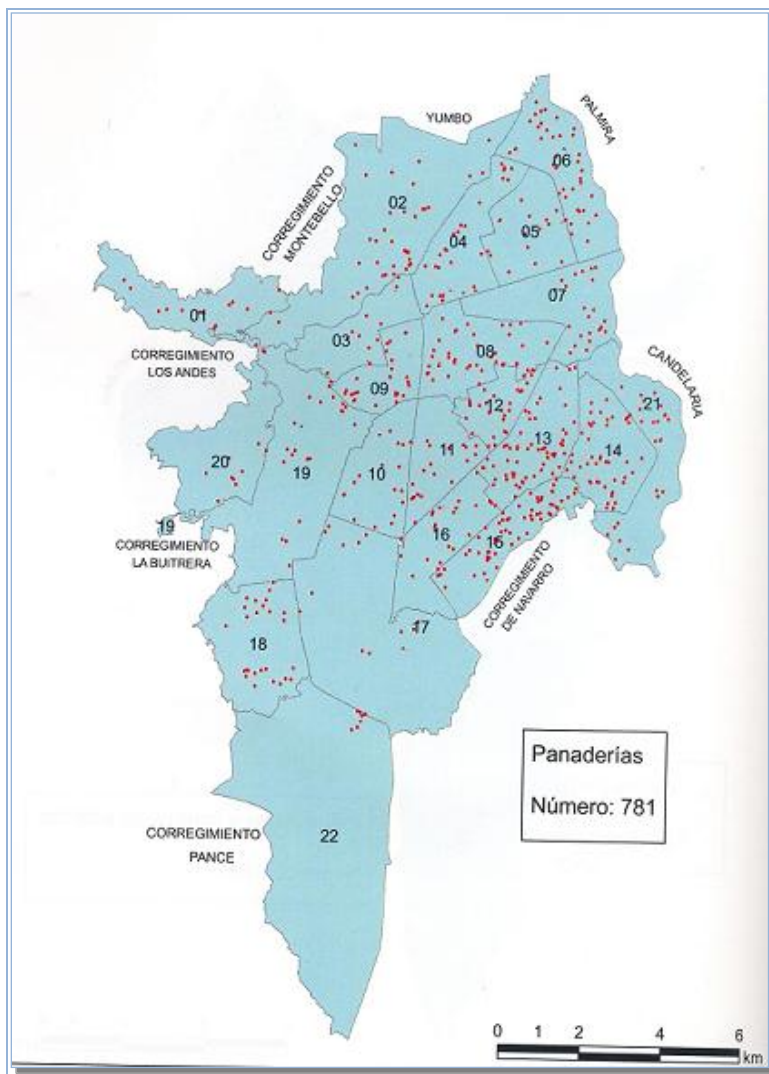


Figura 4.16 Distribución de Panaderías en Cali

Fuente: Observatorio económico y social del Valle del Cauca

De acuerdo a un estudio de la Federación Nacional de Comerciantes (FENALCO), Colombia es el menor consumidor de pan de Latinoamérica con 24 kilos al año por persona, comparado con 96 kilos al año que consumen los chilenos, o 28 kilos al año que consumen los peruanos*. Esta información conjuntamente con los factores de emisión reportados por EPA y la estimación de población de 2.232.996 habitantes a 2011*** para el municipio de Santiago de Cali permiten obtener las emisiones de COV (toneladas/año) para este sector productivo, mediante la siguiente relación:

$$E = C_p \times F_P \times P$$

Donde:

EP: emisiones (kg/día).

Cp: consumo per cápita anual de pan = 24 kg/hab.año

P: población del municipio = 2.232.996 hab

FE: factor de emisión (5 kg COV/1000 kg pan elaborado)**

* Entrevista al Dr. Guillermo Botero presidente de Fenalco Caracol TV, junio 25 de 2011

**Factor de emisión tomado del Protocolo de Inventario Fuentes Difusas, pág. 24-25

*** DANE

$E = (24 \text{ kg pan/ hab.año}) \times (5 \text{ kg COV/1000 kg pan}) \times (2.232.996 \text{ hab})$

$E = 267959,52 \text{ kg COV/año} = 267,96 \text{ t/año}$

Lo que indica que el sector de panadería emite anualmente 267,96 (\approx 268) toneladas de compuestos Orgánicos Volátiles a la atmósfera.

4.2.5.2. ASERRADO Y ACEPILLADO DE LA MADERA

Los principales productos o subsectores de la industria de madera en Colombia en el 2010 fueron : láminas de madera aglomerada (19%), tableros de madera aglomerada (18%), madera aserrada (18%), puertas de madera (8%), madera contrachapada (7%), accesorios de madera para transporte (5%).

El crecimiento de la industria de madera en el 2010 fue del 1,9% según el Dane. Este bajo crecimiento durante este año esta explicado especialmente por la fuerte y creciente competencia de productos provenientes de China. Un componente adicional que afecto el dinamismo del sector en los últimos años fue la disminución en la oferta de su principal materia prima –la madera– debido al impacto del invierno sobre las vías de acceso para el transporte de la misma.

108

Debido a que a nivel nacional la producción de diferentes elementos de madera y en general piezas de uso cotidiano se realiza a nivel de pequeñas empresas (con pocas excepciones), no es posible la cuantificación de cada una de estas fuentes como emisoras puntuales de contaminantes, razón por la cual son incluidas dentro de las fuentes dispersas.

Para efectos de impacto al aire la actividad relacionada con el corte (aserrío), lijado y ensamblaje de piezas de madera es la que genera principalmente las emisiones de material particulado (PST, PM10), dichas emisiones se presentan en forma de aserrín o también de partículas de madera de mayor tamaño, razón por la cual será la actividad a tener en cuenta.

Para efectuar los cálculos para madera aserrada en el municipio de Cali se realizó un inventario del número de empresas relacionadas con la actividad, teniendo en cuenta el reporte de ventas según cámara de comercio de cada uno de las empresas al año 2010. Con este reporte de ventas y el informe del ICA se estableció que el precio promedio de madera aserrada por metro cubico en \$1239,87, obteniéndose un volumen de 289.866,7 m³ de madera aserrada y lijada.

Para los cálculos se tomaron los factores de emisión que corresponden a los registrados en Manual de Inventario para Fuentes Difusas (5.4.3, pág. 28) que involucran el proceso de lijado y aserrado según la

tabla a continuación donde también se muestran las emisiones generadas fueron de 6,30 toneladas de PST y 4,53 toneladas de PM₁₀.

Tabla 4.49 Emisiones para el sector de acerrado y lijado de madera

PROCESO	FACTOR DE EMISIÓN kg/m ³ *		Emisiones (t/año)	
	PST	PM10	PST	PM10
Aserrado	0,00363	0,00737	1,05	2,14
Lijado	0,01810	0,00825	5,25	2,39
Total (Ton/año)			6,3	4,53

(*) Manual Inventario fuentes difusas (5.4.3, pag. 28)

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

4.2.5.3. TRILLA DE ARROZ

La trilla del arroz es un proceso agroindustrial que presenta varias etapas donde se generan diferentes emisiones: secado, almacenamiento, separación y limpieza; el proceso de almacenamiento es quien presenta la mayor producción de material particulado.

Para este proceso no se registran trilladoras dentro de la ciudad por lo que esta fuente de área se considerara con emisiones de cero. Para llegar a esta afirmación se revisó la información Agro-Valle, Agronet, cámara de comercio de Cali y la información del DANE.

4.2.5.4. QUEMA DE CAÑA

En el departamento del Valle del Cauca una de las principales fuentes de desarrollo económico es el cultivo y procesamiento de la caña de azúcar, se hace en forma continua durante todo el año y no en forma estacional o por zafra como lo es en el resto del mundo.

Debido a que la cosecha de caña por quema controlada produce una gran cantidad de empleos entre las comunidades locales, esta práctica todavía es usual en los diferentes ingenios. La quema de la caña de azúcar se efectúa para eliminar residuos vegetales, malezas y alimañas que interfieren en la cosecha de tallos, aumentando la eficiencia de la labor.

Un estudio realizado por la Universidad de los Andes, utilizando la metodología del Ciclo de Vida del Producto, encontró que “la quema de biomasa emite a la atmosfera polvo o sustancias orgánicas que contribuyen al smog, así como SO₂ que al sumarse con el agua y el vapor de agua se convierte en SO₄ que se precipita a la tierra en forma de lluvia acida

Así, Asocaña logró establecer que la quema de caña explica en gran medida el aumento en la atmósfera de partículas menores de diez micras (PM₁₀), es decir, aquellas que son tan pequeñas como para que sean respirables y que son consideradas como altamente contaminantes.

Esta quema se realiza utilizando quemadores manuales o quemadores de tractor (lanza - llamas). Los primeros funcionan por goteo, dejando caer gotas de combustible (gasolina) encendidas que prenden fuego a la caña. Los segundos, utilizan ACPM (Diesel) para generar llama (Fuente ASOCAÑA, 2012). Según el informe anual 2010-2011 Ministerio de agricultura se presentan las hectáreas de cultivo cosechadas y las toneladas de caña generadas.

Con la información condensada en la tabla a continuación y los datos obtenidos se realizan los cálculos con los factores de corrección pertinentes y se toman como kilogramos de masa quemada

Tabla 4.50 Factores de corrección para quema de caña

Producción anual de biomasa (g)	1514811010
Residuo del cultivo	0,8
Porción de residuo quemado	0,03
Porción de materia seca	0,62
Eficiencia de quemado	0,93
Eficiencia de la combustión	0,88
Materia seca" Combusted" lb	18447053,4
Materia seca" Combusted" kg	8367583,42

Fuente: Cenicaña –CVC. Consulta directa

Una vez establecidas los kilogramos de materia seca quemada trabajamos con los factores de emisión que se reportan en la siguiente tabla.

110

Tabla 4.51 Factores de emisión por quema de caña (Ton/kg)

PST	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	SO ₂	NO _x	NO	COV
5,60E-06	5,40E-06	5,00E-06	2,55E-05	6,20E-07	1,49E-06	6,60E-07	1,84E-06

Con la información sobre superficie plantada en los municipios del Valle del Cauca del Ministerio de agricultura y desarrollo (URPA), así como la información sobre biomasa quemada, registrado en el documento http://www.oei.es/salactsi/uvalle/gde_tema13.htm, se estimaron las emisiones de material particulado, Monóxido de Carbono, Óxidos de Azufre y Compuestos orgánicos volátiles, resultando que el mayor contaminante corresponde al CO de Carbono (46%) seguido de los compuestos orgánicos volátiles (32%), material particulado con un (21%) y de SO₂ con un 1% según como se observa en la siguiente figura.

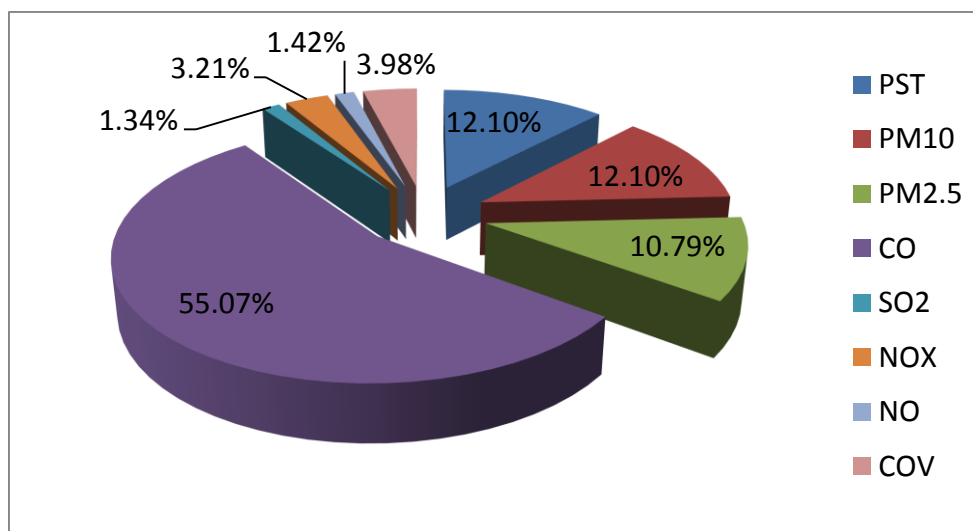


Figura 4.17 Distribución porcentual de emisiones atmosféricas por quema de caña de azúcar

Las emisiones obtenidas en todo el proceso de incendiado y quema se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.52 Emisiones por quema de caña de azúcar (Ton/año)

PST	PM10	PM2,5	CO	SO2	NOX	NO	COV
54,70	54,70	48,80	249,00	6,05	14,50	6,44	18,00

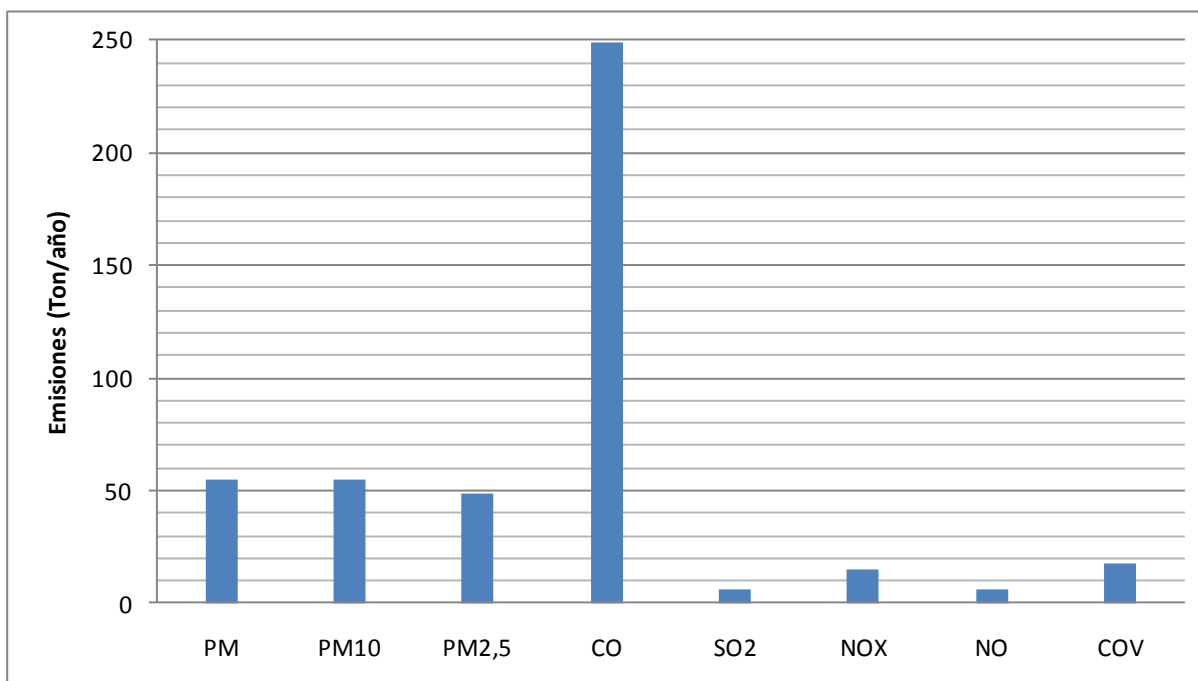


Figura 4.18 Emisiones por quema de caña de azúcar

4.2.5.5. PRODUCCIÓN DE PANELA

Los trapiches en su mayoría son empresas pequeñas y medianas, artesanales y muy contaminantes del recurso hídrico por las descargas de aguas residuales sin tratamiento con altos contenidos de DBO. La panela es el producto obtenido al deshidratar los jugos de la caña mediante la utilización de calor.

El impacto causado a la atmósfera consiste principalmente en la emisión de gases producto de los motores de combustión interna para accionar los molinos en el proceso de molienda y en los hornos por la utilización de bagazo de la caña y leña principalmente.

Las emisiones de trapiches para efectos de contabilización en un inventario de emisiones pueden asumirse como fuentes fijas puntuales o como fuentes de área en el caso en que se tengan gran cantidad de fuentes dispersas en todo un municipio, es el caso del Departamento del Valle del Cauca.

El documento sobre cultivos permanentes de la Secretaría de Agricultura y Pesca, con base en información suministrada por los Gremios del Sector, las SEDAMAs y las UMATAs, no registra información de siembra, cosecha y producción de caña panelera para el municipio de Santiago de Cali. Estos cultivos se encuentran en gran proporción en las zonas rurales de los municipios de Candelaria (22,61%) y EL Cerrito (10,44%).

4.2.5.6. QUEMA DE RESIDUOS VEGETALES

Los residuos vegetales, resultado de podas o mantenimiento de zonas verdes son responsabilidad de municipio, pero éstos no están llevando esos desechos a los sitios de disposición final, por su peso, ocupación de espacio y volumen. Esta situación podría conducir a la quema de los mismos en los distintos sectores de la ciudad.

Para la zona urbana de Cali, el DAGMA ha establecido la prohibición de quemas de todo tipo de residuos vegetales. Estos deben ser dispuestos en los sitios autorizados por la autoridad ambiental. Actualmente el municipio cuenta con 14 millones 200 mil metros cuadrados de zonas verdes.

La Resolución 532 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Abril 26 de 2005), establece requisitos, términos, condiciones y obligaciones para las quemas abiertas controladas en áreas rurales en actividades agrícolas y mineras. *Queda prohibida la quema de bosque natural y de vegetación natural protectora en todo el territorio nacional.*

4.2.5.7. RELLENO SANITARIO

En la siguiente tabla se pueden observar las características del botadero de Navarro.

Tabla 4.53 Características del botadero Navarro

MODULO	EXTENSIÓN (Ha)	PROFUNDIDAD (m)	AÑO INICIAL	AÑO FINAL	CAPACIDAD DE RESIDUOS DISPUESTO (Ton)	OBSERVACIONES
Zona Antigua (Cerro antiguo)	17	20	09/01/1970	30-09-2001	9.043.000	(1800 Ton-residuos /día) Derrumbe del cerro antiguo en el año 2001, razón por la cual se cierra este año, pero legalmente funciona hasta el año 2003
Zona transitoria Vasos 1	13	17	10/01/2001	31-10-2002	452.038	
Zona transitoria Vasos 2		17				
Zona transitoria Vasos 3		17				
Zona transitoria Vasos 4		18	09/01/2002	28-02-2003	304.134	
Zona transitoria Vaso 5		18	03/01/2003	14-09-2004	1.407.765	
Zona transitoria Vasos 6		18				
Zona transitoria Vasos C		18				
Zona transitoria Vasos D		17	15-09-2004	30-09-2007	1.780.888	
Zona transitoria Vasos F		17				
Zona Nueva Vaso 7	2		10/01/2007	25-06-2008	477.829	

Para determinar las emisiones del Botadero de Navarro se aplicó la metodología descrita en el manual de inventario de emisiones para fuentes difusas. Este manual indica que para determinar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles se hace necesario primero determinar las concentraciones de metano y partiendo este valor se determinan las concentraciones de los COVs de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q_{COVs} = 1.82Q_{CH_4} * \sum \frac{C_p}{10^6}$$

Donde:

Q_{COVs} : emisión de compuestos orgánicos volátiles $m^3/año$

Q_{CH_4} : emisión de metano $m^3/año$

C_p : Sumatoria de las concentraciones de todos los contaminantes NMOC en el relleno (ppmv)

Para determinar las emisiones de COVs en Toneladas año se aplica la ecuación que se muestra a continuación:

$$UM_{COVs} = Q_{COVs} * ((MW_p * 1 atm) / (8,205 \times 10^{-5} * 1000 * (273 + T)))$$

Donde:

UMCOVs: Emisión de COVs Ton/año

MWp: Peso molecular del contaminante (4161,72 g/gmol)

T: Temperatura del relleno en °C

114

En la siguiente tabla se observan las emisiones generadas por el Relleno Sanitario.

Tabla 4.54 Emisiones Relleno Sanitario

MODULO	CH4 (Ton/año)	VOCs (Ton/año)	CO2-eq (Ton/año)
Zona Antigua (Cerro antiguo)	1,360.54	914.13	28571.27
Zona transitoria Vasos 1	257.85	173.25	5414.80
Zona transitoria Vasos 2	257.85	173.25	5414.80
Zona transitoria Vasos 3	257.85	173.25	5414.80
Zona transitoria Vasos 4	591.85	397.66	12428.88
Zona transitoria Vaso 5	842.95	566.37	17701.85
Zona transitoria Vasos 6	842.95	566.37	17701.85
Zona transitoria Vasos C	842.95	566.37	17701.85
Zona transitoria Vasos D	5,213.81	3503.12	109490.06
Zona transitoria Vasos F	5,213.81	3503.12	109490.06
Zona Nueva Vaso 7	4,501.25	3024.35	94526.22
TOTAL	20,184	13561.21	423856.46

4.2.5.8. EMISIONES DE CO₂

Para realizar la estimación de emisiones de gas CO₂ por combustión, pueden llevarse a cabo diferentes cálculos con niveles de precisión dependiendo de la calidad y detalles que se tengan de los combustibles utilizados. En general las emisiones de CO₂ por combustión dependen del contenido de carbono del combustible utilizado y son independientes de la tecnología de combustión empleada.

El método utilizado en este trabajo consiste en definir el tipo de combustibles que se utilizan y revisar sus características energéticas. El poder calorífico de cada uno se tomó de la página de la Upme en el documento “proyección y demanda de combustibles”. Estos aparecen en la siguiente tabla.

