

INFORME FINAL ACTUALIZACION DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE SANTIAGO DE CALI

“ELABORAR EL PLAN DE CONTINGENCIA PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS AMBIENTALES RELACIONADAS CON LA CALIDAD DEL AIRE, ACTUALIZAR EL INVENTARIO DE EMISIONES E IDENTIFICAR LAS POSIBLES ÁREAS FUENTE DE CONTAMINACIÓN EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI”

CONTRATO DE CONSULTORÍA N° 0534 DE 2017

CONTRATANTE:

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA



CONTRATISTA:

FUNDACION SIN ANIMO DE LUCRO ECOLOGICA FULECOL

SANTIAGO DE CALI

FEBRERO DE 2018

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. GENERALIDADES .....	10
2.1. Ubicación General del municipio .....	10
2.2. Antecedentes .....	11
2.2.1. Inventarios de Emisiones .....	12
2.3. Ficha Técnica Inventario Emisiones .....	14
3. ELABORACIÓN INVENTARIO EMISIONES .....	15
3.1. Planeación.....	16
3.2. Recolección de Información .....	16
3.3. Cuantificación de Emisiones.....	17
3.4. Análisis de Resultados.....	18
3.5. Informe Final.....	18
4. MARCO CONCEPTUAL .....	19
4.1. Calidad del Aire.....	19
4.2. Contaminantes Considerados.....	22
4.2.1. Material Particulado.....	22
4.2.2. Compuestos Nitrogenados (NO <sub>x</sub> ).....	23
4.2.3. Dióxidos de Azufre (SO <sub>2</sub> ).....	25
4.2.4. Monóxido de Carbono (CO) .....	26
4.2.5. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) .....	27
4.2.6. Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ).....	28
4.3. Inventario de Emisión.....	30
5. INVENTARIO FUENTES FIJAS.....	31
5.1. Marco Normativo .....	31
5.2. Proceso Elaboración Inventario Fuentes Fija.....	32
5.2.1. Planeación.....	38
5.2.2. Recolección de Información .....	40

5.2.3. Cuantificación de Emisiones Fuentes Fijas .....	40
5.2.3.1. Conceptos básicos.....	42
5.2.3.2. Ecuaciones de balance.....	43
5.2.3.3. Evaluación de emisiones .....	45
5.2.3.4. Factores de Emisión .....	47
5.2.4. Análisis de Resultados.....	51
6. INVENTARIO FUENTES MÓVILES.....	59
6.1. Marco Normativo .....	59
6.2. Elaboración Inventario Fuentes Móviles.....	59
6.3. Recolección de Información Fuentes Móviles .....	62
6.3.1. Punto 1 - Avenida 3N con calle 34N .....	63
6.3.2. Punto 2 - Carrera 1 con calle 71e N .....	64
6.3.3. Punto 3 - Calle 70 con carrera 8 .....	66
6.3.4. Punto 4 - Carrera 15 con calle 26 .....	67
6.3.5. Punto 5 - Calle 16 con carrera 100 .....	69
6.3.6. Punto 6 - Calle 27 con Autopista Simón Bolívar .....	70
6.3.7. Punto 7 - Calle 58 con carrera 2 .....	72
6.3.8. Punto 8 - Paso ancho con autopista sur .....	73
6.3.9. Punto 9 - Calle 5 con carrera 15 .....	75
6.3.10. Punto 10 - Carrera 39 con carrera 12.....	76
6.3.11. Punto 11 - Calle 5 con carrera 94 .....	78
6.3.12. Punto 12 - Calle 73 con carrera 21 .....	79
6.3.13. Punto 13 - Calle 25 # 115-85 (UAO) .....	81
6.3.14. Punto 14 - Calle 5 con calle 10.....	83
6.3.15. Punto 15 - Calle 26 con carrera 8 .....	84
6.3.16. Punto 16 - Calle 73 con calle 72u .....	86
6.4. Cuantificación y Análisis de Emisiones Fuentes Móviles.....	90
7. CONCLUSIONES.....	98
8. BIBLIOGRAFÍA .....	100