Tabla 4.55 Poder calorífico de combustibles

ENERGETICO	PODER CALORÍFICO Btu/gal
Gasolina corriente	117,94
Gasolina extra	119,64
Diesel	83,93
Kerosene	150,00
Gas Natural	31,799.84
GLP	92,00

Fuente: Upme “proyección y demandade combustibles. tabla B2

115

Los factores de emisión para combustión de energéticos en kg/Tj se tomaron del CONUUE “Metodologías para la cuantificación de emisiones de gases efecto invernadero”, tabla 1 y se registran en la siguiente tabla

Tabla 4.56 Factores de emisión de CO₂ por combustión

ENERGETICO	FACTOR DE EMISIÓN (kg/TJ)deCO2
Gasolina corriente	69,3
Gasolina extra	71
Diesel	71,1
Kerosene	71,9
Gas Natural	56,1
GLP	63,108

Con los factores de emisión convertidos a kg /TJ y el poder calorífico pasado de Btu /gal a TJ/gal realizamos los cálculos de emisiones multiplicándolos por los datos de consumos correspondientes a fuentes de área según la siguiente tabla.

Tabla 4.57 Emisión de CO₂ por uso de combustibles fósiles

ENERGÉTICO	GALONES CONSUMIDOS	TONELADAS DE CO ₂ EMITIDOS
Gasolina corriente	1331555,709	0,011
Gasolina extra	886181,802	0,008
Diesel	2217737,511	0,014
Kerosene	461330,000	0,005
Gas Natural	23423249669,749	184,439
GLP	6456397,184	0,040
Total * combustión	2,3435E+10	184,517

Se observa que la mayor proporción de CO₂ emitida por fuentes de área es por uso de gas natural tanto comercial como domiciliario. El cálculo de CO₂ por consumo de leña fue de 40,07 toneladas

4.2.6. RESULTADOS DE EMISIONES TOTALES

4.2.6.1. EMISIONES TOTALES POR SECTOR

En la Figura 4.19 y Figura 4.20 se observa que las principales emisiones son de material particulado, generado por trabajos de explotación minera, y compuestos orgánicos volátiles, generados por el uso de solventes y por el relleno sanitario.

116

Tabla 4.58 Emisiones totales por fuentes de área

SECTOR	Toneladas/Año							
	PST	PM10	SO2	CO	NOX	COV	CO2	PM2.5
Uso de solventes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5147.48	0.00	0.00
Combustión en fuentes estacionarias	364.87	8.99	684.11	73.37	1160.97	720.80	224.587	11.14
Trabajo y explotación de minerales	10995.89	5731.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	512.79
Agricultura y pecuaria	54.70	54.70	6.05	249.00	20.94	18.00	0.00	48.80
Varias	6.30	4.53	0.00	0.00	0.00	13829.17	0.00	0.00

SECTOR	Toneladas/Año							
	PST	PM10	SO2	CO	NOX	COV	CO2	PM2.5
Total	11421.76	5799.37	690.16	322.37	1181.91	19715.46	224.59	572.73

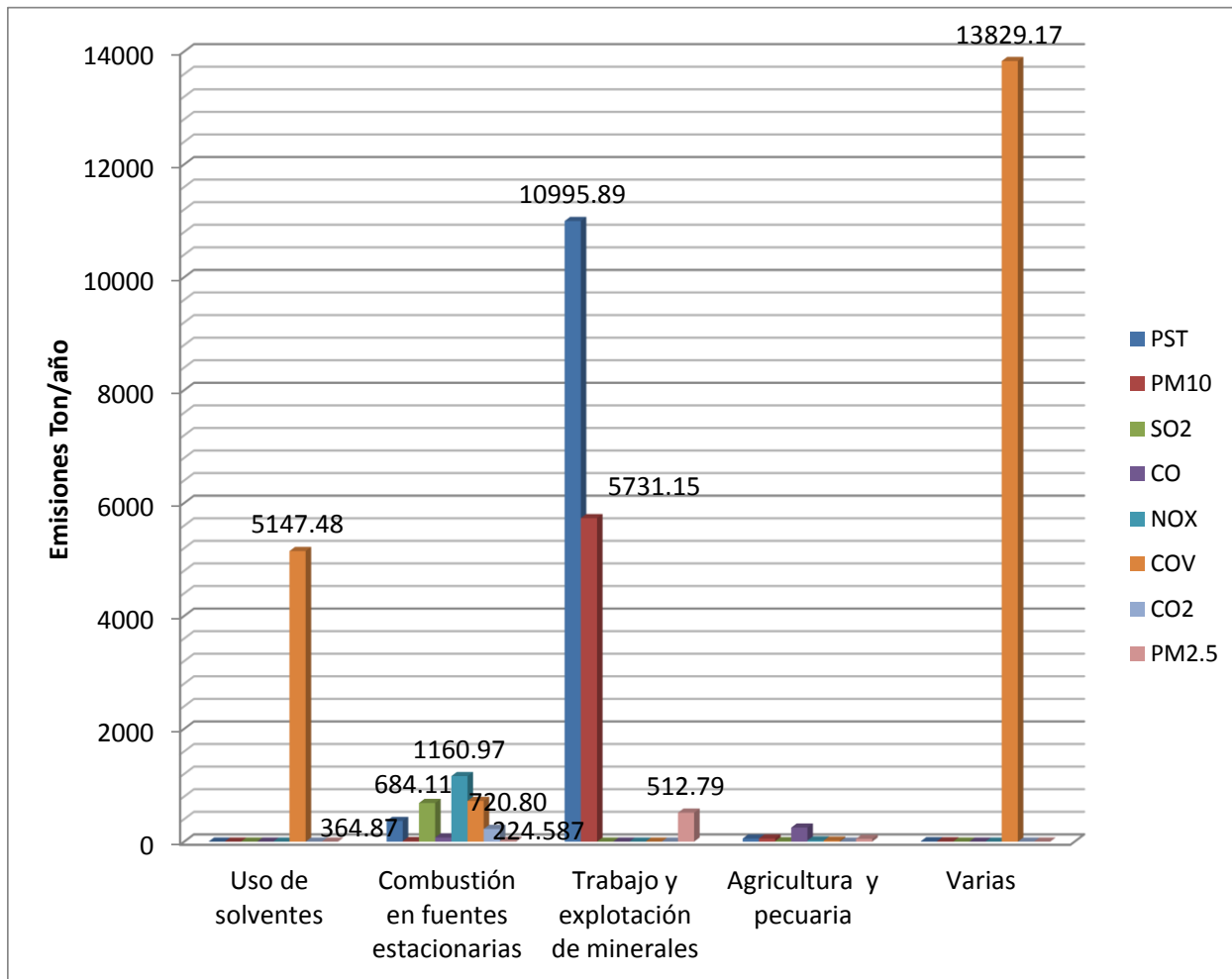


Figura 4.19 Emisiones totales de contaminantes por fuentes de área

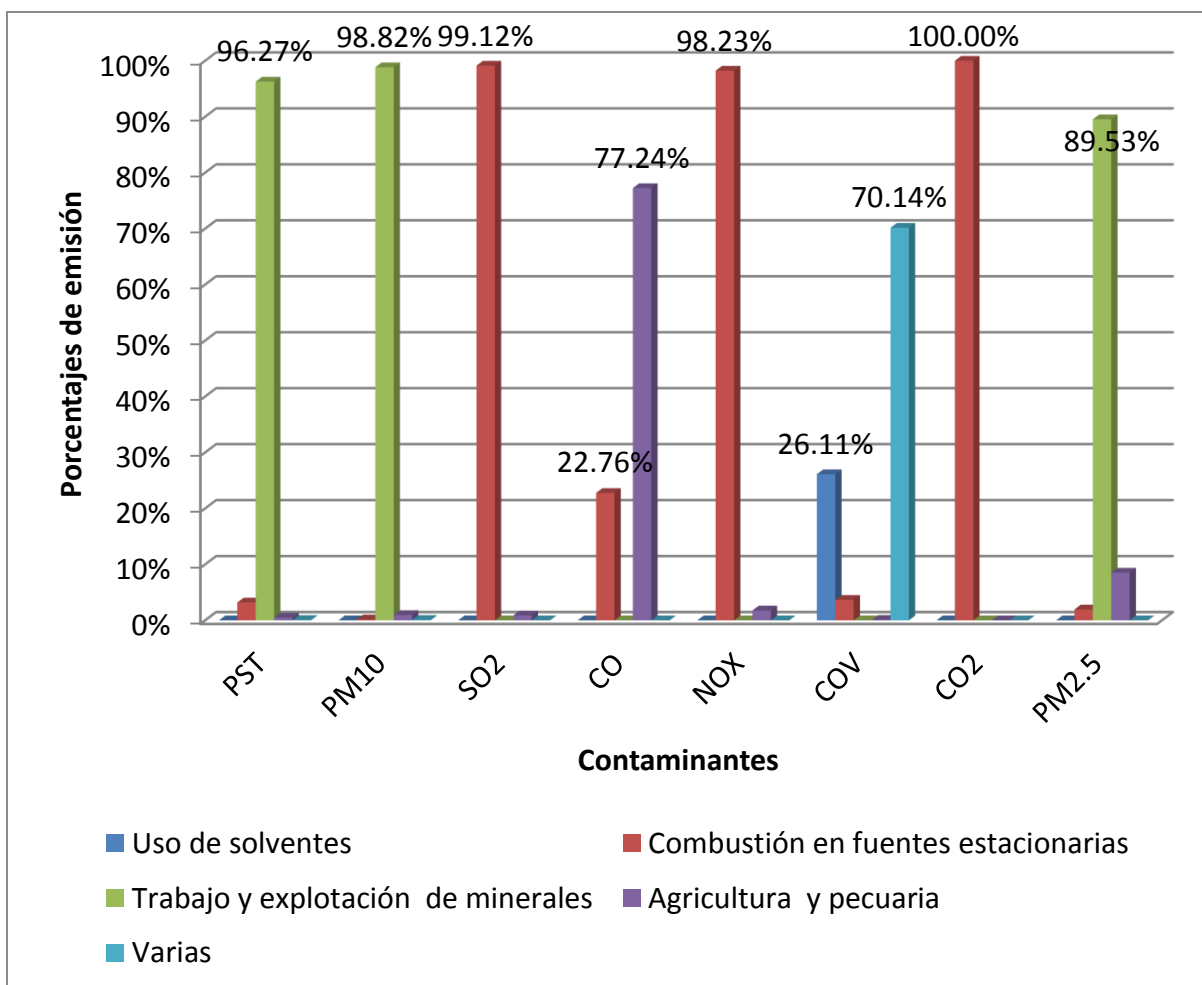


Figura 4.20 Porcentajes de emisión de contaminantes por sector industrial

4.3. FUENTES MÓVILES

Según información suministrada por la Secretaria de tránsito del municipio de Santiago de Cali el parque automotor ha tenido un crecimiento durante los últimos años lo que indica la gran problemática asociada a la movilidad y por lo tanto la afectación sobre la calidad del aire que respiran sus habitantes. En este sentido, el presente proyecto de consultoría llevo a cabo la caracterización de la flota vehicular en once vías principales con el objeto de calcular las emisiones y contaminantes representativos generados por esta importante fuente de contaminación atmosférica.

El decreto 948 del 5 de junio de 1995 define las fuentes móviles de la siguiente forma: “Fuente móvil: Es la fuente de emisión que por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.”

Dentro de las fuentes móviles se encuentran los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias no fijas con motores de combustión y similares, que por su operación generen o puedan generar

emisiones contaminantes a la atmósfera. Para el desarrollo del inventario en el área urbana de la Jurisdicción del DAGMA solamente se tuvo en cuenta las fuentes móviles terrestres siendo las responsables de las emisiones de CO, de compuestos orgánicos volátiles, SO₂, y NO_x, producidos durante la combustión.

Para elaborar el inventario de fuentes móviles se tuvieron en cuenta once vías importantes de la ciudad de Santiago de Cali (Ver Tabla 4.59 y Figura 4.21), para ello se llevó a cabo la implementación de los siguientes procedimientos:

Tabla 4.59 Puntos de Aforo Ciudad Santiago de Cali

PUNTOS	VÍAS PRINCIPALES	PUNTO DE AFORO	TIPO DE VÍA
P1	Avenida 3N (8 carriles, 4 de ida y 4 de venida), con calle 34 N (4 carriles, 2 de ida y 2 de venida)	Avenida 3N (8 carriles 4 de ida y cuatro de venida)	Principal
P2	Autopista Nororiental (10 carriles, 5 de ida y 5 de regreso) con Recta Palmira (K 1N) (6, 3 de ida y 3 de regreso),	Recta Palmira (Carrera 1N "6 carriles, 3 de ida y dos de venida"	Principal
P3	Calle 70 "Autopista noriental" (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida) con carrera 8 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Calle 70 "autopista nororiental" (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Principal
P4	Carrera 15 (8 carriles, 4 de ida y 4 de venida) con calle 26 (4 carriles en un solo sentido)	Carrera 15 " 8 carriles, 4 de ida y 4 de venida"	VIA MAYOR FLUJO
P5	Calle 16 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida) con carrera 100 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	carrera 100 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Principal
P6	Calle 50 con avenida Simon Bolivar (6 carriles, 3 de ida y dos de venida)	Simon Bolivar (6 carriles, 3 de ida y dos de venida)	Principal
P7	Carrera 2 con calle 58	calle 58	Residencial
P8	Paso ancho (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida) con autopista sur (10 carriles, 5 de ida y 5 de venida)	Paso ancho (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Principal
P9	Calle 5 "Circunvalar"(4 carriles hacia el sur, y de regreso 3 carriles) frente a Hospital Materno Infantil (Muy Importante)	Calle 5 "Circunvalar"(4 carriles hacia el sur, y de regreso 3 carriles)	Principal
P10	Cra 37 (2 carriles doble vía) con 12 A (dos Carriles doble vía), una calle sencilla	Cra 37 (2 carriles doble vía)	Residencial
P11	Carrera 94 con calle 4C	CARERA 94 CON 4C	Residencial

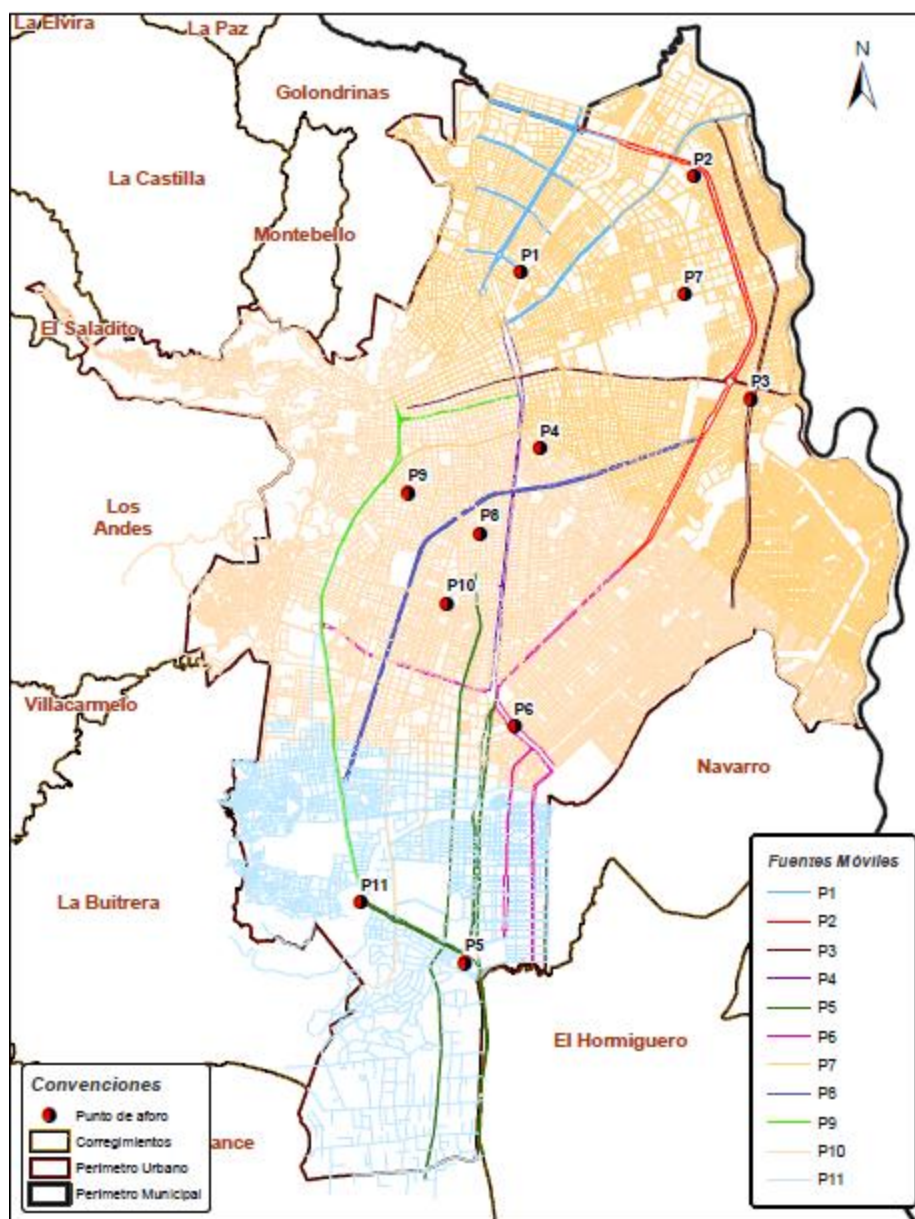


Figura 4.21 Puntos aforados

- Campañas de aforos vehiculares a través de los cuales se realizó el registro de la información de la flota vehicular (Composición) y datos de tráfico (datos de actividad vehicular).
- Se calcularon los factores de emisión de acuerdo a los flujos vehiculares y velocidades promedio de las vías, se utilizaron los datos de tecnologías de acuerdo a la composición de la flota vehicular presentada por el modelo IVE para la Ciudad de Bogotá. Las variables climatológicas como humedad relativa y temperatura fueron definidas de acuerdo a la información meteorológica suministrada por la estaciones de Calidad del Aire del DAGMA.

- Finalmente se generó el inventario de emisiones desagregado para las diferentes categorías de vehículos, producto de multiplicar los factores de emisión por las longitudes de las vías y el tránsito promedio diario.

Las emisiones para fuentes móviles fueron estimadas utilizando el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares IVE. Es un modelo computacional desarrollado por la Universidad de California en Riverside, el centro de Investigaciones ambientales CE-CERT6, y dos empresas privadas: GSSR7 e ISSRC8, con los fundamentos dados por la US EPA. Fue creado para ser usado en la estimación de las emisiones vehiculares en países en vía de desarrollo.

Las características únicas del modelo permiten:

- Evaluar el estado de polución del aire urbano
- Determinar la implementación de programas locales de control de contaminación y desarrollo de normatividad.
- Predecir la afectación del recurso aire ante la implantación de diferentes estrategias.
- Medir el progreso en la reducción de las emisiones en el tiempo.

4.3.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El proceso de estimación de emisiones que realiza el modelo se muestra en la Figura 4.22.

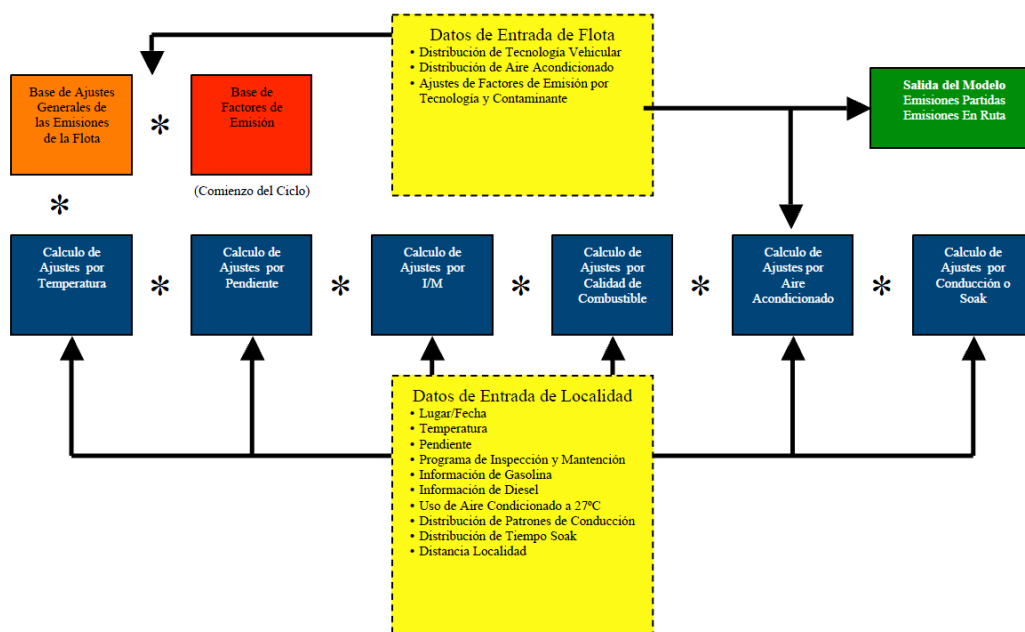


Figura 4.22 Estructura interna del modelo IVA

Fuente: Manual del Usuario IVE

4.3.2. MÓDULOS E INTRODUCCIÓN DE DATOS

4.3.2.1. MÓDULO DE CÁLCULO

El módulo de cálculo se encuentra en la pestaña inicial, la cual por defecto se observa al iniciar el modelo, y permite seleccionar las diferentes localidades y sus respectivas flotas de la lista de localidades disponibles. Adicionalmente se selecciona el período para el cual se quieren obtener las emisiones, las unidades en las que se requieren (gramos, kilogramos, miligramos, etc.) y muestra los resultados para los siguientes contaminantes:

- Contaminantes criterio: Monóxido de Carbono (CO), Material particulado menor a 10 micras (PM₁₀), Compuestos Orgánicos volátiles (VOC), Óxidos de Azufre (SO_x) y Óxidos de Nitrógeno (NO_x).
- Contaminantes tóxicos: Plomo, Formaldehído, Acetaldehído, Amonio, Butadieno, y Benceno.
- Contaminantes responsables del calentamiento global: Dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄).

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Archivo Idioma

Cálculo Localidad Flota Ajustes Generales

Grupo Localidad
- Localidad Individual -

Calcular Localidades
3w Pune2004 (3W Fleet Pune)

Localidades Disponibles

- 2w Arterial Pune2004 (2W Fleet Pune)
- 2w Highway Pune2004 (2W Fleet Pune)
- 2w Residential Pune2004 (2W Fleet Pune)
- Bus Pune2004 (Bus Fleet Pune)
- DTruck Pune2004 (Dtruck Fleet Pune)
- LHTruck Pune2004 (LHtruck Fleet Pune)
- PC Arterial Pune2004 (PC Fleet Pune)
- PC Highway Pune2004 (PC Fleet Pune)
- PC Residential Pune2004 (PC Fleet Pune)

Agregar Remover

Calcular una Hora
Calcular un Día

Mostrar Hora: 8:00
Mostrar Unidades: toneladas métricas

Distancia/Tiempo: 103224.0 km
Partidas: 29497.0

Contaminantes Criterio Tóxicos Calentamiento Global

	CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM
Partidas Hora	2.91	0.96	0.21	0.01	0.0	0.04
En Ruta Hora	3.12	1.77	0.06	0.02	0.0	0.06
Total Hora	6.03	2.74	0.27	0.03	0.0	0.1
Partidas Dia	30.99	9.83	2.19	0.17	0.0	0.41
En Ruta Dia	72.15	37.42	1.2	0.48	0.04	1.3
Total Dia	103.15	47.25	3.39	0.65	0.04	1.71

Figura 4.23 Ventana del Módulo de Cálculo del Modelo IVE

Fuente: Manual de Usuario IVE

4.3.2.2. MÓDULO DE LOCALIDAD

En este módulo se ingresa el comportamiento en el manejo de cada flota y algunas características propias del área de estudio. Cada Localidad ingresada corresponde a la ciudad evaluada, a la flota vehicular y al tipo de vía.

IVE Model 1.2

Archivo Idioma

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Localidad

Localidad: Bus Pune2004

Día: 09 Mes: Febrero Año: 2004

Flota

Flota: Bus Fleet Pune

Ajustes Generales

Ajustes Generales: - ninguno -

Día de la Semana: Lunes Altitud: 500.0 metros Tipo de I/M: ninguno

Aire Acondicionado a 27°C: 80.0 % Pendiente Terreno: 0.0 %

Características Combustible

Gasolina: Clases: moderada/sin pre... Azufre (S): alto (600ppm) Plomo (Pb): ninguno Benzeno: moderado (1.50%) Oxigenados: 0%

Diesel: Clases: moderado Azufre (S): moderado (300ppm)

Características de Conducción

Humedad: 58.0 % Temperatura: 19.0 °Celsius

Distancia/Tiempo: 2332.0 kilómetros Partidas: 39.0

Hora: 0:00/día... Use esta Hora: ☒

Características de Conducción

Bins VSP Bins Soak

Grupo 1

Bin VSP 0	Bin VSP 1	Bin VSP 2	Bin VSP 3	Bin VSP 4	Bin VSP 5	Bin VSP 6	Bin VSP 7	Bin VSP 8	Bin VSP 9
		0.03	0.03	0.03	0.09	0.18	0.6	1.31	4.28
Bin VSP 10	Bin VSP 11	Bin VSP 12	Bin VSP 13	Bin VSP 14	Bin VSP 15	Bin VSP 16	Bin VSP 17	Bin VSP 18	Bin VSP 19
9.31	45.4	20.83	12.62	2.71	1.1	0.51	0.33	0.15	0.27
Bin VSP 20	Bin VSP 21	Bin VSP 22	Bin VSP 23	Bin VSP 24	Bin VSP 25	Bin VSP 26	Bin VSP 27	Bin VSP 28	Bin VSP 29
Bin VSP 30	Bin VSP 31	Bin VSP 32	Bin VSP 33	Bin VSP 34	Bin VSP 35	Bin VSP 36	Bin VSP 37	Bin VSP 38	Bin VSP 39
			0.03				0.03	0.03	0.15
Bin VSP 40	Bin VSP 41	Bin VSP 42	Bin VSP 43	Bin VSP 44	Bin VSP 45	Bin VSP 46	Bin VSP 47	Bin VSP 48	Bin VSP 49
Bin VSP 50	Bin VSP 51	Bin VSP 52	Bin VSP 53	Bin VSP 54	Bin VSP 55	Bin VSP 56	Bin VSP 57	Bin VSP 58	Bin VSP 59

Grupo 2

15 min	30 min	1 hora	2 horas	3 horas	4 horas	6 horas	8 horas	12 horas	18 horas	Total
4.1	6.2	24.1	13.8	10.3		6.9				34.6

Velocidad Promedio: 19.3 km/hr

Total: 100.02 % Distribución Potencia Especifica Vehicular

Total: 100.0 % Distribución Tiempo Soak

Figura 4.24 Ventana Módulo de Localidad del modelo IVE

Fuente: Manual de Usuario IVE

4.3.3. VELOCIDAD PROMEDIO Y VOLÚMENES DE TRANSITO

- *Velocidades promedio:* Esta información fue tomada de información recolectada en la secretaría de Tránsito y Transporte del municipio de Santiago de Cali, la información fue complementada con datos de campo tomados en las campañas de aforos vehiculares.

En el mapa que se muestra en la siguiente figura se indican las vías aforadas con la línea continua del diferente color, pertenecientes a los sectores de oriente a occidente.

- Altitudes el valor de la altura con respecto al nivel del mar. Para efectuar la modelación se tomaron 5 msnm.
- Uso del aire: Acondicionado (AC): Se refiere al porcentaje de los vehículos equipados con aire acondicionado (AC), que lo usan a una temperatura de 27 °C. El programa supone que para 15 °C ningún vehículo usa AC y que para 32 °C, todos los vehículos lo usan sin importar el valor proporcionado como entrada en esta casilla. El modelo internamente calcula el efecto del uso del AC en función de la temperatura introducida y en el valor introducido en esta casilla.
- Pendiente de la Vía (Road Grade): Este parámetro se refiere a la pendiente de la vía o de la zona analizada. Se debe tener especial cuidado con su manejo ya que en la caracterización del tipo de conducción, este también es incluido, por lo que no es correcto incluirlo dos veces. Esta utilidad es provechosa cuando se pretende modelar una zona con una pendiente que prevalece, o para conocer la variación de las emisiones dependiendo de las condiciones topográficas. Para este estudio se consideró despreciable este valor debido a que la topografía que prevalece es plana.
- Características del Combustible:
El modelo permite el uso de diferentes tipos de combustibles como lo son el Gas Natural y el Etanol entre otros, pero solo permite la entrada de las características del diesel y de la gasolina. De acuerdo a información del Ministerio de Minas y Energía y de ECOPETROL, se determinaron los valores que se describen a continuación.

Gasolina: Características Generales: Moderate / Premixed

Esta categoría no tiene efecto sobre las emisiones, es el valor por defecto, Premixed significa que la gasolina es mezclada con aceite directamente en la planta por los productores.

Plomo: 0 %: Las gasolinas nacionales están libres de plomo

Azufre:

- 600 ppm (High): (La gasolina colombiana tiene 1000 ppm según documento “Mejoramiento de la Calidad de los Combustibles en el país” del Ministerio de Minas y Energía, pero el modelo solo permite la entrada de este valor máximo). El contenido de azufre en la gasolina reduce la efectividad del catalizador incrementando la emisión de Óxidos de azufre.

- 5000 ppm (high): (El Diesel colombiano tiene 4500 ppm según documento “Mejoramiento de la Calidad de los Combustibles en el país” del Ministerio de Minas y Energía, pero el modelo solo permite la entrada de este valor máximo)

El contenido de azufre en el Diesel afecta las emisiones de Óxidos de Azufre y material particulado.

Benceno: 0.5 % (low): Este porcentaje afecta directamente las emisiones de benceno.

Oxígeno: 0 %: Los combustibles oxigenados mejoran la combustión, reduciendo las emisiones producidas por los motores.

Diesel: Características Generales: Moderado. Esta categoría no tiene efecto sobre las emisiones, es el valor por defecto.

En la Tabla 4.60 y Tabla 4.61 se encuentra la composición de los combustibles que las empresas de ExxonMobil y Chevron Texaco - Petroleum Company distribuyen en el municipio de Santiago de Cali.

Tabla 4.60 Composición de los combustibles (ExxonMobil)

NOMBRE GENÉRICO	NOMBRE SICOM	NOMBRE SISTEMAS
ACPM - DIESEL ECOLÓGICO	ACPM - DIESEL ECOLÓGICO	ADO PREMIUM 0.10% S 0% A UNDYED DIESEL :CO
ACPM DIESEL	ACPM DIESEL	ADO 45% S 0% A UNDYED DIESEL: CO
GASOLINA CORRIENTE	GASOLINA CORRIENTE	UL 81 100% A MOGAS:CO
GASOLINA CORRIENTE OXIGENADA	ET 10 GASOLINA CORRIENTE OXIGENADA	UL 84 100% A 10% ETHANOL MOGAS:CO MOGAS
GASOLINA CORRIENTE OXIGENADA	ET 8 GASOLINA CORRIENTE OXIGENADA	UL 84 100% A 8% ETHANOL MOGAS:CO
GASOLINA EXTRA	GASOLINA EXTRA	UL 87 100% A MOGAS:CO
GASOLINA EXTRA OXIGENADA	EX 10 GASOLINA EXTRA OXIGENADA	UL 89 EXTRA 100% A 10% ETHANOL MOGAS:CO
GASOLINA EXTRA OXIGENADA	EX 8 GASOLINA EXTRA OXIGENADA	UL 89 EXTRA 100% A 8% ETHANOL MOGAS:CO

125

Tabla 4.61 Composición de los combustibles Chevron Texaco – Petroleum Company

TIPO DE COMBUSTIBLE	COMPONENTE	NUMERO DEL CAS	CANTIDAD
GASOLINA CON ETHANOL Y TECHRON	GASOLINA	86290-81-5	100 %vol/vol
	ETHANOL	64-17-5	8 %vol/vol
	BENCENO	71-43-2	<2% vol/vol
	Chevron TECHRON Concentrate	Mezcla	0.0004% vol/vol

- Temperatura y Humedad Relativa: Este campo permite la entrada de estas características ambientales. La temperatura por su parte incide en el uso del AC como se mencionó anteriormente.
- Distancia / tiempo: Este parámetro permite introducir al modelo la cantidad de viaje para una flota vehicular dada, es decir, la distancia total recorrida por los vehículos de la flota de interés en un intervalo de tiempo (hora, día).

Para la realización del conteo vehicular se empleó una jornada completa, en cada una de las vías. Se seleccionó un punto crítico en cada una de las vías iniciando desde las 7 a.m. hasta las 7 p.m., y se tuvo en cuenta el sentido del tránsito en cada una de las vías. La selección de los puntos críticos se escogió el más transitado o la vía que representa importancia en el sector de interés a evaluar. Con la información recopilada y las características de la ciudad y del combustible, se consolidó la información requerida para la realización del inventario de emisiones de fuentes móviles.

4.3.4. MÓDULO DE DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR

Debido a que las cargas de contaminantes son diferentes para cada tipo de vehículo, es necesario determinar la flota vehicular de la ciudad a modelar.

El modelo posee una distribución de categorías de vehículos de 1372 tecnologías en las que se introducen la fracción de viaje para cada uno, es decir la participación de una clase determinada en toda la flota.

La clasificación de los vehículos se hace mediante los siguientes parámetros:

- Tipo de Vehículo y Servicio (auto, camión, bus, moto, etc.)
- Tamaño del motor
- Tipo de combustible (Gasolina, diesel, gas natural, etc.)
- Kilometraje Recorrido por vehículo KRV (edad)
- Sistema de Alimentación de Combustible (carburador, inyección etc.)
- Control de emisiones evaporativas (PCV)
- Control de emisiones de escape (EGR, Convertidor Catalítico)

126

Para la clasificación de la flota vehicular, se realizaron conteos vehiculares, para cada una de las vías, en un período de 7 a.m. hasta las 9 p.m., evaluando el flujo de vehículos en las dos direcciones de la vía.

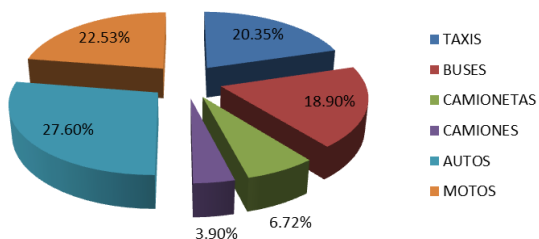
En la Tabla 4.62 se presenta la cantidad de vehículos que transitaron en cada uno de las vías seleccionadas. La información acerca de los conteos vehiculares y las horas en las que se realizaron se encuentra reportada en la base de datos.

Tabla 4.62 Distribución de la flota vehicular vehículos/día

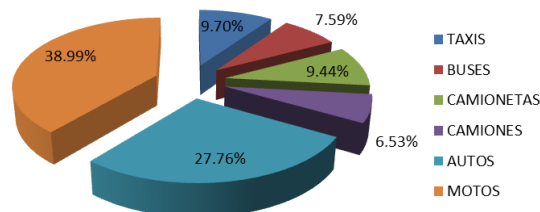
PUNTO	MOTOS	AUTOS	CAMIONES	CAMIONETAS	BUSES	TAXIS
P1	10418	9679,1	3442	1997,1	14133,2	11534,6
P2	4872,9	3812,9	4740,9	3277,8	13941,7	19583,6
P3	10768,2	6056,4	6689,5	5756,6	20151,1	31498,2
P4	18513,4	2484,5	9362,9	2355,7	42636,7	59098,5
P5	1661,5	1445,8	1707,8	375,3	5414,2	3075,4
P6	2079,6	1821,6	1652,1	1223,1	4841,2	4272
P7	3303,3	1039,8	1051,5	303,4	3141,2	3287,6

PUNTO	MOTOS	AUTOS	CAMIONES	CAMIONETAS	BUSES	TAXIS
P8	4239,8	1956,4	2453,1	884,2	6939,9	6184,8
P9	1949,2	1436,1	1104,2	182,2	2982,7	2468,2
P10	3433,9	1087,8	1039,2	322,7	3292,2	4106,1
P11	2042,4	815,9	1101	470,4	2745	4162,5
TOTAL	63282,2	31636,3	34344,2	17148,5	120219,1	149271,5

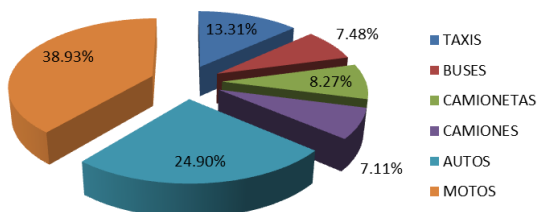
DISTRIBUCION FLOTA P1



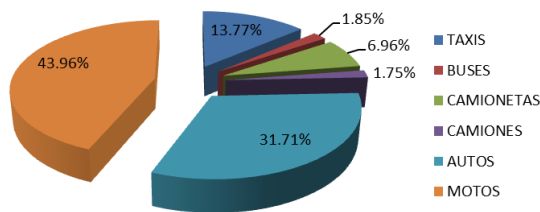
DISTRIBUCION FLOTA P2



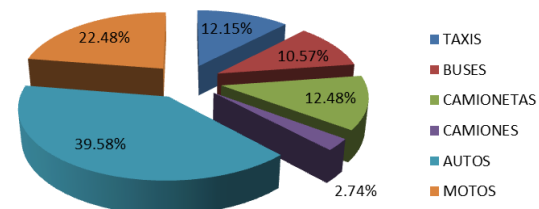
DISTRIBUCION FLOTA P3



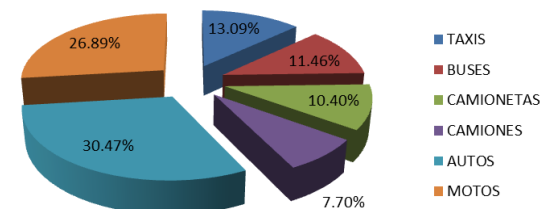
DISTRIBUCION FLOTA P4



DISTRIBUCION FLOTA P5



DISTRIBUCION FLOTA P6



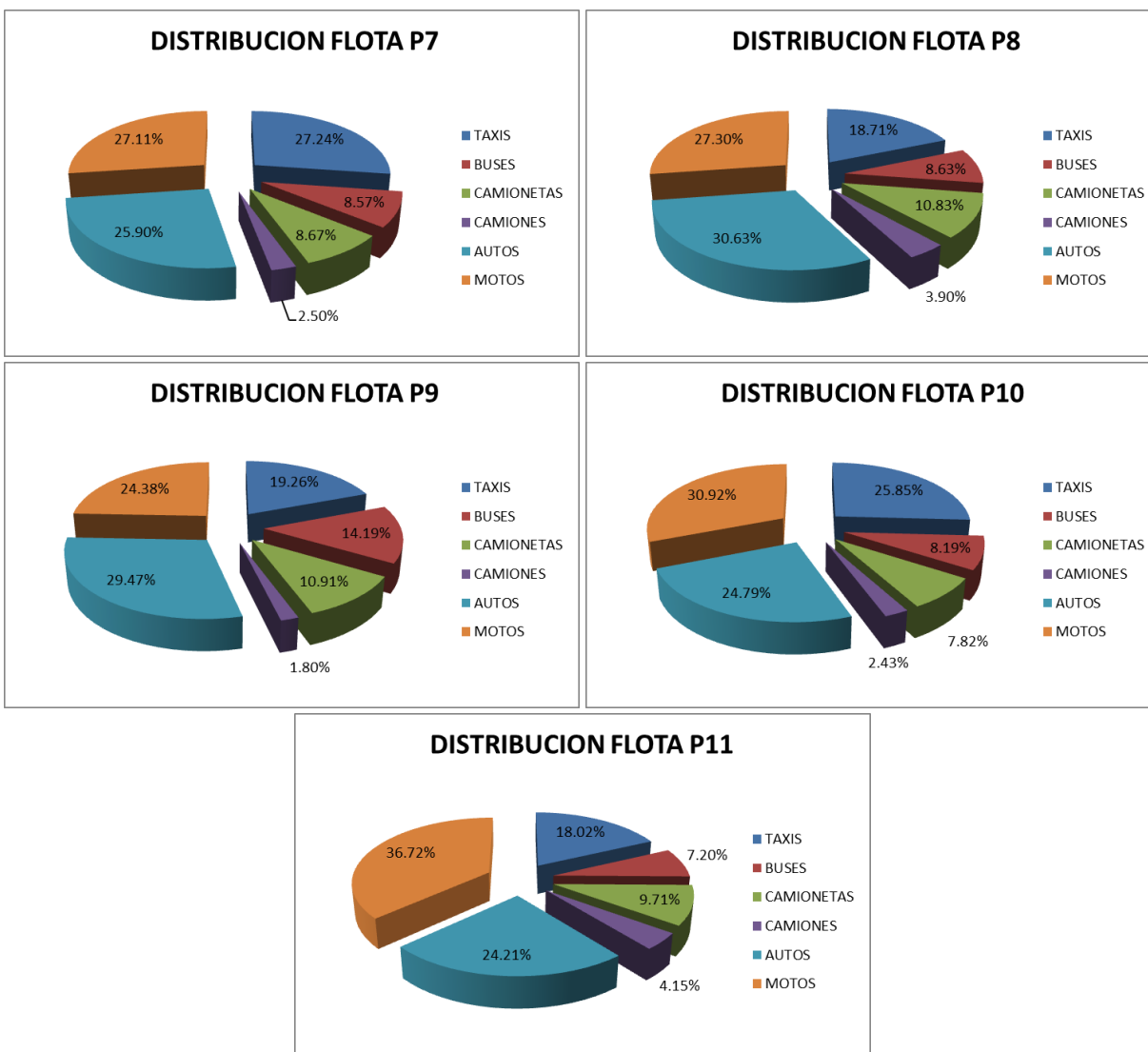


Figura 4.25 Distribución vehicular de las vías aforadas

Como se puede apreciar en las figuras anteriores los vehículos predominantes en todos los puntos son las motos y los automóviles, los cuales se encuentran en porcentajes similares para todos los casos. Para las vías P1, P2, P3, P4, P7, P10 y P11 predominan los autos seguidos de las motos, mientras que en los demás puntos la categoría predominante es la de las motos. La categoría que menos vehículos tiene es la de los camiones con porcentajes de alrededor de 5%.