FEBRERO DE 2018

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Ficha Técnica del Inventario.....	14
Tabla 2 Composición del aire limpio y seco.....	20
Tabla 3 Material Particulado.....	23
Tabla 4 Óxidos de Nitrógeno.....	24
Tabla 5 Dióxidos de Azufre.....	25
Tabla 6 Monóxido de Carbono.....	26
Tabla 7 Compuestos Orgánicos Volátiles.....	28
Tabla 8 Dióxido de Carbono.....	29
Tabla 9 Marco Normativo.....	32
Tabla 10 consolidado fuentes inventario 2012.....	33
Tabla 11 Tipos de Industrias Presentes en el área urbana de Santiago de Cali.....	35
Tabla 12 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Externa – Combustible Carbón.....	48
Tabla 13 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Externa – Combustible Fuel Oil.....	48
Tabla 14 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Externa – Combustible Fuel Oil.....	48
Tabla 15 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Externa – Gas Natural.....	49
Tabla 16 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Externa – Madera.....	49
Tabla 17 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Interna – Gas Natural.....	50
Tabla 18 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Interna – Gasolina.....	50
Tabla 19 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Interna – Diesel.....	51
Tabla 20 Poder Calorífico.....	51
Tabla 21 Actividades productivas susceptibles de realizar descargas atmosféricas.....	51
Tabla 22 Demanda energética de las fuentes de emisión.....	55
Tabla 23 Emisiones de contaminantes por actividad productiva (Ton/año).....	56
Tabla 24 Emisiones de contaminantes por comuna (Ton/año).....	57
Tabla 25 Marco normativo fuentes moviles.....	59
Tabla 26 Puntos de aforo vehicular.....	60
Tabla 27 horarios de aforos.....	62
Tabla 28 Aforos vehiculares.....	62
Tabla 29 Distribución vehículos punto 1.....	63
Tabla 30 Distribución vehículos punto 2.....	65



Tabla 31 Distribución vehículos punto 3 .....	67
Tabla 32 Distribución vehículos punto 4 .....	68
Tabla 33 Distribución vehículos punto 5 .....	70
Tabla 34 Distribución vehículos punto 6 .....	71
Tabla 35 Distribución vehículos punto 7 .....	72
Tabla 36 Distribución vehículos punto 8 .....	74
Tabla 37 Distribución vehículos punto 9 .....	75
Tabla 38 Distribución vehículos punto 10 .....	77
Tabla 39 Distribución vehículos punto 11 .....	79
Tabla 40 Distribución vehículos punto 12 .....	80
Tabla 41 Distribución vehículos punto 13 .....	82
Tabla 42 Distribución vehículos punto 14 .....	84
Tabla 43 Distribución vehículos punto 15 .....	85
Tabla 44 Distribución vehículos punto 16 .....	87
Tabla 45 Distribución vehicular (vehículo/día) .....	88
Tabla 46 Factores de emisión - PNUMA y TNT .....	90
Tabla 47 Emisiones fuentes móviles por tipo de vehículo .....	92
Tabla 48 Emisiones fuentes móviles por punto de aforo .....	95
Tabla 49 Emisiones fuentes móviles por tipo vehículo .....	97

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación general Cali.....	11
Figura 2 Metodología elaboración inventario emisiones .....	16
Figura 3 Ciclo completo de la contaminación atmosférica .....	22
Figura 4 Inventario fuentes fijas 2012 .....	34
Figura 5 Formato recolección información fuentes fijas.....	39
Figura 6 Unidad de proceso.....	42
Figura 7 Empresas y fuentes de emisión fijas por comuna.....	53
Figura 8 Fuentes Fijas Georreferenciadas.....	54
Figura 9 Empresas y fuentes de emisión fijas por actividad .....	55
Figura 10 Demanda energética de las fuentes de emisión .....	56
Figura 11 Distribución de emisiones de contaminantes de acuerdo a la actividad.....	57
Figura 12 Distribución de emisiones de contaminantes por comuna .....	58
Figura 13 Formato recolección fuentes móviles .....	61
Figura 14 Avenida 3N con calle 34N .....	63
Figura 15 Distribución porcentual vehículos - Punto 1.....	64
Figura 16 Carrera 1 con calle 71e N.....	65
Figura 17 Distribución porcentual vehículos - Punto 2.....	66
Figura 18 Calle 70 con carrera 8.....	66
Figura 19 Distribución porcentual vehículos - Punto 3.....	67
Figura 20 Carrera 15 con calle 26.....	68
Figura 21 Distribución porcentual vehículos - Punto 4.....	69
Figura 22 Calle 16 con carrera 100.....	69
Figura 23 Distribución porcentual vehículos - Punto 5.....	70
Figura 24 Calle 27 con Autopista Simón Bolívar.....	71
Figura 25 Distribución porcentual vehículos - Punto 6.....	72
Figura 26 Calle 58 con carrera 2.....	72
Figura 27 Distribución porcentual vehículos - Punto 7.....	73
Figura 28 Paso ancho con autopista sur .....	74
Figura 29 Distribución porcentual vehículos - Punto 8.....	75
Figura 30 Calle 5 con carrera 15.....	75

Figura 31 Distribución porcentual vehículos - Punto 9.....	76
Figura 32 Carrera 39 con carrera 12 .....	77
Figura 33 Distribución porcentual vehículos - Punto 10.....	78
Figura 34 Calle 5 con carrera 94.....	78
Figura 35 Distribución porcentual vehículos - Punto 11 .....	79
Figura 36 Calle 73 con carrera 21.....	80
Figura 37 Distribución porcentual vehículos - Punto 12.....	81
Figura 38 Calle 25 # 115-85 (UAO).....	82
Figura 39 Distribución porcentual vehículos - Punto 13 .....	83
Figura 40 Calle 5 con calle 10 .....	83
Figura 41 Distribución porcentual vehículos - Punto 14.....	84
Figura 42 Calle 26 con carrera 8.....	85
Figura 43 Distribución porcentual vehículos - Punto 15.....	86
Figura 44 Calle 73 con calle 72u.....	86
Figura 45 Distribución porcentual vehículos - Punto 16.....	87
Figura 46 Distribución vehicular por punto aforado.....	89
Figura 47 Distribución porcentual de vehículos contabilizados .....	89
Figura 48 Punto de aforo fuente móviles y extrapolación vial.....	91
Figura 49 Distribución emisiones por tipo de vía .....	96



FEBRERO DE 2018

## LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1. Formatos recolección información fuentes fijas.

ANEXO 2. Formatos recolección información fuentes móviles.

ANEXO 3. Base de datos depurada Cámara de Comercio Santiago de Cali.

ANEXO 4. Base de datos dinámica fuentes fijas y fuentes móviles.

ANEXO 5. Información aforos vehiculares.



## 1. INTRODUCCIÓN

El siguiente documento contiene la información relacionada con las actividades desarrolladas en el marco del contrato de consultoría 0534 cuyo objeto es “Elaborar el Plan de Contingencia para la atención de emergencias ambientales relacionadas con la calidad del aire, actualizar el inventario de emisiones e identificar las posibles áreas fuente de contaminación en la ciudad de Santiago de Cali”.

Este documento contiene la información relacionada con el Inventario de emisiones atmosféricas, con el objetivo principal de llevar a cabo la actualización del inventario general, la adaptación de la base de datos del modelo MODMED, la entrega de la base de datos recolecta, la divulgación y socialización de los resultados y la identificación de las posibles áreas fuente de contaminación.

Para llevar a cabo este componente se desarrolló una metodología que está compuesta por 5 fases que corresponde a la planeación, recolección de información, cuantificación de emisiones, análisis de resultados e informe final; dentro de esta metodología, se consideraron los contaminantes criterios definidos contractualmente, para la actualización de las emisiones atmosféricas estos son COV, PST, MP10, MP2.5, CO, NOX, SOX, CO2 considerándolos para las fuentes móviles y fijas del área urbana del Santiago de Cali. Dentro del documento se reportan las alteraciones ocasionadas por estos contaminantes emitidos a la atmosfera.

Es indispensable contar con un Inventario de Emisiones actualizado, con el fin de brindar herramientas a las Autoridades Ambientales para la gestión integral de la calidad del aire, la creación de políticas públicas de prevención y control de la contaminación atmosférica, como también para la implementación de medidas correctivas para la reducción de emisiones, y de esta manera para brindar conocimiento necesario al momento de la toma de decisiones, con base en la información suministrada por la cuantificación y espacialización de las emisiones generadas.

## 2. GENERALIDADES

Un inventario de emisiones atmosféricas es de vital importancia para la autoridad ambiental debido a que permite definir las políticas de prevención y control de la calidad del aire dentro del perímetro urbano; además sirve para establecer los parámetros de control o de instrumentación para implementar medidas preventivas y/o correctivas por parte del empresario, con la finalidad de reducir y controlar las emisiones generadas por la industria.