4.3.5. RESULTADOS IVE

Los resultados obtenidos con el Modelo IVE son los factores de emisión para vehículos en movimiento. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada una de las vías a modelar por tipo de vehículo. Ver ANEXO J.

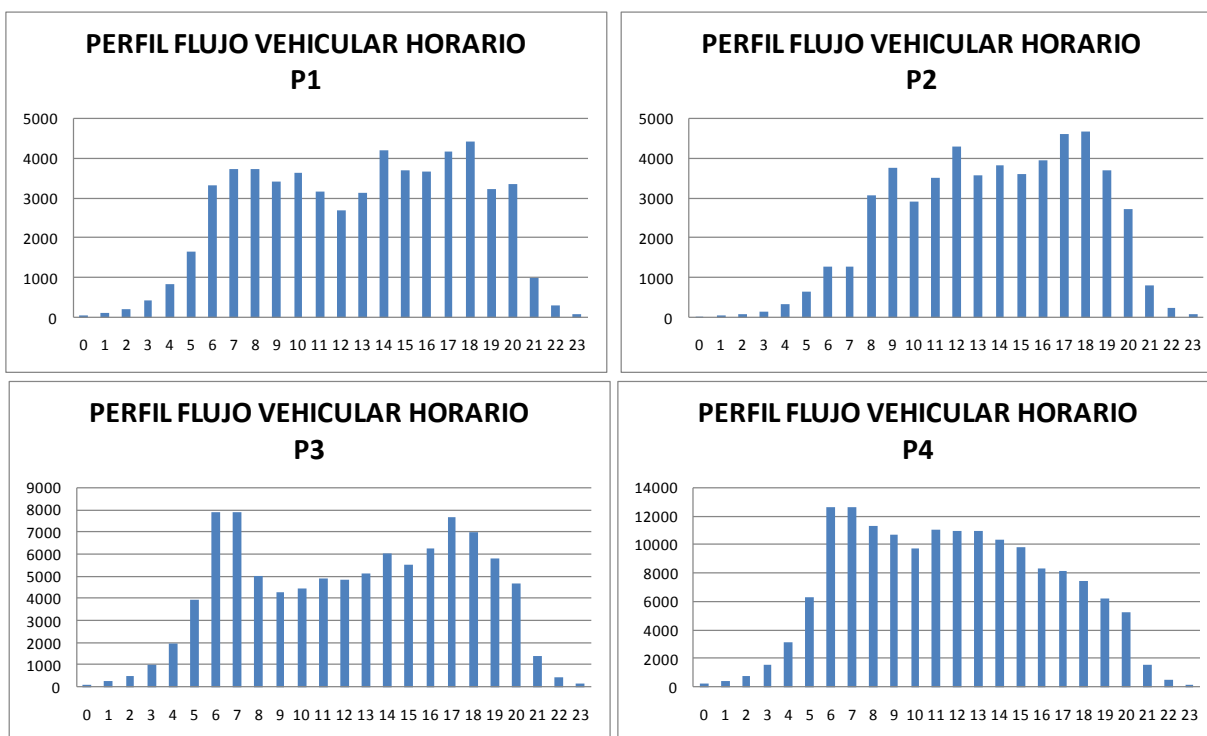
PUNTO	PM Ton/km día	NO _x Ton/km día	SO _x Ton/km día	VOC evap Ton/km día	VOC Ton/km día	CO Ton/km día	CO ₂ Ton/km día
P1	1.6E-05	8.8E-05	8.0E-07	4.2E-05	2.4E-04	1.3E-03	7.5E-03
P2	2.1E-05	7.3E-05	6.5E-07	5.5E-05	2.9E-04	1.4E-03	5.8E-03
P3	4.1E-05	1.3E-04	1.2E-06	1.1E-04	5.6E-04	2.6E-03	1.1E-02
P4	7.5E-05	1.7E-04	1.6E-06	1.9E-04	1.0E-03	4.1E-03	1.3E-02
P5	4.2E-06	2.8E-05	2.8E-07	1.1E-05	7.1E-05	4.0E-04	2.5E-03
P6	6.2E-06	3.4E-05	3.4E-07	1.6E-05	9.4E-05	5.4E-04	3.1E-03
P7	5.2E-06	3.7E-05	4.4E-07	1.3E-05	9.9E-05	5.5E-04	4.0E-03
P8	8.0E-06	4.3E-05	4.3E-07	2.1E-05	1.3E-04	6.7E-04	3.8E-03
P9	3.5E-06	2.6E-05	2.7E-07	9.3E-06	6.1E-05	3.6E-04	2.5E-03
P10	6.6E-06	4.0E-05	4.8E-07	1.5E-05	1.2E-04	6.2E-04	4.3E-03
P11	6.7E-06	3.3E-05	3.9E-07	1.5E-05	1.1E-04	5.5E-04	3.5E-03

4.3.6. ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES

4.3.6.1. TRÁFICO VEHICULAR EN LAS VÍAS EVALUADAS

En las siguientes figuras se pueden observar el perfil del flujo vehicular horario para las once vía aforadas. Para determinar el perfil vehicular se hicieron proyecciones para las horas no aforadas, teniendo en cuenta que en las horas de 12 – 5 solamente se encuentran taxis en las calles de la ciudad de Santiago de Cali.

129



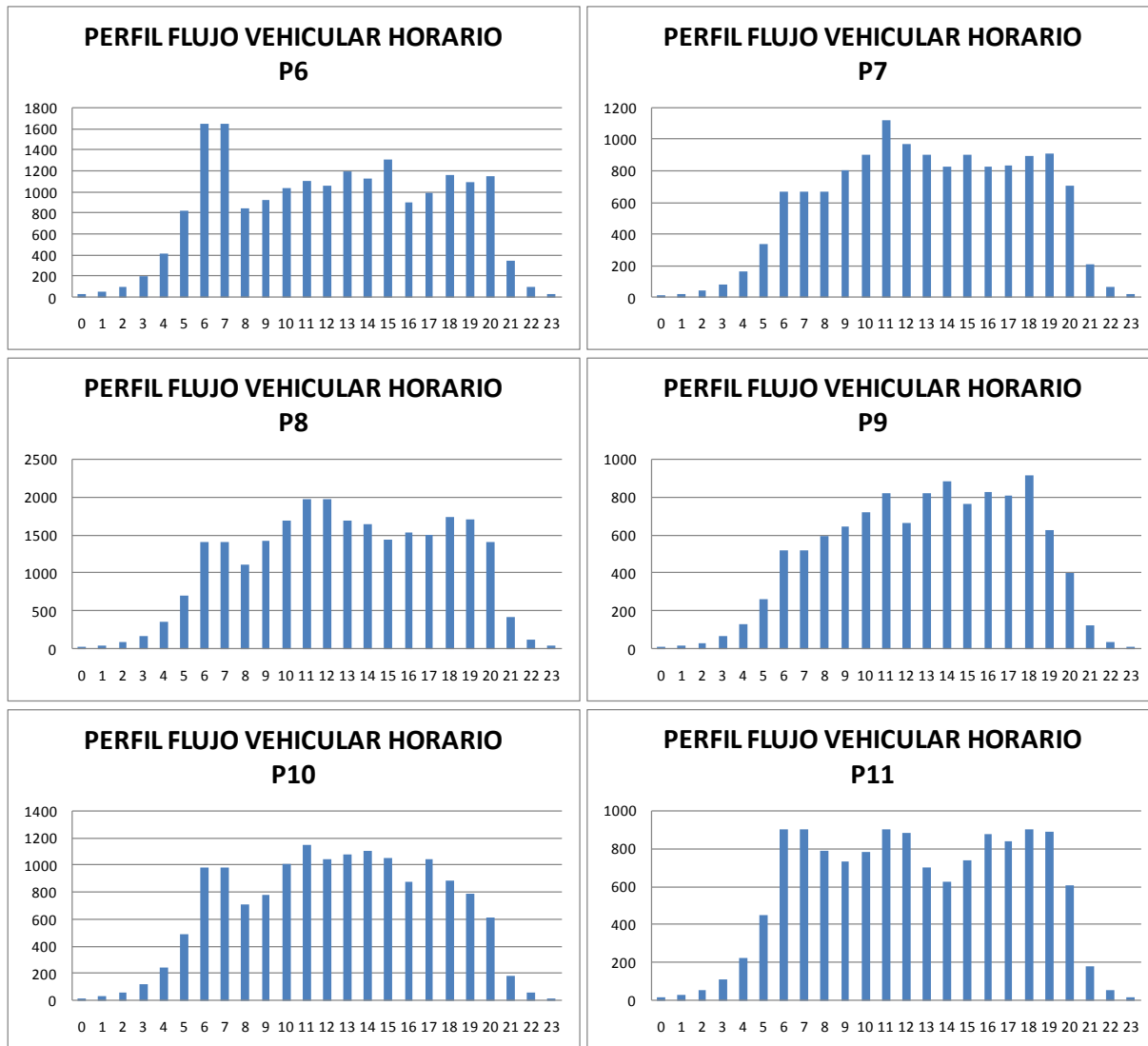


Figura 4.26 Perfil de Flujo Vehicular Horario

Los datos obtenidos registran mayor presencia de vehículos en el punto de aforo P4 el cual pertenece a la carrera 15 con calle 26 y la de menor flujo vehicular fue la calle quita con circunvalar. Para la mayoría de puntos las horas en la que se presentan mayores flujos vehiculares son en las horas de la mañana de 6 am a 7 am y en las horas de la tarde de 6 pm a 7 pm, la cuales son las horas en las que los trabajadores y estudiantes se desplazan a sus lugares de trabajo y estudio o de regreso de estos.

4.3.7. CÁLCULOS DE EMISIONES

Las emisiones para vehículos en movimiento se obtuvieron por medio de la siguiente fórmula:

$$E = FE * L$$

Donde:

E= Emisión (kg/día)

FE = Factor de emisión (Ton/km día)

L = Longitud de las vías (km)

Para determinar la longitud se utilizó la cartografía del POT de Santiago de Cali, a esa longitud obtenida se realizaron unos ajustes con de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$L = Li * X * CE$$

Donde:

Li = Longitud obtenida por cartografía

X = Factor de corrección de la cartografía por duplicidad (1/3 para vías principales, 0.6 para vías secundarias)

CE = Factor de corrección por control de emisiones. En las siguientes tablas se pueden observar los diferentes factores utilizados.

Tabla 4.63 Factores para Gas Natural y Gasolina

PARÁMETROS	% REDUCCIÓN	FACTOR
start-up CO % reducción	<95%	0.5
running CO % reducción	<95%	0.5
start-up VOC % reducción	<95%	0.5
running VOC % reducción	<95%	0.5
start-up VOC evap % reducción	<95%	0.5
running VOC evap % reducción	<95%	0.5
start-up Nox % reducción	(20-50) %	0.7
running Nox % reducción	(20-50) %	0.7
start-up Sox % reducción	N/A	N/A
running Sox % reducción	N/A	N/A
start-up PM % reducción	N/A	N/A
running PM % reducción	N/A	N/A
start-up CO2 % reducción		0.989
running CO2 % reducción		0.989

131

Tabla 4.64 Factores para ACPM

PARÁMETROS	% REDUCCIÓN	FACTOR
start-up CO % reducción	<90%	0.5
running CO % reducción	<90%	0.5
start-up VOC % reducción	<90%	0.5
running VOC % reducción	<90%	0.5
start-up VOC evap % reducción	<90%	0.5
running VOC evap % reducción	<90%	0.5
start-up Nox % reducción	<50 %	0.7

PARÁMETROS	% REDUCCIÓN	FACTOR
running Nox % reducción	<50 %	0.7
start-up Sox % reducción	N/A	
running Sox % reducción	N/A	
start-up PM % reducción	(80-90)%	0.15
running PM % reducción	(80-90)%	0.15
start-up CO2 % reducción		0.989
running CO2 % reducción		0.989

4.3.7.1. CLASIFICACIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR LAS VÍAS

En la siguiente tabla se muestra las emisiones de los vehículos en las vías estudiadas.

Tabla 4.65 Emisiones totales por vías

PUNTO	PM Ton/año	NO _x Ton/año	SO _x Ton/año	VOC evap Ton/año	VOC Ton/año	CO Ton/año	CO ₂ Ton/año
P1	97.70	534.91	4.84	253.57	1,427.17	8,148.81	45,382.15
P2	74.62	254.75	2.29	193.11	1,026.13	4,790.52	20,294.86
P3	160.29	516.05	4.81	415.48	2,195.74	10,273.18	42,556.06
P4	115.51	259.16	2.51	295.97	1,618.54	6,328.15	19,635.24
P5	25.76	169.79	1.72	67.28	435.97	2,435.98	15,452.20
P6	24.15	132.27	1.30	63.51	364.41	2,110.16	12,051.82
P7	1,179.18	8,456.92	101.64	2,896.72	22,568.92	125,598.36	917,667.33
P8	39.25	209.97	2.10	104.42	620.64	3,295.11	18,537.36
P9	10.17	73.90	0.78	26.82	176.01	1,055.28	7,368.35
P10	1,779.87	10,727.51	130.04	4,188.63	32,498.14	169,211.99	1,171,440.7
P11	498.19	2,431.53	29.04	1,094.44	8,533.38	41,264.33	263,904.15
Total	4,004.70	23,766.77	281.09	9,599.95	71,465.05	374,511.86	2,534,290.2

132

La Tabla 4.66 muestra las características de cada uno de los tipos de vías

Tabla 4.66 Tipo de vías

PUNTO	CARACTERÍSTICA
P1	Principal
P2	Principal
P3	Principal
P4	Principal (Mayor flujo)
P5	Principal
P6	Principal
P7	Residencial
P8	Principal

PUNTO	CARACTERÍSTICA
P9	Principal
P10	Residencial
P11	Residencial

La siguiente figura muestra por medio de un diagrama de barras las emisiones generadas por cada tipo de vías, en dónde se evidencia que las vías P10, P11 y P7 son las que generan mayores emisiones acumuladas. Estas vías pertenecen a residenciales y sus emisiones son mayores a las principales debido a que existe en Cali más vías de este tipo, pero al analizar las características de cada uno de los tipos de vías se puede decir que las vías P4, P3, P1 y P2 son las mayores generadoras de emisiones por kilómetro, es decir mayor flujo vehicular (Ver Figura 4.28).

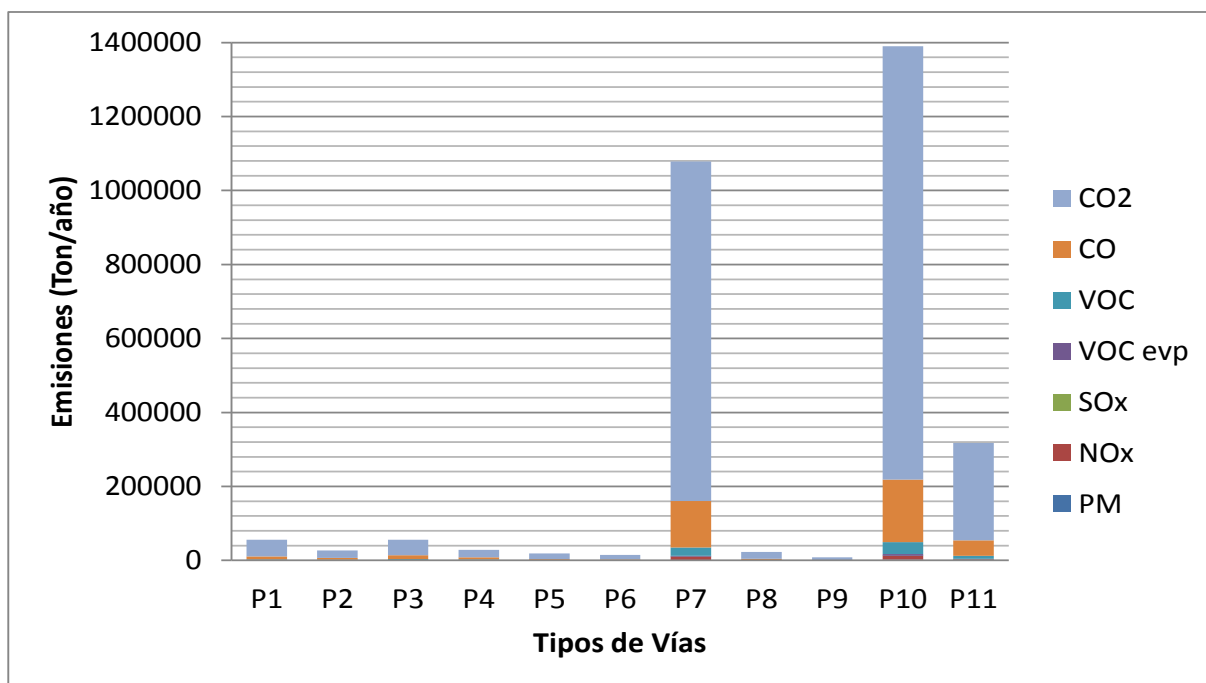


Figura 4.27 Emisiones por tipo de vía

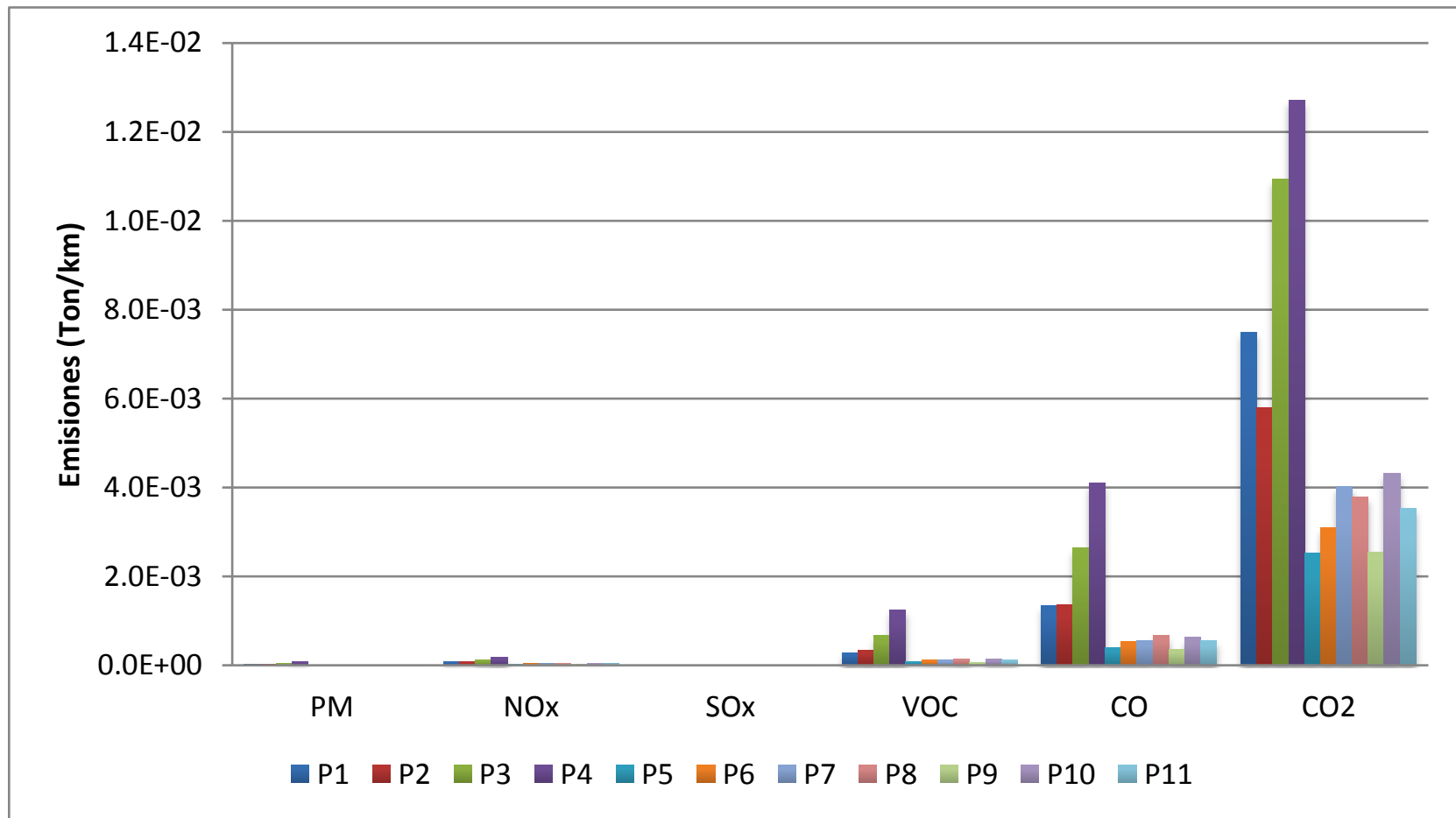


Figura 4.28 Emisiones generadas por los tipos de vías en toneladas por kilómetro

En las siguientes gráficas se puede observar el comportamiento de los contaminantes en el día. Allí se evidencia que las mayores emisiones se dan entre las 6 y las 7 de la mañana y en las horas de la tarde se da entre las 5 y las 6. Entre las 8 a.m. y las 4 p.m. las emisiones tienen un comportamiento lineal constante, pero se mantienen emisiones elevadas. En esta gráfica también se observar que el CO₂ es el contaminante que las fuentes móviles generan en mayor proporción, seguido del monóxido de carbono y los compuestos orgánicos volátiles. Los óxidos de azufre son los contaminantes que menos emiten las fuentes móviles.