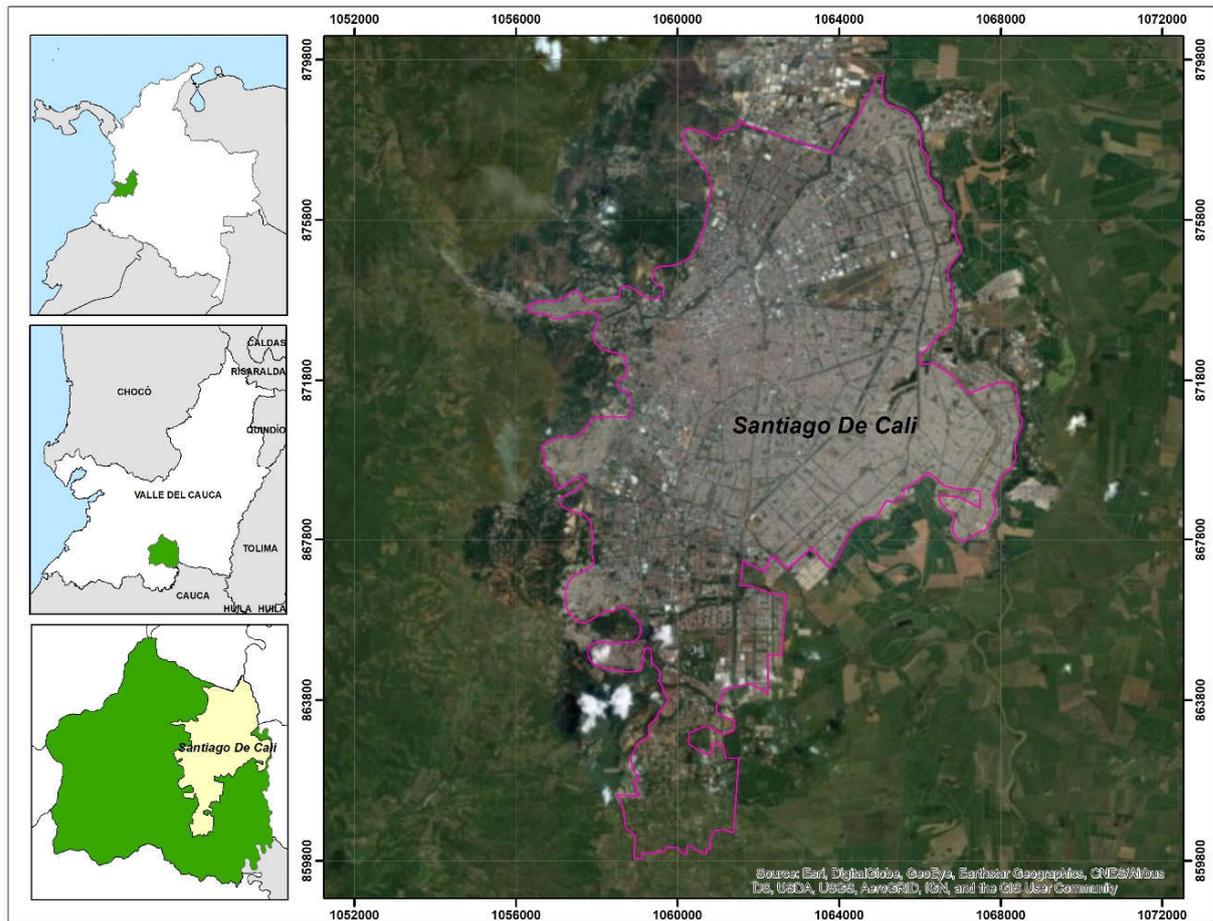
El inventario de emisiones es la base para el desarrollo integral de planes y programas para mejorar la calidad del aire, por tal razón tiene como prioridad recolectar y organizar la información que permita a las entidades municipales, departamentales y nacionales establecer las estrategias para el control de las emisiones. Estos inventarios permiten conocer la ubicación de las diversas fuentes de emisión, así como los tipos de contaminantes que generan cada una de ellas; al conocer la respectiva ubicación de las fuentes de emisión permiten establecer una vigilancia de la evolución de la contaminación atmosférica dentro del área de estudio.

A continuación, se presenta el ámbito de estudio establecido dentro del proyecto de la “Elaborar el Plan de Contingencia para la atención de emergencias ambientales relacionadas con la calidad del aire, actualizar el inventario de emisiones e identificar las posibles áreas fuente de contaminación en la ciudad de Santiago de Cali”.

### 2.1. Ubicación General del municipio

El municipio de Santiago de Cali está ubicado en el departamento del Valle del Cauca, al sur occidente de Colombia sobre la margen oriental de la cordillera Occidental, con un área aproximada de 560.300 hectáreas que comprenden rango altitudinal entre 950 msnm en el valle geográfico del río Cauca, hasta 4.070 msnm en el Parque Nacional Natural (PNN) Los Farallones (POT, 2014). Su ubicación geoestratégica lo convierte en un área de convergencia entre la región Pacífico y la Andina, posibilitando el cruce de los vientos marinos desde el Océano Pacífico hacia el Valle geográfico del río Cauca, al cual desembocan numerosas fuentes hidrográficas, entre los que se encuentran, el río Aguacatal, río Cali, río Meléndez, río Lili, río Cañaveralejo y río Pance. Esta dinámica natural articuladora, posibilita a 2.369.829 de habitantes (DAPM, 2015), una interacción poblacional única entre las culturas de ambas regiones, las cuales expresan sus formas de vida en 22 comunas de la zona urbana y 15 corregimientos de la rural.

**Figura 1 Ubicación general Cali**



El perímetro urbano ocupa una superficie de 21,24% del municipio, un poco más homogéneo en términos fisiográficos, puesto que la mayoría de las comunas se ubican en la zona plana, con la excepción de cinco de ellas que están ubicadas en piedemonte de la cordillera. No obstante, en este perímetro urbano converge el 99,6% de la población.

## 2.2. Antecedentes

La constitución política en sus artículos 79 y 80, consagra el derecho colectivo a gozar de un medio ambiente sano y el deber del estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales a fin de garantizar su desarrollo sostenible,



su conservación y restauración. Conforme a esto se consagra en el decreto ley 2811 de 1974 que la contaminación del aire es uno de los factores que deterioran e ambiente.

Dadas las consideraciones en materia legal y 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 dependiente de la Administración Central del Municipio, encargada por Ley de administrar dentro del perímetro urbano y suburbano, 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. (Concejo de Santiago de Cali, 1994)

### **2.2.1. Inventarios de Emisiones**

En el año 2010 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible adopto la política d eprevencion y control de la contaminación del aire PPCCA, la cual tiene por objeto “impulsar la gestión de la calidad del aire en el corto, mediano y largo plazo, con el fin de alcanzar niveles de calidad de aire adecuados para proteger la salud humana y dar cumplimiento al derecho de gozar de un medio ambiente sano. El diagnóstico de la calidad del aire, así como control y seguimiento de las fuentes de emisión, como responsables principales del deterioro en la calidad del aire son una de las piezas clave de dicha política. Es por esto que la identificación, determinación del origen y el aporte de cada tipo de fuente es de gran interés y utilidad para dicha gestión integral.

La necesidad de desarrollar o de tener un inventario de emisiones a nivel mundial parte de la Agenda 21 en la cumbre de Rio de Janeiro realizada en el año de 1992, donde se alentaba a todos los países reducir y controlar las emisiones al ambiente y realizar un respectivo seguimiento de los resultados obtenidos, un ejemplo de esto se puede ver reflejado en los inventarios realizados por diferentes urbes a nivel de Latinoamérica como nacional.

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. Es así como se realizó el inventario de emisiones en la región metropolitana de Santiago (Jaime Escobar M., 2010), donde la metodología con respecto a la determinación de las emisiones, los contaminantes tenidos en cuenta, las fuentes de emisión inventariadas y la importancia de este estudio, siguen los mismos lineamientos técnicos y de importancia como herramienta de gestión que esta actualización del inventario de la ciudad de Santiago de Cali desarrollado en este contrato de consultoría

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 2013 se realiza el inventario de emisiones del distrito portuario de Veracruz (México) y como en el caso del desarrollado en Chile la metodología y la importancia de dicho trabajo se ve reflejado en el documento final (PIMIENTO, 2013)

A nivel nacional se han adelantado inventarios de emisiones, con el fin de gestionar la calidad del aire y poder contabilizar las emisiones que las industrias aportan.

En la ciudad de Medellín, el Área Metropolitana del Valle del Aburra, en el año 2013, adelantó su actualización de Inventario de Emisiones, con un total de 562 fuentes de emisión asociadas a 196 empresas, determinado que la industria textil es la principal aportante de contaminantes criterio.

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), en el año 2015, adelantó su actualización del Inventario de Emisiones, con un total de 310 fuentes de emisión, determinando que el Carbón como combustible es la principal fuente aportante de Material Particulado, primordial contaminante en la jurisdicción

En la ciudad de Santiago de Cali en el año 2012 bajo el contrato de consultoría No 4133.0.26.1.173 se elaboró el primer Inventario de Emisiones para la ciudad de Santiago de Cali, en el cual se identificaron 289 fuentes fijas de emisión asociadas a 200 empresas, determinando que el 97% de las emisiones son generadas en las Comunas 4, 8, 2 y 5.

### 2.3. Ficha Técnica Inventario Emisiones

Un inventario de emisiones, es un instrumento para la gestión de la calidad del aire que permite conocer las emisiones contaminantes y las fuentes emisoras en un área geográfica específica y un periodo de tiempo determinado (normalmente un año). Un estudio completo debe abarcar todas las fuentes presentes en la zona definida y debe suministrar la localización, magnitud, frecuencia, duración y contribución relativa de ellas. Es importante aclarar que, los inventarios de emisiones no tienen en cuenta las reacciones de los contaminantes en la atmósfera, así como incertidumbres como contaminación de fondo entre otras suposiciones. Los resultados de los inventarios identifican las principales fuentes de contaminación dentro de la zona de estudio. Esta información puede ser útil para planificar los sistemas de gestión y los sistemas de vigilancia de la calidad del aire. (MAVDT, 2010)

Según el Manual para Inventarios de Emisiones del MAVDT; un inventario debe estar definido por el propósito que cumplirá, es por esto que define una ficha técnica como la siguiente:

**Tabla 1 Ficha Técnica del Inventario**

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
<b>Propósito</b>	Actualizar el Inventario de emisiones de fuentes fijas y móviles de la ciudad de Santiago de Cali
<b>Alcance</b>	Cuantificar las emisiones de fuentes fijas y móviles mediante el uso de la información recolectada.
<b>SVCA Asociado</b>	SVCA Santiago de Cali
<b>Ámbito Temporal</b>	Año Base: 2017 Año Inicial: 2012 Resolución Temporal: Anual
<b>Contaminantes Considerados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material Particulado 2.5</li> <li>• Material Particulado 10</li> <li>• Óxidos de Azufre</li> <li>• Óxidos de Nitrógeno</li> </ul>