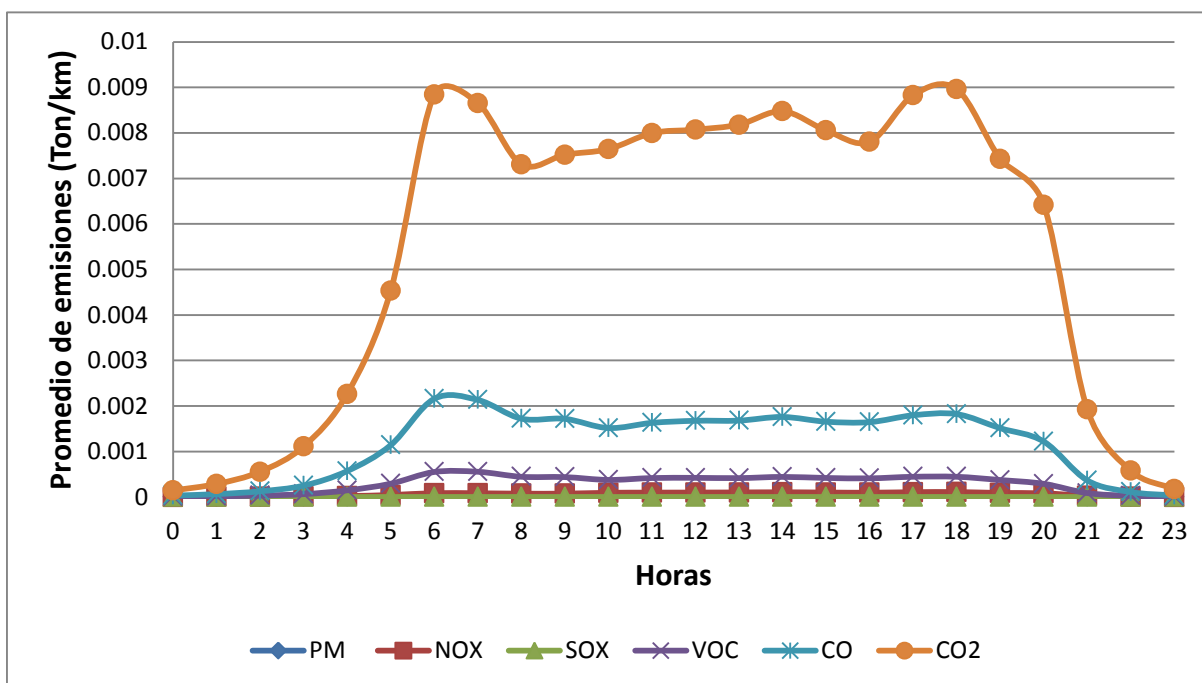
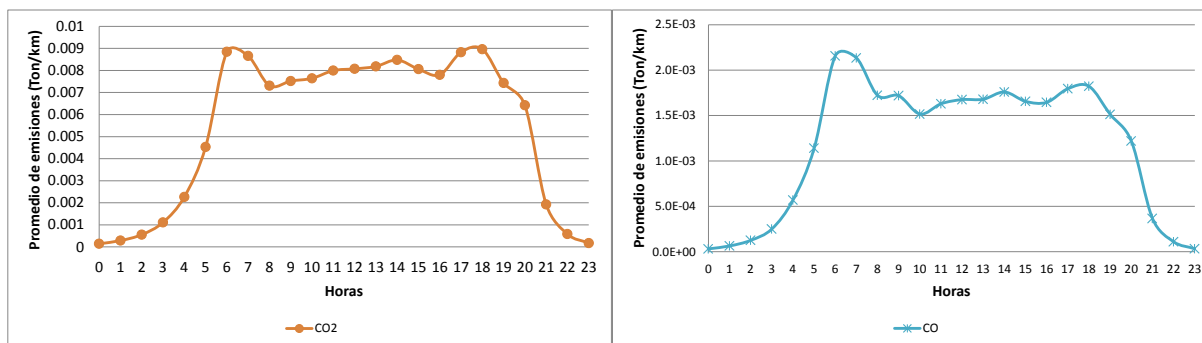


Figura 4.29 Tendencia horaria de emisiones



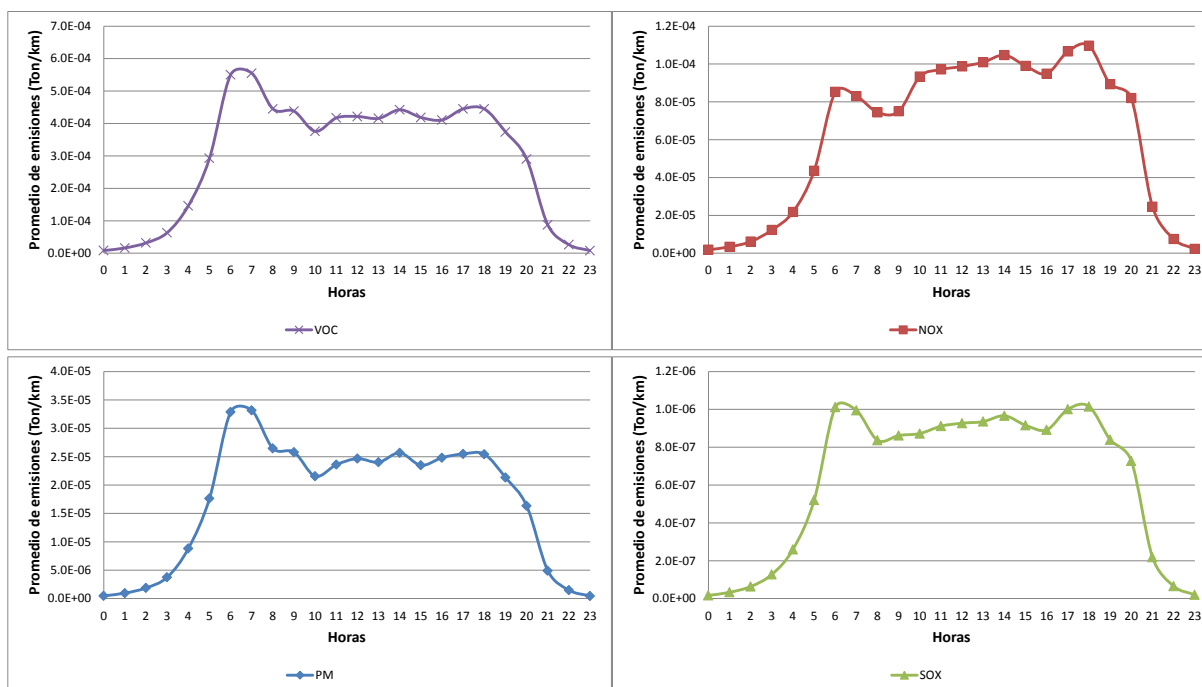


Figura 4.30 Tendencia horaria de emisiones por contaminante

Las emisiones más altas encontradas de dióxido de carbono se encuentran en las horas de la mañana de 6 a 7 y en la tarde de 5 a 6, entre las 7 a.m. y las 5 p.m. se encuentra una emisión promedio del contaminante de 0.0079 Ton/km. Al igual que el dióxido de carbono el monóxido tiene comportamientos similares en donde las horas de mayor emisión se encuentran entre las 6 y 7 de la mañana y 5 y 6 de la tarde y mantiene un comportamiento constante entre las 7 de la mañana y las 5 de la tarde con una emisión promedio de 0.0017 Ton/km.

Los compuestos orgánicos volátiles y el material particulado tienen un comportamiento similar en donde sus mayores emisiones se encuentran en las horas de la mañana de 6 a 7, pero a diferencia del monóxido y el dióxido de carbono, estos contaminantes no tienen emisiones elevadas en las horas de la tarde, mantienen un comportamiento constante hasta las 6 de la tarde y luego sus emisiones decrecen llegando a valores cercanos a cero.

Las emisiones de los óxidos de nitrógeno tienen un comportamiento diferente a los de los otros contaminantes, ya que en éste, sus emisiones comienza a crecer en la mañana y llegan a un pico al finalizar la tarde y luego decrecen nuevamente. Por último los óxidos de azufre tienen un comportamiento similar con el dióxido de carbono en donde se encuentran dos picos, uno al comenzar la jornada laboral y otro al finalizarla. Dentro de esos dos picos hay un comportamiento que se asemeja al constante con valores de emisiones de 9×10^{-7} Ton/km.

4.3.7.2. EMISIONES GENERADAS POR EL TIPO DE COMBUSTIBLE

En la tabla a continuación se observan las emisiones generadas por los diferentes tipos de combustibles, ACPM, Gas Natural y Gasolina.

Tabla 4.67 Emisiones por tipo de combustible

COMBUSTIBLE	PM (Ton/año)	NOx (Ton/año)	SOx (Ton/año)	VOC (Ton/año)	CO (Ton/año)	CO2 (Ton/año)
ACPM	118.04	4222.71	4.41	344.69	1444.93	431638.24
GAS NATURAL	0.52	49.69	0.02	14.63	727.28	6236.88
GASOLINA	3886.14	19494.36	276.65	80705.68	372339.65	2096415.05
TOTAL	4004.70	23766.77	281.09	81065	374511.86	2534290.17

La Figura 4.31 muestra las emisiones generadas por los combustibles ACPM, Gas Natural y Gasolina. Este gráfico de columnas evidencia que las emisiones son generadas por la gasolina, pero hay que tener en cuenta que la mayoría del parque automotor en Cali utiliza este combustible, por lo tanto esta puede ser una de las causas para que éste genere, para todos los contaminantes, los mayores aportes.

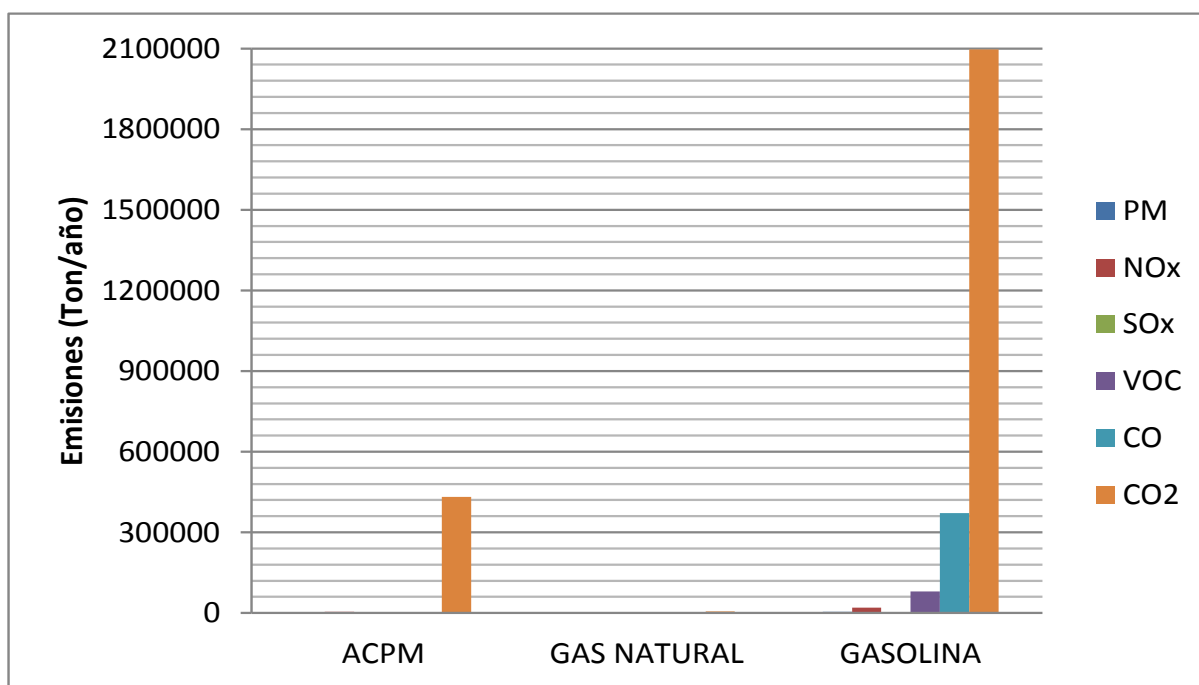


Figura 4.31 Emisiones por tipo de combustible

A continuación en los diagramas de tortas se pueden observar los porcentajes de aportes de cada uno de los combustibles en las emisiones de los diferentes contaminantes. El material particulado es emitido en un 97% por los vehículos que usan como combustible gasolina esto implica emisiones de 3900 toneladas al año. Por la combustión de gasolina, los óxidos de azufre al igual que los compuestos orgánicos volátiles y el monóxido de carbono, realizan aportes superiores al 90%, con emisiones de 278 Ton/año, 80700 Ton/año, 372400 Ton/año y 2096000 Ton/año respectivamente.

El 82% de los aporte de óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre es realizado por los vehículos que utilizan gasolina como combustible, el 17% es emitido por los vehículos que utilizan ACPM y el porcentaje restante, el cual es una proporción pequeña es emitida por la combustión del Gas Natural.

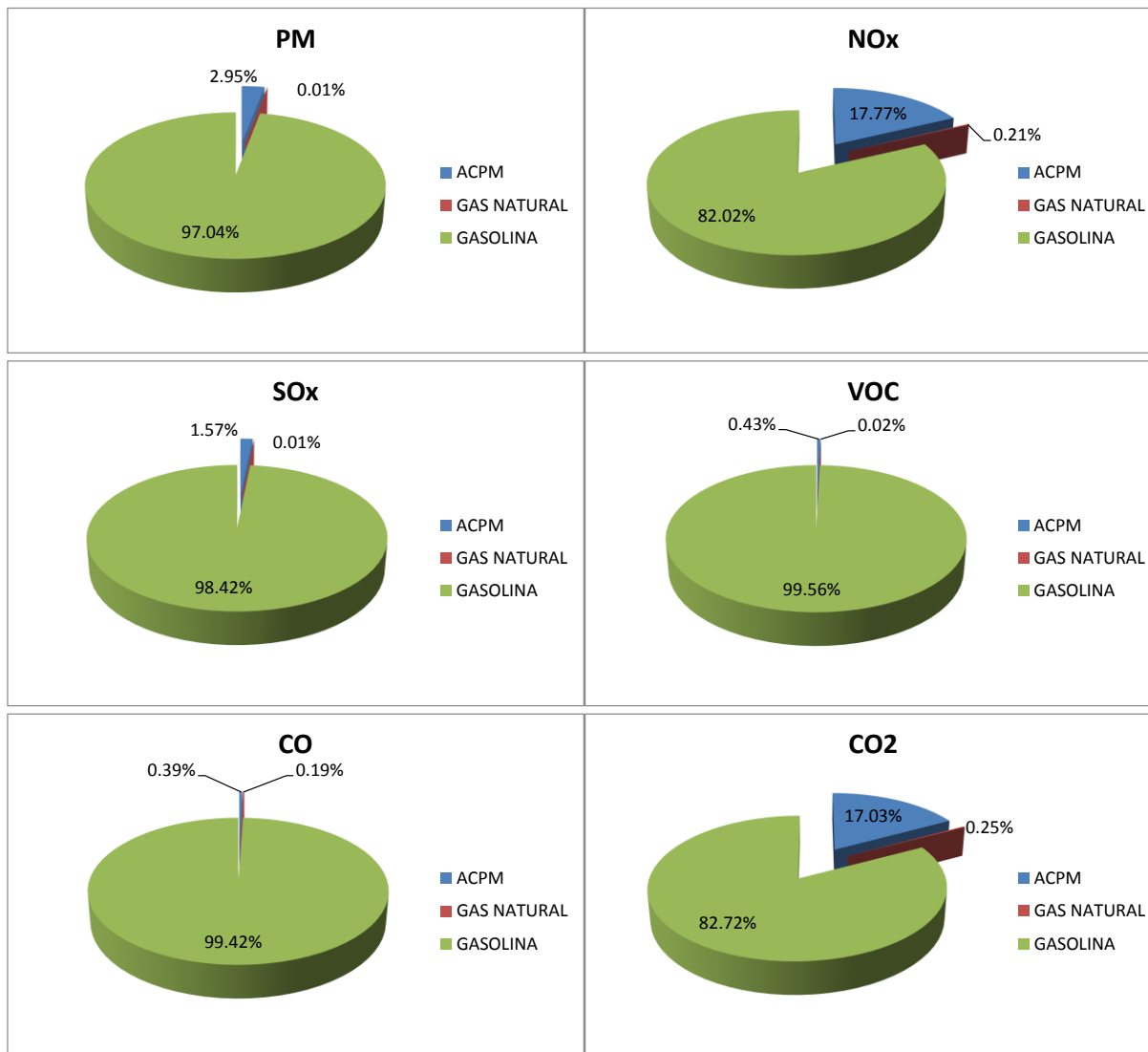


Figura 4.32 Porcentajes de emisión por contaminante

4.3.7.3. EMISIONES GENERADAS POR TIPO DE VEHÍCULO

En la siguiente tabla se observan las emisiones por los tipos de vehículos discriminados en la información facilitada por la Secretaría de Tránsito y Transporte.

Tabla 4.68 Emisiones generadas por tipo de vehículo

TIPO DE VEHÍCULO	PM	NOx	SOx	VOC	CO	CO2
AUTOS	38.57	5400.72	75.94	8195.51	67429.95	579922.76

TIPO DE VEHÍCULO	PM	NOx	SOx	VOC	CO	CO2
BUSES	188.80	5120.11	38.32	2726.16	56781.82	568315.18
CAMIONES	78.60	1539.75	11.51	1165.76	19295.81	140151.17
CAMIONETAS	83.14	3504.92	40.96	3919.51	31063.18	359492.98
MOTOS	3559.48	801.10	13.28	55002.93	116111.07	83969.75
TAXIS	56.11	7400.16	101.07	10055.14	83830.04	802438.33
TOTAL	4004.70	23766.77	281.09	81065.00	374511.86	2534290.17

La siguiente figura ilustra las emisiones generadas por los diferentes tipos de vehículos, Buses, Camiones, Camionetas, Motos y Taxis. En esta gráfica se barras se puede observar que el contaminante emitido en mayor proporción es el dióxido de carbono, ya que éste lo emiten todos los tipos de vehículos. Los diagramas de tortas que se encuentran en la Figura 4.34, se puede observar en mayor detalle los aportes que genera en las emisiones cada tipo de vehículo.