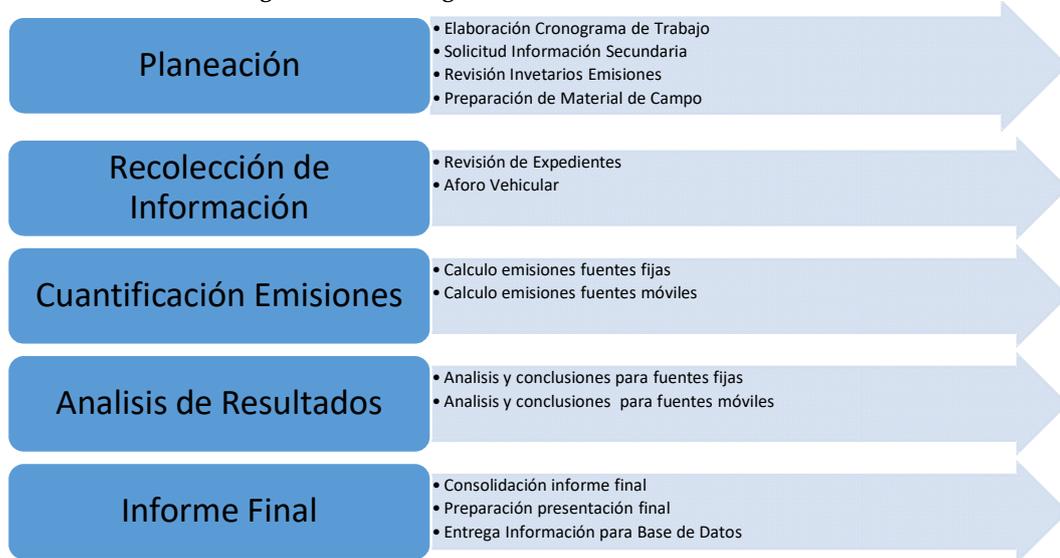
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monóxido de Carbono</li> <li>• Dióxido de Carbono</li> <li>• Compuestos Orgánicos Volátiles</li> </ul>
<b>Tipos de Fuentes</b>	Fuentes Fijas (Ductos y Chimeneas) Fuentes Móviles (Automóviles)
<b>Fuentes No Consideradas</b>	Fuentes de Área, Fuentes Naturales, Fuentes Dispersas
<b>Particularidades</b>	3 meses de ejecución

### 3. ELABORACIÓN INVENTARIO EMISIONES

Con la finalidad de actualizar el inventario de emisiones de la ciudad de Santiago de Cali, se estableció una metodología que está conformada por 5 etapas que se presenta en la Figura 2, donde se realizaron diversas actividades; un resumen de estas actividades se presenta a continuación:

- Recolección, análisis y depuración de la información secundaria para las Fuentes Fijas de inventarios pasados, DAGMA, RUA y Registro Único Empresarial RUES.
- Identificación y caracterización de fuentes fijas puntuales en las comunas 2, 4, 5 y 8 de la ciudad de Santiago de Cali con el objetivo de alimentar la base de datos de fuentes de la oficina de Gestión Ambiental Empresarial.
- Cuantificación y análisis de emisiones por fuentes fijas por medio de balance de masas y factores de emisión
- Definición Puntos de Aforo para Fuentes Móviles.
- Análisis de resultado en cuanto al flujo de vehículos por tipo en los 16 punto definidos para el aforo manual.
- Cuantificación de emisiones para fuentes móviles.

**Figura 2 Metodología elaboración inventario emisiones**



### 3.1. Planeación

Elaborar, identificar y planificar las actividades a desarrollar, y estimar los tiempos de ejecución, para cumplir con las necesidades del proyecto, permitiendo abordar el problema en forma concreta.

- **Elaboración del cronograma de trabajo:** El cronograma se fundamentó en el tiempo estipulado en el contrato, a raíz de que la temporalidad del contrato se cruzaba con las festividades navideñas, se ajustó para trabajar con información secundaria obtenida de fuentes institucionales.
- **Solicitud Información Secundaria:** Recolección de información que alimentan el Inventario de emisiones, tales como: Información cartográfica, inventarios, ubicación industrias, entre otros.
- **Revisión Inventario Emisiones:** Hacer una revisión y recopilación de datos de los últimos inventarios de fuentes fijas practicados, para evaluar la información existente y proceder a la correspondiente actualización.
- **Preparación Material de Campo:** Elaborar los formatos para recolección de información tanto para fuentes fijas como para fuentes móviles, con el fin de identificar toda la información relevante para el Inventario

### 3.2. Recolección de Información

Obtener información técnica en campo, atinente a fuentes fijas y móviles, como parte de la información secundaria recolectada.