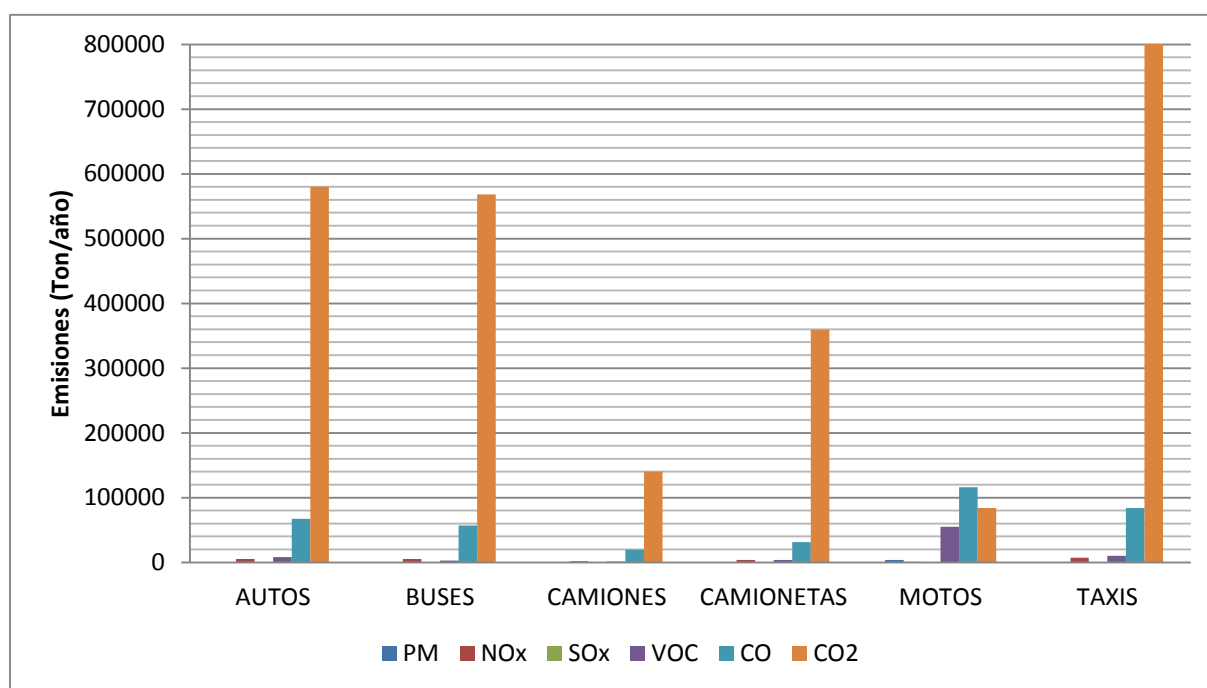


Figura 4.33 Emisiones por tipo de vehículo

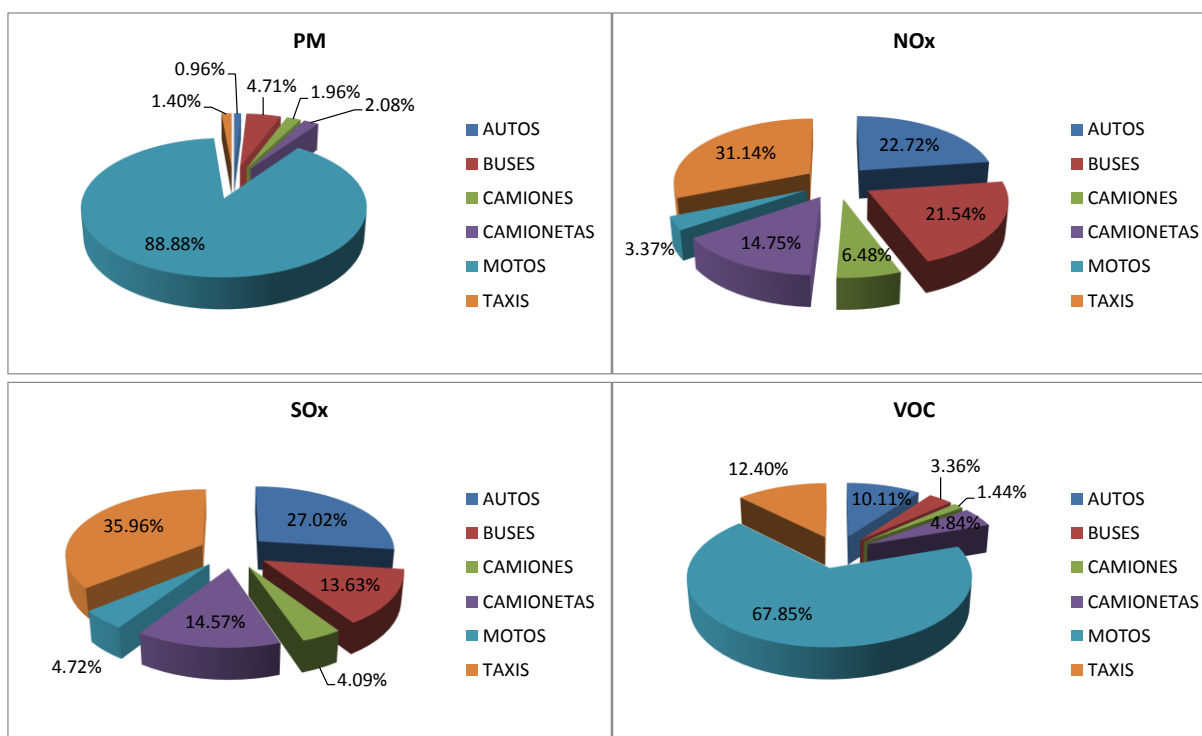
De acuerdo a la gráfica de material particulado, las mayores emisiones son generadas por las motos aportando un 89% del total de las emisiones generadas en la ciudad de Santiago de Cali, este porcentaje pertenece a 3560 toneladas al año. Los óxidos de nitrógeno son generados en proporciones similares por los diferentes tipos de vehículos, el 31% (7400 Ton/año) de las emisiones de este contaminante son generadas por los Taxis, seguido por los autos (5400 Ton/año) y los buses (51200 Ton/año) con porcentajes de 23% y 22% respectivamente, este contaminante es emitido en menor proporción por las motos a diferencia del material particulado, compuestos orgánicos volátiles (68%) y monóxido de carbono (31%) que es en donde realiza los mayores aportes.

Los óxidos de azufre al igual que los óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono son emitidos en mayor proporción por los Taxis, haciendo aportes del 36%, 31% y 32% respectivamente. Después de los Taxis los autos son los que realizan mayores aportes con emisiones de 76 Ton/año. Las camionetas y los buses emiten en proporciones similares este contaminante (40 Ton/año). Los menores aportes de este contaminante lo hacen las motos y los camiones con aportes del 4%.

Más del 50% de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles son generados por las motos, seguidas de las generadas por los Taxis y los autos con aportes de 12% y 10% del total. Los camiones con 1.4% (Ton/año) son los que realizan los menores aportes de este contaminante.

Como se mencionó anteriormente el 31% del monóxido de carbono es aportado por las motos, seguido de un 22% de los Taxis y un 18% de los autos. Los camiones al igual q en otros contaminantes son los vehículos que emiten menores emisiones, pero esto se debe a que este tipo de transporte no se encuentra en una gran proporción.

Las emisiones de dióxido de carbono se manejan en proporciones similares a las de los óxidos de nitrógeno, siendo los Taxis los generadores del 31% de las emisiones, el 45% es generado entre automóviles y los buses y el 24% restante es generado por camionetas, camiones y motos.



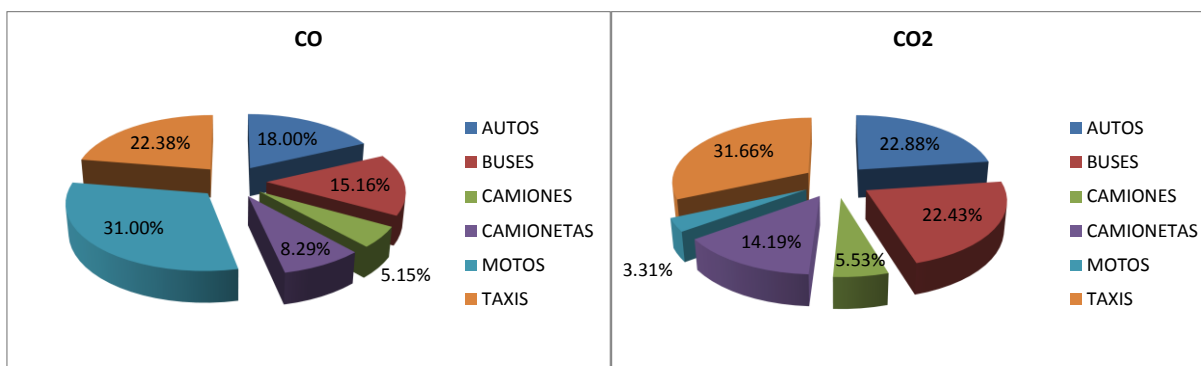


Figura 4.34 Porcentajes de emisiones por contaminante

4.4. FUENTES NATURALES

4.4.1. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES BIOGÉNICAS

Para la estimación de las emisiones biogénicas se utilizó el modelo GloBEIS (Global Biosphere Emission and Interaction System) desarrollado por la EPA y el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas, este se basa en Sistemas de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) y pueden adaptarse a modelos meteorológicos de pronóstico.

Las emisiones se obtienen mediante la siguiente ecuación general:

$$Emission = fraccion_Lc_{Celdas} * Area_{celdas} * \rho_{biomasa} * FE$$

141

Dónde:

Emisión: Emisión de contaminantes en Ton/año

Fracción_LcCelda: Cobertura del suelo por celda

ÁreaCelda: área de las celdas en m²

ρBiomasa: Densidad de la biomasa en g/m²

FE: Factor de emisión. Este factor, para cada uno de los parámetros, es ajustado teniendo en cuenta las siguientes variables: radiación solar, velocidad de los vientos, índice de sequía, humedad específica, temperatura.

4.4.1.1. INFORMACION DE ENTRADA A LOS MODELOS DE EMISIONES BIOGÉNICAS

VARIABLES PARA EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE LOS COMPUESTOS QUÍMICOS ISOPRENO, TERPENOS Y COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN FUNCIÓN DE LAS ESPECIES VEGETALES

Las variables fueron tomadas de la base de datos de Globeis que corresponde al código odcd para especies vegetales similares a Bosques Caducifolios presentes en la ciudad de Santiago de Cali, las variables tomadas fueron las siguientes:

- Isopreno (ISO): 2112.4 Clase Vegib2
- Terpeno (TMT): 368.8 Clase Vegib2
- Compuestos Orgánicos Volátiles (OCV): 871.8 Clase Vegib2
- Índice de área foliar: 6 m/m
- Índice de masa foliar (LMD): 471 g/m²

USO DE SUELO

El uso de suelo se definió con base en la información presente en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Santiago de Cali simplificando las categorías de la Cartografía “Tratamiento” en las siguientes clases de uso de suelo:

Tabla 4.69 Clases de uso de suelo utilizados en el estudio

USO DEL SUELO (Lc)	CÓDIGO
Zona de oficinas	99217
Zona Residencial	99218
Zona arbórea	99219

Para la definición de los factores de emisiones por NO y la descripción de la cubierta vegetal para cada una de estas categorías, se tomó información de la base de datos de Globeis similar a las características de Santiago de Cali, los códigos escogidos fueron:

- 11120 (San Antonio – Residential / Centx)
- 12303 (Urban-Office Retail, Hotel/Motel)
- 16123 (San Antonio-Mixed Forest/Centx)

Para cada código de uso de suelo los valores de NO y descripción de la cubierta vegetal se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 4.70 valores de NO para el tipo de uso de suelo

USO DEL SUELO (Lc)	CÓDIGO	CUBIERTA VEGETAL	NO [$\mu\text{g NO}/(\text{m}^2 \text{ hr}^{-1})$]
Zona de oficinas	99217	4	16.9
Zona Residencial	99218	4	6.9
Zona arborea	99219	3	4.5

Tabla 4.71 Descripción de la cubierta vegetal

CUBIERTA VEGETAL	CODE DESCRIPTION
1	Broadleaf trees
2	Mixed broadleaf and needleleaf trees

CUBIERTA VEGETAL	CODE DESCRIPTION
3	Needleleaf trees
4	Mixed vegetation
5	shrubs
6	grass
7	crops

Las emisiones por NO de acuerdo al tipo de cobertura se determinan mediante la siguiente ecuación:

$$E = \text{fraccion} _ Lc_{\text{Celdas}} * \text{Area}_{\text{celdas}} * FE$$

Donde:

E: Emisión de NNO en Ton/año

Fracción__{LCCelda}: Cobertura del suelo por celda

Área_{Celda}: área de las celdas en m²

FE: Factor de emisión.

PARÁMETROS AMBIENTALES

Los parámetro ambientales que se consideraron con sus unidades respectivas son los siguientes: radiación solar (w/m²), temperatura exterior (Kelvin), humedad específica (g/kg), velocidad de los vientos (m/s), fueron tomados de información de las estaciones meteorológicas la Escuela República Argentina (ERA) y la Estación Éxito la Flora, información suministrada por el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente - DAGMA (Ver ANEXO K, en donde se encuentran los datos de entrada a la Base de Datos Globeis), los datos fueron ingresados como registros por hora para los 365 días del año 2011.

143

DEFINICIÓN DEL DOMINIO

La definición del dominio se realizó definiendo celdas de 2500 X 2500 m² sobre el perímetro del casco urbano de Santiago de Cali, realizándose posteriormente una intersección, el tamaño de las celdas fueron definidas de acuerdo a la capacidad de la base de dato Globeis de procesar la información, mayor número de celdas genera mayor número de registros por hora para los 365 días del año, (Ver ANEXO K). Los resultados reportados para cada uno de los parámetros se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 4.72 Toneladas por año de contaminantes por fuentes biogénicas

ISOPRENO (SISO)	TERPENOS (TMT)	COV	NO	NH ₃
7	81	274	23	0

En la siguiente gráfica evidencia la proporción en la cual se emiten los contaminantes producidos por las fuentes naturales. Se puede observar que el contaminante emitido en mayor proporción es el COV (Compuestos Orgánicos Volátiles) con un 71%, seguido de los terpenos y el óxido de nitrógeno realizando aportes del 21% y 6% respectivamente, hay que tener en cuenta que estos dos contaminantes hacen parte de los compuestos orgánicos volátiles, por lo tanto la emisión total de COVs es 362 Ton/año.

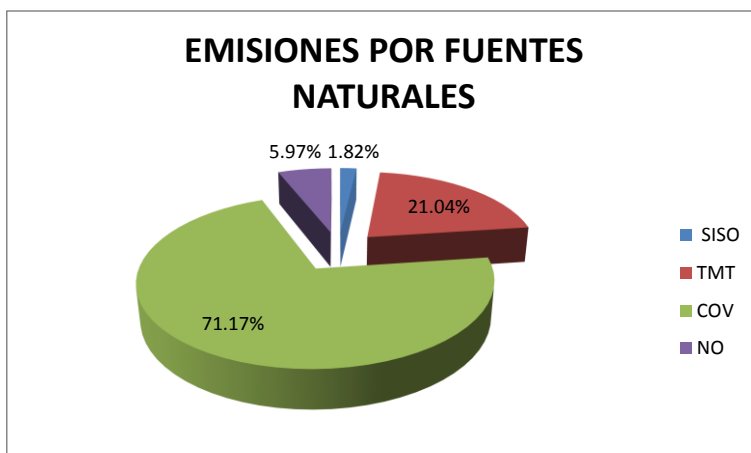


Figura 4.35 Porcentajes de emisiones de contaminantes por fuentes naturales

En las siguientes gráficas de líneas se puede observar el comportamiento de los diferentes contaminantes emitidos por las fuentes biogénicas en el día. Como se puede apreciar el Isopreno tiene un comportamiento creciente en las horas de la madrugada, a las 3 de la mañana se contempla un pico y luego comienzan a decrecer las emisiones llegando a valores cercanos a cero, a las ocho de la mañana ya se encuentran este tipo de valores.

144

Las mayores emisiones de terpenos se encuentran entre las 12 del mediodía y las 3 de la tarde, allí hay un comportamiento creciente pero llegadas las tres de la tarde comienzan a decrecer la cantidad de terpenos en el ambiente, llegando a valores de 240 g/h a las 12 de la noche.

El monóxido de carbono al igual que los compuestos orgánicos volátiles tienen un comportamiento similar a los terpenos, comenzando el día con un decrecimiento de estos contaminantes, luego a las siete de la mañana comienzan a aumentar las emisiones llegando a un pico entre la 1 y las 2 de la tarde y de allí comienzan nuevamente a decrecer sus emisiones.

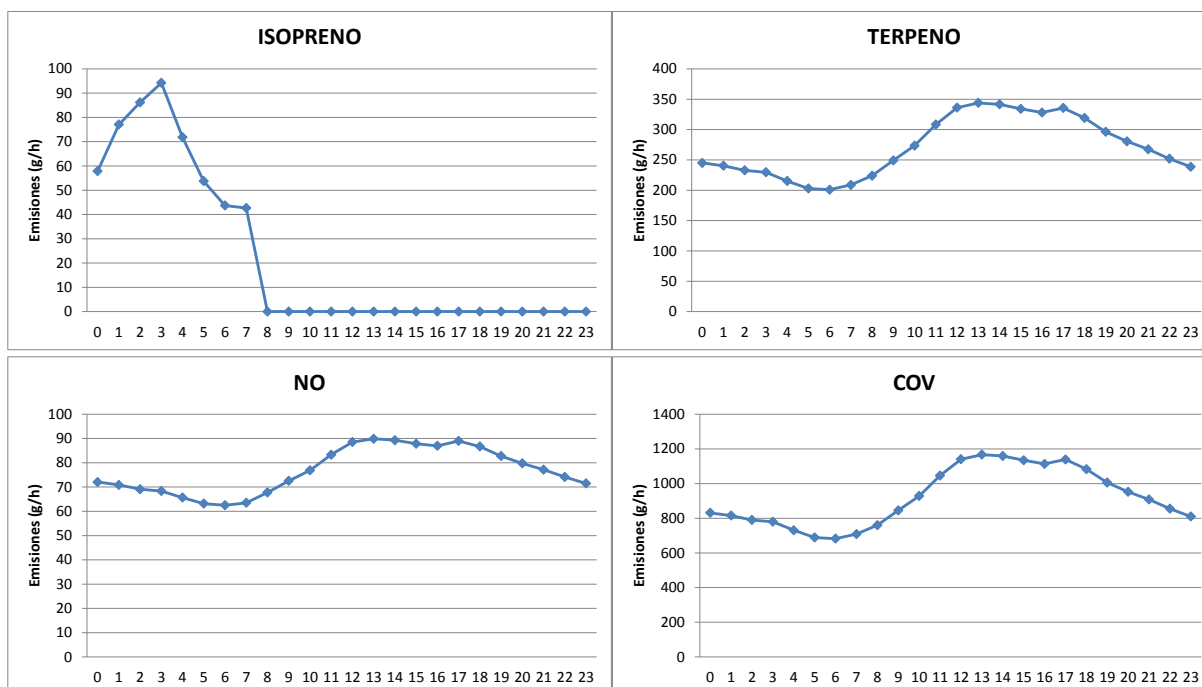


Figura 4.36 Comportamiento de las emisiones por fuentes naturales

4.4.2. ESTIMACIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR INCENDIOS FORESTALES

Los incendios forestales son generados por el mal uso que se le está dado al suelo, es decir por los ritmos de transformación que se le ha dado al uso del suelo y por ende al cambio climático que se está generando. Para poder determinar las emisiones generadas por los incendios forestales se utilizó la información facilitada por el cuerpo de Bomberos de Cali, los cuales reportan que ocurren más incendios en la primera mitad del año, a continuación se resume la información:

Tabla 4.73 Áreas afectadas por incendios forestales

MES	ÁREA AFECTADA (Ha)	No. INCENDIOS
1	17	49
2	10	32
3	1	25
4	0.5	7
5	0.3	7
6	1	17

Las emisiones se determinaron con las siguientes ecuaciones, tomadas del manual de inventario de emisiones de fuentes naturales:

$$Fi = Pi * L$$

$$Pi = Fi * A$$

Donde:

Fi: Factor de emisión.

Pi: Rendimiento de contaminante.

L: Carga de combustible consumida (masa de bosque como combustible/unidad de bosque quemado)

Este factor fue tomado del libro de Estudios en la selva amazónica de Venezuela.

A: Área de superficie quemada.

E: Emisiones totales del contaminante.

En la siguiente tabla y gráfico se pueden apreciar las emisiones generadas por los incendios en donde el CO es el compuesto emitido en mayor proporción, seguido del material particulado.

Tabla 4.74 Emisiones generadas por incendios forestales

MES	L (Ton/Ha)	Pi MP (lb/Ton)	Pi CO (lb/Ton)	Pi NO _x (lb/Ton)	MP (Ton/mes)	CO (Ton/mes)	NO _x (Ton/mes)
1	78.1	17	140	4	10.24	84.31	2.41
2	78.1	17	140	4	6.02	49.60	1.42
3	78.1	17	140	4	0.60	4.96	0.14
4	78.1	17	140	4	0.30	2.48	0.07
5	78.1	17	140	4	0.18	1.49	0.04
6	78.1	17	140	4	0.60	4.96	0.14
TOTAL					17.95	147.80	4.22

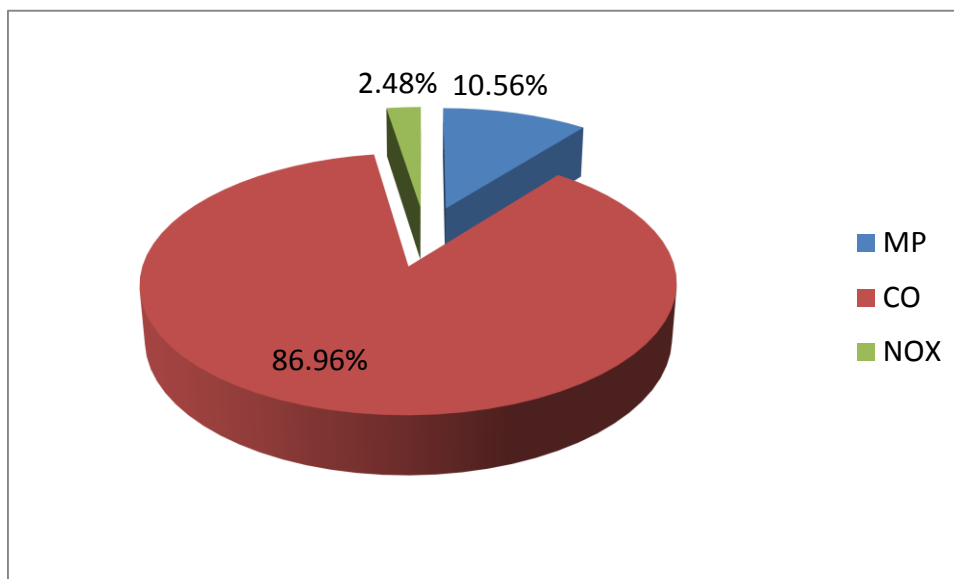


Figura 4.37 Emisiones generadas por los incendios forestales

4.4.3. RESULTADOS DE EMISIONES TOTALES

De acuerdo al siguiente gráfico, las fuentes naturales emiten en mayor proporción compuestos orgánicos volátiles, los cuales son aportados por procesos naturales que realiza la naturaleza como la

acción enzimática, daños a la membrana, polinización, funciones vitales, desarrollo y crecimiento y mecanismos de defensa. El monóxido de carbono es aportado en su totalidad por los incendios. Los óxidos de nitrógeno al igual que los COVs son emitidos en su mayoría por los procesos naturales, en menor proporción 15.5% por los incendios. El material particulado es producto de la quema de la vegetación.

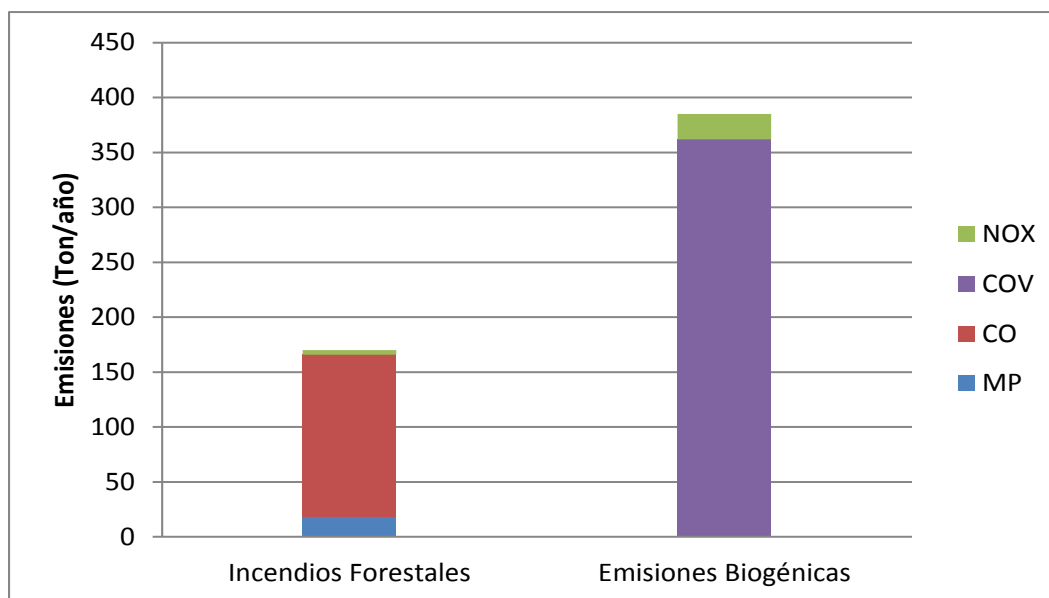


Figura 4.38 Emisiones totales de las fuentes naturales

147

4.5. INVENTARIO DE EMISIONES TOTALES

El total de emisiones en peso y porcentaje se para los contaminantes estudiados en este inventario, se muestran en la Tabla 4.75 y la Tabla 4.76.

Tabla 4.75 Emisiones Totales en toneladas/año

FUENTE	PST (Ton/año)	PM ₁₀ (Ton/año)	PM _{2.5} (Ton/año)	NO _x (Ton/año)	SO _x (Ton/año)	COV (Ton/año)	CO (Ton/año)	CO ₂ (Ton/año)
FIJAS	207.23	11.02	0.01	170.73	124.68	8.49	71.45	84
NATURALES	17.95			27.22		362	147.80	
AREA	11421.76	5799.37	572.73	1181.91	690.16	19715.46	322.37	224.59
MOVILES	4004.70			23766.77	281.09	81065	374511.86	2534290.2
TOTAL	15651.63	5810.39	572.74	25146.63	1095.93	101150.95	375053.47	2534598.8

Tabla 4.76 Aportes realizados por las diferentes fuentes

FUENTE	PST	PM10	PM2.5	NOX	SOX	COV	CO	CO2
FIJAS	1.3%	0.2%	0.002%	0.7%	11.4%	0.0%	0.0%	0.00%
NATURALES	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.4%	0.0%	0.00%
AREA	73.0%	99.8%	99.998%	4.7%	63.0%	19.5%	0.1%	0.01%
MOVILES	25.6%	0.0%	0.0%	94.5%	25.6%	80.1%	99.86%	99.99%

FUENTE	PST	PM10	PM2.5	NOX	SOX	COV	CO	CO2
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

El total de emisiones del área urbana de la jurisdicción del DAGMA muestra que el contaminante más abundante en peso es el dióxido de carbono, presentando una emisión aproximada de 2'534.599 Ton/año, generadas principalmente por las fuentes móviles a las que les corresponde el 99.99%, esto se debe a la combustión de los diferentes combustibles. En segundo lugar se encuentra el monóxido de carbono el cual es emitido también por las fuentes móviles, con emisiones aproximadas de 374.512 Ton/año.

Los compuestos orgánicos volátiles al igual que el monóxido y dióxido de carbono es emitido en mayor proporción por las fuentes móviles con aportes del 80% (81.065 Ton/año), seguido de las fuentes de área con un aporte del 19.5%.

Como se observa en la Figura 4.39, las fuentes de área realizan su mayor aporte en emisiones de PST PM₁₀, PM_{2.5} y SO_x con emisiones de 11422 Ton/año, 5799 Ton/año, 573 Ton/año y 690Ton/año respectivamente. El material particulado en fuentes de área es emitido en su gran mayoría por el trabajo y explotación de minerales y los óxidos de azufre por la combustión de fuentes estacionarias las cuales hacen referencia a la distribución de combustibles y a los combustibles utilizados en el sector doméstico y comercial.

Así como los COVs, CO₂ y CO las fuentes móviles son las principales responsables de las emisiones de NOX con un aporte del 94.5% equivalente a 23767 Ton/año, encontrándose que la categoría que más emite este contaminante y el CO₂ son los taxis que utilizan gasolina como combustible. El CO y los COVs son emitidos en mayor cantidad por las motos.

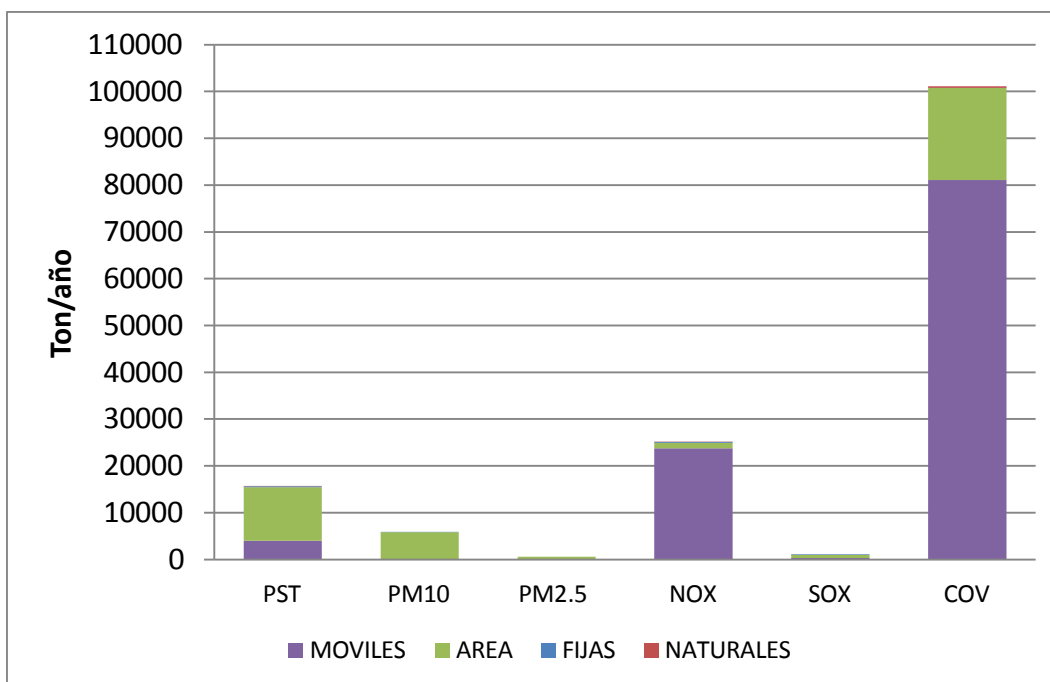


Figura 4.39 Emisiones totales por tipo de fuente

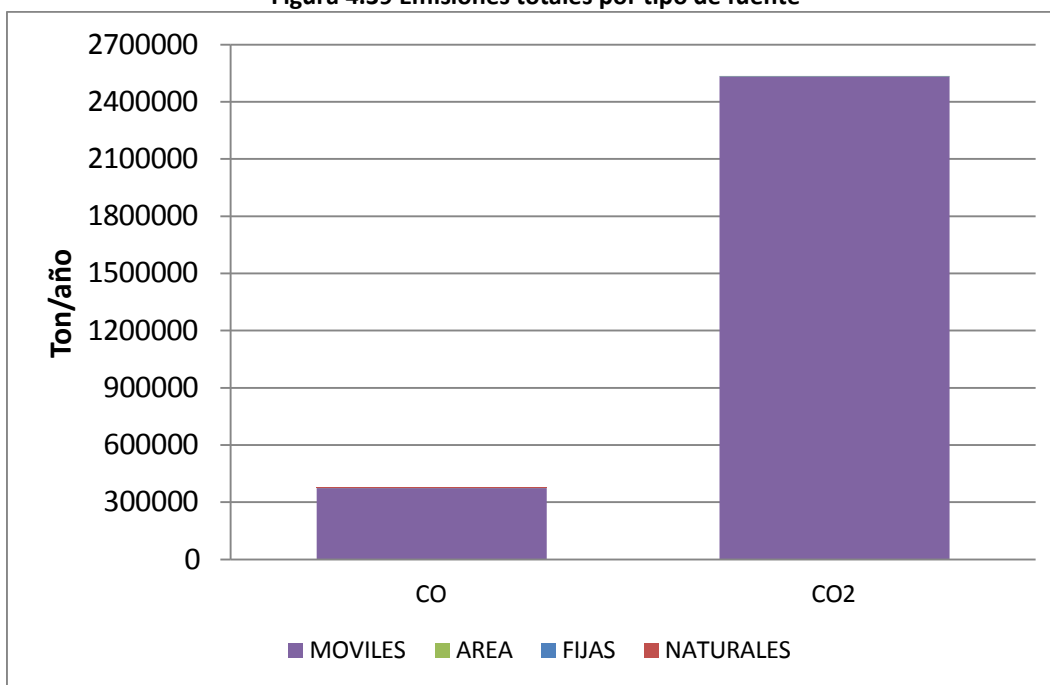


Figura 4.40 Emisiones totales por tipo de fuente

4.6. HUELLA DE CARBONO

Los malos hábitos de vida, el desmesurado uso de los suelos y el consumo masivo de los recursos naturales han venido generando modificaciones en el ambiente, como lo es el cambio climático y calentamiento global. Estas alteraciones que ha tenido el medio ambiente es generado por los llamados Gases Efecto Invernadero (GEI), “que son las suma de gases que integran la atmósfera, de origen natural

y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la tierra, la atmosfera y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero”²⁷.

El vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), y ozono (O₃) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además existe en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero totalmente producidos por el hombre, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro, de las que se ocupa el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, N₂O, y CH₄, el Protocolo de Kiyoto aborda otros gases de efecto invernadero, como el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC).

A la suma de estos gases se les puede denominar Huella de Carbono, que es la medida del impacto que provocan las actividades del ser humano en el medio ambiente y se determinan según la cantidad de gases efecto invernadero producidos, medidos en unidades de dióxido de carbono equivalente.

Una huella de carbono se compone de dos partes, una huella primaria y secundaria. La huella primaria es la suma de las emisiones de dióxido de carbono directamente de la quema de combustibles fósiles, como el consumo de energía doméstica por los hornos y calentadores de aguas, y el transporte, como los automóviles y los viajes de avión. La huella secundaria es la suma de las emisiones indirectas asociadas con la fabricación y distribución de todos los productos, servicios, alimentos y negocios de un individuo²⁸.

Para determinar el CO₂ equivalente, primero se cuantificaron las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) generadas por las diferentes actividades. En el siguiente cuadro se encuentran los factores de emisión utilizados:

150

²⁷ http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/mercury-in-cfl/es/mercurio-lamparas-bajo-consumo/glosario/ghi/gas-efecto-invernadero.htm

²⁸ <http://whatis.techtarget.com/definition/carbon-footprint>

Tabla 4.77 Factores de emisión para determinación de emisiones por GEI

ACTIVIDAD	COMBUSTIBLE CONSUMIDO	VALORES CALORIFICOS NETO (TJ/Ton)	FE CO2*	FE CH4**	FE N2O***	FUENTE
Consumo de combustible (Industrias)	GAS NATURAL	0.0465	56100	56100	0.1	METODOLOGIA IPCC
	ACPM	0.0465	69300	69300	0.6	
	CARBON	0.0258	94600	94600	1.5	
	COMBUSTOLEO	0.0404	77400	77400	0.6	
	MADERA	0.0156	112000	112000	1.5	
	BIOGAS	0.048	56100	56100	0.03	
	GAS PROPANO	0.0465	56100	56100	0.1	
Consumo de combustible (Sector doméstico y comercial)	GASOLINA	0.0443	69300	3	0.6	
	GAS NATURAL	0.0465	56100	1	0.1	
	GLP	0.043	74100	3	0.6	
	KEROSENE	0.0441	71500	3	0.6	
	LEÑA	0.0156	112000	10	1.5	
	QUEMA CAÑA DE AZUCAR	0.0116	100000	30	4	
	DIESEL	0.0465	69300	3	0.6	
Generación de energía eléctrica	N/A	N/A	0.57923745649 [CO2 -equivalente per cápita (Ton/año)]	N/A	N/A	EPA (http://www.epa.gov/climatechange/ghg-emissions/ind-calculator.html#c=waste&p=reduceWaste&m=calc_instructions)
Generación de residuos	N/A	N/A	0.37285292814 [CO2-equivalente-per cápita (Ton/año)]	N/A	N/A	EPA (http://www.epa.gov/climatechange/ghg-emissions/ind-calculator.html#c=waste&p=reduceWaste&m=calc_instructions)

*kg de gas efecto invernadero por TJ sobre una base calorífica neta

**kg de gas efecto invernadero por TJ sobre una base calorífica neta

***kg de gas efecto invernadero por TJ sobre una base calorífica neta

Luego de tener las diferentes emisiones generadas por los gases CH₄ y N₂O se multiplicaron por el potencial de calentamiento global (Ver Tabla 4.78), para esto se utilizó la siguiente ecuación:

$$CO_2 eq = E_{GEI} * PCG$$

Donde:

CO₂ eq: Emisión de dióxido de carbono equivalente en Ton/año

E_{GEI}: Emisión del gas efecto invernadero en Ton/año

PCG: Potencial de calentamiento global

Tabla 4.78 Potenciales de calentamiento global

CONTAMINANTE	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

El dióxido de carbono de las actividades de consumo de combustible por industria, distribución y consumo de combustible sector doméstico y comercial y transporte se reportó el determinado en fuentes fijas, fuentes de área y fuentes móviles respectivamente.

En la Tabla 4.79 y la Figura 4.41 se pueden observar las emisiones por las diferentes actividades realizadas por los habitantes de la ciudad de Santiago de Cali.

152

Tabla 4.79 Emisiones de CO₂ equivalente por actividad

ACTIVIDAD	CO ₂ eq (Ton/año)	%CO ₂ eq
CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR INDUSTRIAS	981.04	0.02%
DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE SECTOR DOMÉSTICO Y COMERCIAL	3426.28	0.07%
GENERACIÓN DE RESIDUOS	832586.55	17.85%
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	1293446.51	27.73%
TRANSPORTE	2534290.17	54.33%
TOTAL	4664730.56	100%

De acuerdo a los cálculos realizados la actividad que genera mayores emisiones de CO₂ es la de transporte ya que allí se produce la combustión de los combustibles fósiles. Esta actividad aporta el 54.33% de la Huella de Carbono de Cali con emisiones aproximadas en peso de 2534290 Ton/año. El consumo de energía eléctrica también realiza aportes significativos con emisiones de 1293446.5 Ton/año que equivalen al 28% del CO₂ equivalente producido.

La generación de residuos es considerable ya que hace parte del 18% de la huella de carbono, esta actividad produce 832587 toneladas al año de CO₂. El relleno sanitario de Navarro aporta un 8.3% de las

emisiones de CO₂ equivalente. Aunque los porcentajes de aporte de la distribución y consumo de combustibles no son elevados, sus emisiones son importantes ya que son aproximadamente 4500 toneladas al año de CO₂ equivalente.

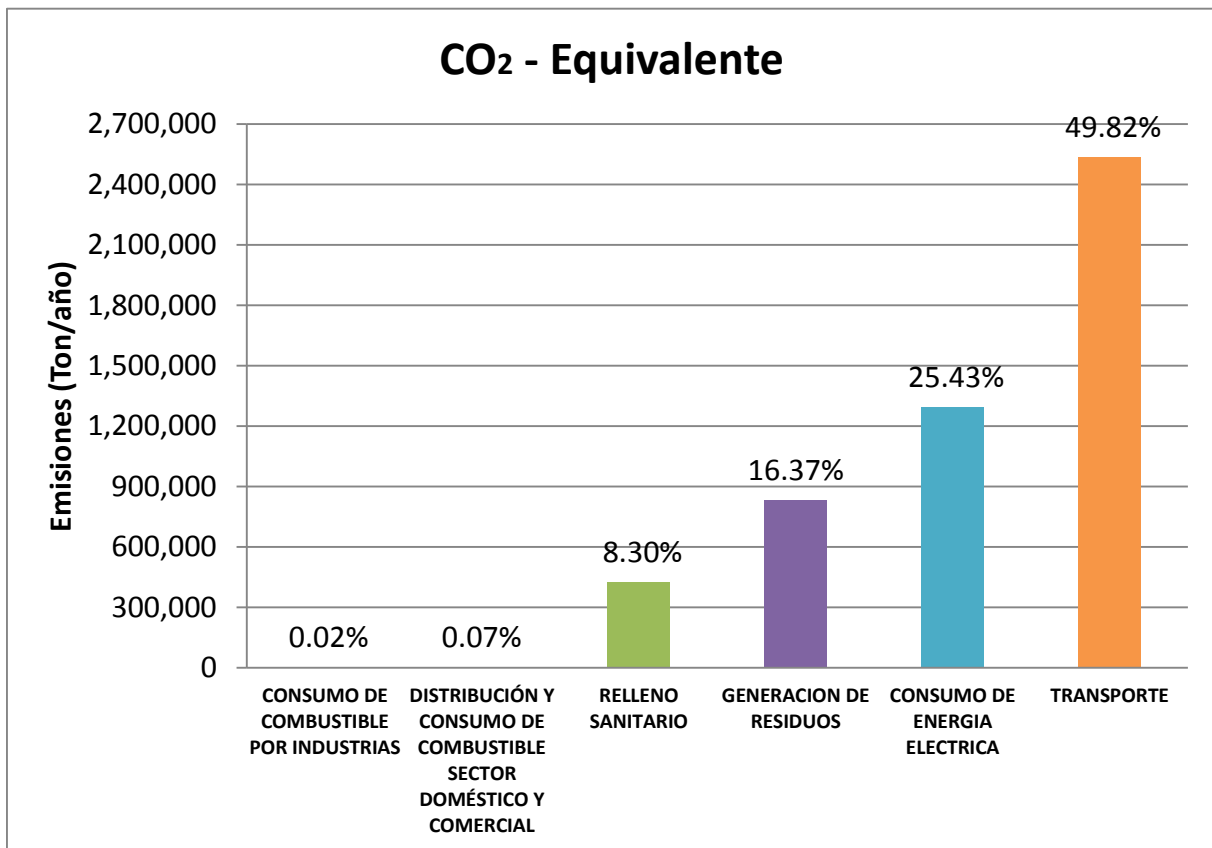


Figura 4.41 Emisiones de CO₂ equivalente por actividad

5. AUDITORIA DIAGNÓSTICO DOCUMENTAL REQUISITOS TÉCNICOS

5.1. OBJETIVO

Realizar entrega de la documentación correspondiente a la implementación de la Norma ISO IEC 17025 para fines de acreditación ante el IDEAM

5.2. ALCANCE

Aplica para la Red de Vigilancia de Calidad del Aire de Cali (DAGMA) y el laboratorio de pesaje de filtros PM_{2.5}.

5.3. GENERALIDAD

La implementación de la Norma ISO IEC 17025 en la Red de Vigilancia de Calidad del Aire de Cali, tiene como finalidad obtener la acreditación ante el IDEAM; debido a esto fue necesaria la armonización con dicha norma y la implementada actualmente por la Alcaldía de Cali, Norma GP1000, en cuanto a documentación existente en las que se presentaran referencias cruzadas.

5.4. RELACIÓN DE DOCUMENTOS

A continuación se relacionan los procedimientos, instructivos y formatos elaborados que deben ser implementados con fines de acreditación, así mismo hacen referencia a cada numeral.