**Revisión Expedientes:** Luego de la planeación de la etapa anterior, se debe realizar la revisión de expedientes que reposen en las autoridades competentes con el fin de recolectar la información necesaria para la actualización del inventario. A continuación, se presentan las actividades establecidas para llevar a cabo esta fase:

- Revisión Expedientes dentro del DAGMA y el Registro Único Ambiental (RUA)
- Organización y depuración de la información
- Comparación con inventarios anteriores y filtro empleando el Registro Único Empresarial (RUES)
- Definición de las fuentes fijas a utilizar en la actualización del inventario
- Cuantificación y análisis de emisiones de fuentes fijas

Con el fin de actualizar el último inventario elaborado en el año 2012 se generaron formatos de recolección de información (ANEXO 1).

**Aforo Vehicular:** Teniendo en cuenta las vías seleccionadas para ser aforadas, se realizarán operativos respectivos para diligenciar los formatos estipulados. Para realizar este aforo se estableció un método de aforo manual, las vías seleccionadas se aforaron del punto 1 al 11 del estudio anterior, además se establecerán los últimos 5 puntos nuevos para el aforo, esto se consideró debido al crecimiento de la ciudad.

### 3.3. Cuantificación de Emisiones

Se deberá cuantificar las emisiones de fuentes fijas y móviles, mediante el uso de la información recolectada y metodologías avaladas por la normatividad colombiana.

- **Cuantificación Emisiones Fuentes Fijas:** Luego de obtener la información pertinente a producción, consumo de materias primas y tipo de combustible utilizado en las fuentes de generación de calor y energía, se deberá aplicar la metodología de estimación de emisiones avalada por el MAVDT en el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas (balance de masas, factores de emisión, entre otros). De seleccionar los factores de emisión como método de cálculo, se deberán tomar los desarrollados por la EPA en el AP42 (volumen 1, quinta edición), según el sector industrial.

- **Cuantificación Emisiones Fuentes Móviles:** Para el caso de fuentes móviles, se calcularán las emisiones con la información adquirida de los aforos, que servirá de alimento para modelo propuesto por el PNUMA y la TNT en su *“Modulo 18”*, modelo desarrollado para cuantificar las emisiones de fuentes móviles. Con esta información se deberá obtener un consolidado del inventario de fuentes móviles que incluirán las emisiones calculadas.

### 3.4. Análisis de Resultados

Ordenar, evaluar y analizar los resultados obtenidos en el inventario de emisiones de fuentes fijas y móviles.

- **Análisis y conclusiones para fuentes fijas:** Realizar el análisis de resultados y conclusiones del inventario de fuentes fijas de las áreas seleccionadas, teniendo en cuenta la evolución de las emisiones cuantificadas y del número de industrias obtenidas en inventarios anteriores.
- **Análisis y conclusiones para fuentes móviles:** Realizar análisis de resultados y conclusiones del inventario de fuentes móviles para las vías seleccionadas, teniendo en cuenta la evolución de las emisiones y del número de vehículos con respecto a inventarios anteriores

### 3.5. Informe Final

Realizar un informe final del proyecto, en el que se incluya el análisis y las conclusiones finales junto con una base de datos.

- **Consolidación informe final:** Consolidar el informe final del contrato en medio físico y digital de igual forma se debe entregar la cartografía actualizada.

#### 4. MARCO CONCEPTUAL

De acuerdo a la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire en el 2010, la contaminación atmosférica se ha constituido en uno de los principales problemas ambientales del país; el deterioro de la calidad de aire ha propiciado que se incrementen los efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente. Esto repercute en la generación de costos sociales y ambientales, incluso por encima de los generados por la contaminación del agua y los desastres naturales. Que el deterioro de la calidad del aire tiene su principal origen en la utilización de combustibles fósiles lo cuales emiten gran cantidad de contaminantes (PM10, PM2.5, CO, PST Y SOx) siendo el PM2.5 el que mayores impactos tiene sobre la salud humana (Ministerio de Ambiente Vivienda y desarrollo Territorial , 2010)

La contaminación atmosférica es el resultado de la emisión de gases y partículas procedentes de un amplio conjunto de actividades tanto naturales como antropogénicas. En el año 2005, según el estudio realizado por el documento CONPES 3344, la contaminación del aire en el país estaba causada principalmente por el uso de combustibles fósiles. El 41% del total de las emisiones se generaba en ocho ciudades. Las mayores emisiones de material particulado menor a 10 micras (PM10), óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO) estaban ocasionadas por las fuentes móviles, mientras que las de partículas suspendidas totales (PST) y óxidos de azufre (SOx) eran generadas por las fuentes fijas, dependiendo el grado de afectación los contaminantes se han clasificado en contaminantes criterio y no criterio; dentro del primer grupo se encuentran las partículas suspendidas totales (PST), el material particulado menor a 10 micras (PM10) el material particulado menor a 2.5 micras (PM2.5), el dióxido de azufre (SO2), el dióxido de Nitrógeno (NO2), el ozono troposférico (O3) y el monóxido de carbono (CO). (IDEAM, 2012)