Tabla 5.1 Relación de documentos

NUMERAL	DOCUMENTO
2.0	Compendio normativo de contratación estatal
	Ley 1474 de 2011
	Decreto nacional 2011
	Aspectos generales del proceso contractual
	Instructivo norma fundamental
	Norma 17025:2005
4.2	Acta de confidencialidad
	Compromiso de confidencialidad
	Manual de calidad
	Organigrama
4.3	Procedimiento control de documentos
	Listado general de documentos internos y externos
	Solicitud de elaboración de documentos
4.4	No Aplica
4.5	No Aplica
4.6	Procedimiento de compras

NUMERAL	DOCUMENTO
	Evaluación y reevaluación de proveedores
4.7	Encuesta de satisfacción del cliente
4.8	Procedimiento de atención a quejas
	Formato Registro de quejas
4.9	Formato control de trabajo no conforme
	Procedimiento trabajo no conforme
	Formato reporte de no conformidades
4.11	Procedimiento acciones correctivas y preventivas
4.12	Procedimiento control de registro
	Listado general de registros
4.14	Procedimiento de auditorías internas
4.15	Formato de revisión por la dirección
5.2	Detección de necesidad de formación
	Formato evaluación de la capacitación
	Manual de funciones y responsabilidades
5.4	Formato rutina de verificación de la balanza
	Plantilla de mantenimiento de equipos
	Procedimiento manejo de filtros muestreador secuencial
	Procedimiento calibración de analizadores automáticos
5.5	Hoja de vida de equipos
	Acta de autorización de operación de equipos
	Procedimiento de verificación de la balanza
	Formato de verificación de la balanza
5.6	Procedimiento calibración de equipos analizadores
	Procedimiento de prueba de fugas
5.7	Instructivo de muestreo de todos los equipos e instructivos originales
5.8	Formato almacenamiento de datos
	Procedimiento de almacenaje y cuidado de filtros
	Procedimiento de almacenaje y cuidado de pesas patrón
5.9	Formato de cartas control
5.10	Procedimiento de informe de resultados

5.5. RECOMENDACIONES

Se recomienda leer todos los documentos y formatos para que estos sean adecuadamente implementados por las personas clave en el proceso de acreditación.

5.6. CONCLUSIONES

Con la documentación generada para el proceso de acreditación del DAGMA el laboratorio se encuentra listo para la implementación y posterior visita de auditoría.

Es necesario realizar una auditoría interna finalizando el mes de enero de 2013, con el fin de evidenciar No Conformidades y evaluar el modo de implementación a la fecha del personal clave de la acreditación.

Es necesario que para la fecha de la auditoria interna se hayan realizado las calibraciones respectivas a todos los equipos, evidenciando por medio de los registros implementados.

6. CONCLUSIONES

La ciudad presenta fragmentación ambiental. No hay un tratamiento integral a los componentes ambientales con los que cuenta.

La gran concentración de la población en la ciudad demanda un número importante de servicios cuyas emisiones, sumadas a las de origen doméstico, contribuyen de forma significativa a la contaminación urbana.

La conurbación o dependencia de los otros municipios con Cali en temas de servicios sociales y empleo ha generado saturación en los accesos a la ciudad y en la capacidad misma de las infraestructuras.

Para poder hacer un inventario de emisiones es de gran importancia el proceso que se lleva a cabo de recolección de información por lo tanto es necesario para actualizar el inventario de emisiones realizar mejoras en la gestión de la recolección de información.

La Industria que genera mayores emisiones de TSP por fuentes puntuales es la de la Fabricación de jabones y detergentes para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador, seguida de la Industria de Elaboración de azúcar.

157

La Industria que genera los mayores aportes en fuentes puntuales tanto de PM_{10} y SO_2 es lavado y limpieza de prendas de tela y de piel, con aportes mayores al 50%.

La Fabricación de otros productos elaborados de metal aporta el 97% de las emisiones de $PM_{2.5}$ en fuentes puntuales.

Más del 50% de las emisiones de NO_x en fuentes puntuales son debidas a la Fabricación de pasta de madera, papel y cartón.

Las Industrias que generan los mayores aportes de COVs en fuentes puntuales son la Fabricación de lámparas eléctricas y equipo de iluminación, la Fabricación de productos farmacéuticos y el Tratamiento y revestimiento de metales.

Más del 50% de las emisiones de óxidos de carbono por fuentes fijas son debidas a la Fabricación de productos farmacéuticos y la Fabricación de productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos.

Las emisiones de dióxido de carbono por fuentes fijas puntuales son emitidas en su gran mayoría por la industria la Fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético.

Las comunas que presentan mayores emisiones de contaminantes a la atmósfera son la 4, 8, 2 y la 5, las cuales representan el 96.5% del total de emisiones generadas en Santiago de Cali. El material particulado total es emitido en mayor proporción por la comuna 4 con un porcentaje del 49.2% (102 Ton/año) por industrias de fabricación de jabones y detergentes, elaboración de productos de panadería y tratamiento de revestimiento de metales. En estas industrias se encuentran procesos en los cuales intervienen calderas, hornos y estufas en donde se lleva a cabo la combustión de diferentes combustibles como el gas natural y el carbón. Estas emisiones de PST también son emitidas en gran proporción por las comunas 8 (47 Ton/año) y 5 (46 Ton/año) con porcentajes del 23% y 22% respectivamente, allí este aporte lo realizan las industrias como acabado de productos textiles y lavado y limpieza de prendas de tela y piel y elaboración de azúcar. El material particulado menor a 10 micras es emitido en su mayoría por la comuna 8, en donde hay industrias de lavado y limpieza de telas y de piel y acabado de productos textiles, la sumatoria de las emisiones de las comunas 4 y 2 alcanza el 24% (2.65 Ton/año) y allí se encuentran industrias como las actividades de impresión y la fabricación de productos farmacéuticos. El material Particulado menor a 2.5 micras es emitido por las industrias que se encuentran en las comunas 5 y 4. Estas emisiones (1.3×10^{-2} Ton/año) son generadas por las industrias de fabricación de productos elaborados de metal.

Al igual que el material particulado menor a diez micras los dióxidos de azufre son emitidos por las industrias que se encuentran en la comuna 8 con emisiones en peso aproximadas de 118 Ton/año (89%), en esta comuna se encuentran las industrias de lavado y limpieza de prendas de tela y de piel las cuales son las causantes de las emisiones de este tipo de contaminante. Los óxidos de nitrógeno son emitidos por las industrias de fabricación de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón que se encuentran en la comuna 2 con emisiones de 107 Ton/año.

158

En la comuna 4 es donde se generan la mayor cantidad de compuestos orgánicos volátiles, dióxido de carbono y monóxido de carbono, allí se encuentran industrias como la de fabricación de productos farmacéuticos, fabricación de jabones y detergentes, tratamiento y revestimiento de metales, fabricación de productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos y la fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético. Las dos primeras industrias son las generadoras de COVs con emisiones aproximadas de 3.61 Ton/año.

La fabricación de productos farmacéuticos, fabricación de jabones y detergentes y la fabricación de productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos son las generadoras de las mayores emisiones de monóxido de carbono con emisiones de 45.9 Ton/año que equivale al 64% de las emisiones de Cali. El 99% de las emisiones de dióxido de carbono son emitidas en la comuna 4 por empresas que se dedican a fabricar plásticos y caucho sintético.

La ciudad de Cali se caracteriza por presentar aglomeraciones empresariales en todos los sectores de la actividad económica lo que genera concentración de emisiones atmosféricas específicas; por ejemplo las actividades de impresión, edición, y artes gráficas se concentran en la comuna 3 de Cali lo que concentra gran cantidad de COV en esa comuna.

Las fuentes de área que se encuentran dispersas en todo el municipio corresponden a estaciones de gasolina; panaderías, construcciones.

En la comuna 3, 4, 8 y 9 se encuentran concentradas la mayor densidad espacial de estaciones de gasolina, prediciendo que sería en ellas donde hay gran concentración de los COV. Las comunas 17, 18, 20 y 22 por el contrario presentan la más baja concentración de estaciones de servicio.

La mayor concentración de fuentes de área relacionadas con la actividad de impresión corresponde a la comuna 3 y 9.

Las fuentes de área en la ciudad de Cali corresponden en su gran mayoría a microempresas constituidas con baja tecnología, por lo que el control de emisiones atmosféricas aun representa una necesidad para ellas.

Con relación a las panaderías su mayor concentración se produce en las comunas 11, 13, 14, 15 y 16 y la menor en las comunas 17 y 22. En la mayoría de las comunas la elaboración de productos de panadería es el principal renglón industrial, el promedio de panaderías por comuna es de 25, llegando en algunos casos a tener 60 panaderías como es el caso de la comuna 13 y 15; lo que indicaría gran concentración de COV en ellas.

La sustitución de combustibles pesados como el combustóleo y el diesel por gas natural ha ayudado a reducir sensiblemente la emisión de bióxido de azufre en estos últimos años.

159

En el sector de trabajo y la explotación minera, las fuentes que más aportaron material particulado total fueron las construcciones civiles realizadas en el año 2011 y las vías no pavimentadas generaron las mayores emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$. Con relación a la minería en la ciudad, la cuantificación de emisiones es muy difícil ya que gran parte de la minería es ilícita y por lo tanto no se encuentra cuantificada su producción.

En la ciudad existe gran cantidad de comunas cuya identidad de residencial, de servicios o industrial no se encuentra diferenciada, haciendo más difícil la caracterización de las fuentes de área.

Desde el acuerdo 069 del 2000, la ciudad ha sufrido transformaciones, relacionadas con el territorio, en el ámbito social y económico, pero las dinámicas actuales presentan una realidad territorial que no corresponde a lo planeado con el POT vigente. Es por esto que se requiere un ajuste de la directriz, para que se adecúe a las necesidades actuales del municipio, ya que cada una de ellas influye directamente en el manejo ambiental de Cali.

Los últimos estudios de la problemática en CALI resaltan el deterioro ambiental en el que se encuentran los recursos naturales que son transversales en el territorio, así como también la fragmentación que existe en cuanto a acciones encaminadas al cuidado de los mismos que generan la pérdida de su continuidad.

En conclusión en fuentes de área el Sector de Combustión en fuentes estacionarias es el mayor generador de los contaminantes NOX, SO2 y CO2. El sector que genera mayores emisiones de material particulado total es el de trabajo y explotación de minerales. El uso de solventes es el sector que emite mayores emisiones de COVs. El contaminante CO2 es emitido en menor proporción que los otros contaminantes. En porcentajes el 96 % de PST es generado por explotación de materiales. EL 76% de PM10 es generado por la combustión de fuentes estacionarias. Más del 90% de SO2, NOX y CO2 son generados por combustión en fuentes estacionarias. Los Compuestos Orgánicos volátiles son generados por uso de solventes. El 100% del CO2 es emitido por el sector de combustión de fuentes estacionarias. Más del 70% de PM2.50 y CO son generados por el sector de agricultura y pecuaria.

Los tipos de vías que generan más emisiones acumuladas son las P10 y P7 debido a que estas se encuentran en mayor proporción en la ciudad de Cali, pero al analizar las características de cada uno de los tipos de vías se puede decir que las vías P4, P3, P1 y P2 son las mayores generadoras de emisiones por kilómetro, es decir mayor flujo vehicular.

Los contaminantes generados por las fuentes móviles, CO₂, CO, VOC, NO_x, PM, SO_x, tienen un comportamiento en el cual las horas en que se generan los máximos de emisiones son entre las 6 y 7 de la mañana y las 5 y 6 de la tarde que es cuando comienza y termina la jornada laboral de la mayoría de los Calienses. Estos contaminantes son emitidos en mayor proporción por los taxis y las motos. En dónde el material particulado los compuestos orgánicos volátiles y el monóxido de carbono son aportados por las emisiones generadas por la combustión en las motos. Los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el dióxido de carbono son generados por los taxis seguidos de los autos y los buses.

160

De acuerdo a las emisiones generadas por combustible, la gasolina es la que genera las mayores emisiones de todos los contaminantes emitidos por las fuentes móviles, pero esto se da debido a que el parque automotor registrado en la ciudad de Santiago de Cali utiliza mayor cantidad de este combustible que de ACPM y gas natural.

Las fuentes naturales emiten en su mayoría compuestos orgánicos volátiles con un total de 274 ton/año, lo que representan un 71% de las emisiones.

Las emisiones de fuentes naturales obedecen a que en Santiago de Cali predominan las zonas bosques secos tropicales y en especial árboles de hojas no perenes, es decir que en ciertas épocas del año, estos árboles no tienen hojas por lo tanto no generadores de emisiones en esas épocas.

Las emisiones generadas por los incendios forestales aunque se tomaron como fuentes naturales estas obedecen a la intervención del hombre. Allí se emiten compuestos como el monóxido de carbono, material particulado y óxidos de nitrógeno por la combustión que ocurre en este proceso. Las mayores emisiones por incendios forestales son las de monóxido de carbono, con un aporte del 87% de las emisiones por fuentes naturales.

La fuente que emite las mayores emisiones de PST, PM10, PM2.5 y SOX son las fuentes de área con aportes del 73%, 99.8%, 99.9% y 63% respectivamente. El material particulado es debido a los trabajos y explotación de minerales específicamente por las construcciones y las emisiones generadas por las vías no pavimentadas. Los óxidos de azufre son emitidos por la combustión de fuentes estacionarias específicamente por el ACPM.

Los compuestos orgánicos volátiles, los óxidos de nitrógeno, el monóxido y dióxido de carbono son emitidos en mayor proporción por las fuentes móviles con porcentajes de 80%, 95%, 99.9% y 99.9%. Las emisiones generadas por CO₂ y NO_x son debidas a la combustión de la gasolina generada en los motores de los taxis, los autos, los buses. Los COVs y el CO son emitidos en general por las motos.

Las fuentes a las cuales se les debe hacer un mayor seguimiento por sus aportes realizados al medioambiente, son las fuentes de área y móviles, debido a que son las generadoras de más del 80% de los contaminantes evaluados en el proyecto de Fortalecimiento Tecnológico de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire y Evaluación de la Contaminación Atmosférica de la Ciudad de Santiago de Cali. Aunque estas fuentes sean las que generan mayores emisiones, no quiere decir que a las fuentes puntuales no se les deba implementar medidas de reducción de los contaminantes que están emitiendo.

La huella de carbono generada por las actividades Antropogénicas en Santiago de Cali, indica que la actividad que emite más CO₂ equivalente al ambiente es el transporte con aportes del 50% de dicho contaminante. El consumo de energía es otra actividad que hay que tener muy presente ya que genera aproximadamente un millón 294 mil toneladas al año. La generación y disposición de los residuos aportan un 24% del total de las emisiones lo que implica la generación aproximada de 1255000 Ton/año. Las actividades que generan menores emisiones de gases efecto invernadero son la distribución y consumo de combustibles en los tres sectores, industrial, doméstico y comercial. Aunque estos aportes sean menores no son insignificantes ya que son 4500 Ton/año de GEI.

Debido a los resultados generados por el inventario de emisiones se desarrolló un plan de descontaminación ambiental el cual debe ser implementado para poder reducir las emisiones generadas en la ciudad de Santiago de Cali.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Protocolo Para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Bogotá, marzo 2010.
- Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Plan de Ordenamiento Territorial. Documento Resumen. Santiago de Cali. 2000.
- Radian International LLC. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen II. Diciembre, 1997.
- Querol Carceller, Xavier. El Material Particulado Atmosférico. Congreso Nacional del Medio Ambiente, Cumbre del Desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 909 del 5 de junio de 2008.
- Proyecto Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Manual bases técnicas para el programa de inventarios de emisiones. República de Colombia. Última actualización.
- Proyecto Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Manual de evaluación del programa de inventario de emisiones. República de Colombia. Última actualización.
- Proyecto Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Manual de inventario de fuentes según propósito. República de Colombia. Última actualización.
- Proyecto Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Manual guía para el almacenamiento y manejo de la información de los inventarios. República de Colombia. Última actualización.
- Proyecto Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. Manual documentación de inventario de emisiones. República de Colombia. Última actualización.
- Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Guía para la Auditoría a Redes Automáticas de Monitoreo de Calidad del Aire. Enero de 2004.
- DANE, Censo Económico de Cali – Yumbo 2005, Censo de Población 2005, Colombia.
- Ospina, J I, Cuentas económicas de Santiago de Cali 1990 -2008. Cali, 2009.
- Alcaldía de Santiago de Cali, Departamento Administrativo de Planeación Municipal, clasificación industrial internacional uniforme, Valle del Cauca .2002
- Ministerio de minas y energía, Dirección de Hidrocarburos, estaciones de servicio automotriz certificadas por los organismos de certificación, sin incluir zonas de frontera.
- Cámara de Comercio de Cali – Fundación AlvarAlice – El País- Casa Editorial El Tiempo – Fundación, informe evaluación de la calidad de vida en Cali, 2010.
- Corporación para el desarrollo industrial de la biotecnología y producción – Unidad de Planeación Minero Energética UPME, determinación de la contaminación ambiental debida al porcentaje de evaporación en las gasolinas Colombianas, Bogotá, 2004
- Ángulo .Huertas, J. Restrepo, G. caracterización de partículas suspendidas (PST) y partículas respirables (PM10) producidas en áreas de explotación carbonífera a cielo abierto. Información tecnológica vol. 22.2011

- República de Colombia Ministerio de Minas y Energía –UPME, proyección de demanda de combustibles líquidos y GNV en Colombia, Bogotá, 2010.
- Observatorio Económico y Social del Valle del Cauca, Atlas empresarial y elementos estructurantes del desarrollo en Cali y el Valle del Cauca. N° 8, 2008.
- Environmental Protection Agency, EPA. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42. Fifth Edition. Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 5: Petroleum industry. Subsection 5.2: Transportation And Marketing Of Petroleum Liquids. U.S.A 2007.
- <http://es.scribd.com/doc/41578179/21/Combustion-residencial-de-lena>
- http://planeacion.cali.gov.co/Publicaciones/Cali_en_Cifras/Caliencifras2011.pdf
- <http://www.fedebiocombustibles.com/v2/main-pagina-id-6.htm>
- <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/97-155sp.html>
- http://www.epa.gov/dfe/pubs/garment/dcfaq/dc_faq.htm
- http://www.cleanshester.com/home/descargas/msds/MSDS_522.pdf
- <http://www.monfel.com/Especificacion/THINNER%20ESTANDAR.pdf>
- http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-6172/es/contenidos/manual/eprtr/es_guia/adjuntos/agroalimentario.pdf
- <http://www.cali.gov.co/valorizacion/publicaciones.php?id=45577>
- http://www.fendipetroleo.com/web_fendipetroleo/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=78
- <http://www.fedebiocombustibles.com/v2/>
- <http://www.ecopetrol.com.co/>
- <http://www.simco.gov.co/simco/Estad%EDsticas/AnuarioEstadisticoMinero/tabid/110/Default.aspx>
- <http://www.minminas.gov.co/minminas/>
- <http://www.andi.com.co/>
- <http://fedemaderas.org.co/>
- <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/>
- <http://www.minagricultura.gov.co/inicio/default.aspx>
- http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=96&Itemid=96
- http://www.finagro.com.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-268&p_options
- <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/OLGA%20BAQUERO/CCG%20Minas%20VALLE%20DEL%20CAUCA%2027Febrero2010.pdf>
- [http://www.upme.gov.co/Docs/Energia/PROYECC_DEMANDA_ENERGIA_OCTUBRE_2010 .pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Energia/PROYECC_DEMANDA_ENERGIA_OCTUBRE_2010.pdf)
- http://www.simco.gov.co/portals/o/otros/produccion_de_carbon.pdf
- http://rse.larepublica.com.co/archivos/MACRO/2007-12-06/cali-baja-el-consumo-de-gasolina_13907.php
- [http://www.siame.gov.co/Portals/0/Evaporacion_Gasolinas.pdf.](http://www.siame.gov.co/Portals/0/Evaporacion_Gasolinas.pdf)
- <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/OLGA%20BAQUERO/CCG%20Gas%20VALLE%20DEL%20CAUCA%2027Febrero2010.pdf>
- http://planeacion.cali.gov.co/Publicaciones/Cali_en_Cifras/Caliencifras2010.pdf

- http://www.cisproquim.org.co/HOJAS_SEGURIDAD/GLP.pdf
- <http://www.busquecarro.com.co/noticia/el-acpm-en-colombia-ya-no-sera-tan-contaminante>
- http://www.sipg.gov.co/sipg/documentos/Proyecciones/2010/PROYECC_DEM_DO_GM_GNV_SEPT_2010.pdf. Página 7 .Enero 27 .2012 (Consumo)
- www.petromilsa.com/
- <http://www.sipg.gov.co/sipg/documentos/Demanda/GN/PROYECC%20DEM%20GN%20JUL%202010%20DEF.pdf>
- <http://www.ref.pemex.com/files/content/EspTec2006Almacenamiento.pdf>.(especificaciones técnicas de tanques de almacenamiento de combustibles.
- http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/bolet_eam_2010.pdf
- https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/021721/PAG_91-96.pdf),teniendo
- http://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=v7DGHcl_gbw%3D&tabid=1436
- http://cregas.creg.gov.co/pls/directdcd/directorio_fmt.listar_sector_gas?sectact=LM_GLP
- http://www.cisproquim.org.co/HOJAS_SEGURIDAD/GLP.pdf
- <http://es.scribd.com/doc/94624206/Ntc-1438-Caracteristicas-Biodiesel> (tipos de diesel)
- <http://www.tecnicombustibles.com/Ficha%20Tecnica%20ACPM.pdf>.Consultada agosto 4 2012)
- acpm
- http://cali.infoinfo.com.co/busqueda/cultivo_de_cana_de_azucar
- Gases de Occidente. Sr Jovan Giraldo del Departamento de facturación.
- <http://www.eiq.cl/pproust/si/equivalencia.html> -Equivalencia entre unidades.
- <http://online.unitconverterpro.com/es/tablas-de-conversion/conversor-alpha/factors.php?cat=power&unit=66&val=1> – Equivalencia entre unidades.
- <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/appendix/appa.pdf> .Apendice A .densidades .

ANEXOS

ANEXOS