##### 4.1. Calidad del Aire

La variación permanente de las condiciones atmosféricas hace que la gestión ambiental de la calidad del aire sea en la mayoría de los casos muy compleja. Al contrario de las evaluaciones por contaminación de aguas o suelos, donde los impactos se pueden registrar cronológicamente y los cambios se pueden observar cuando se aplican medidas de control, las mediciones de calidad atmosférica son más complejas, de mayor costo y de carácter puntual por cuanto las variaciones no son constantes en espacio y tiempo y sólo permiten evaluar instantáneamente una situación particular de contaminación.

El concepto de "AIRE" describe una mezcla de gases, relativamente constante, que existe en una capa delgada alrededor de la tierra. La Tabla 1 presenta la composición del aire limpio y seco. (Seager & Stoker, 1980)

**Tabla 2 Composición del aire limpio y seco**

COMPONENTES	CONCENTRACIONES	
	%Vol	ppm
<i>Componentes Principales</i>		
Nitrógeno	78,09	780900
Oxígeno	20,95	209500
Argón	0,93	9300
Dióxido de Carbono	0,032	320
<i>Componentes Menores</i>		
Neón	0,0018	18
Helio	0,00052	5,2
Metano	0,00015	1,5
Criptón	0,0001	10
Hidrógeno	0,00005	0,5
Óxido Nitroso	0,00002	0,2
Monóxido de Carbono	0,00001	0,1
Xenón	0,000008	0,008
Ozono	0,000002	0,002
Amoníaco	0,0000006	0,006
Dióxido de Nitrógeno	0,0000001	0,001
Óxido Nítrico	0,00000006	0,0006
Dióxido de Azufre	0,00000002	0,0002
Sulfuro de Hidrogeno	0,00000002	0,0002

Entre las sustancias conocidas como contaminantes primarios se consideran los siguientes:

- Compuestos Orgánicos Volátiles
- Material Particulado
- Óxidos de Nitrógeno
- Monóxido de Carbono
- Ozono

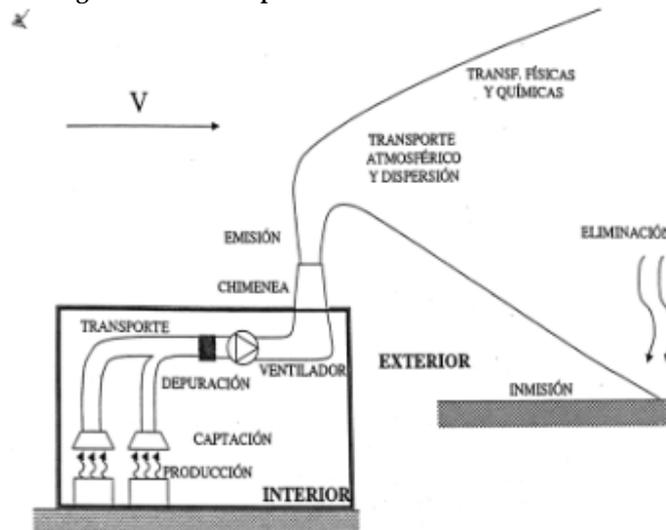
- Óxidos de Azufre

El ciclo completo de la contaminación atmosférica debida a la actividad humana pasa por una serie de fases desde su producción hasta su eliminación, las cuales se pueden sintetizar de la siguiente manera:

- Producción de contaminantes: Incluye todo tipo de fuentes contaminación, tales como procesos industriales, combustiones, transporte automóvil, actividades domésticas, etc.
- Captación y depuración de gases contaminantes: Incluye tanto los sistemas de captación de gases y su transporte por tuberías como los sistemas de depuración de partículas y de contaminantes químicos. En esta fase se consigue una limpieza parcial de los gases que va a ser emitidos a la atmosfera.
- Emisión de gases contaminados a la atmósfera: Los gases depurados en la fase anterior se emiten a la atmosfera por medio de chimeneas o tubos de escape. Estos gases arrastran una cierta contaminación debido a que la eficiencia de los sistemas de depuración no es prácticamente nunca del 100%
- Transporte y dispersión de contaminantes en la atmósfera: La contaminación emitida a la atmosfera es transportada por el viento y dispersada por efecto del movimiento turbulento del aire, a la vez que puede sufrir transformaciones químicas y físicas. Es una fase de dilución del contaminante en el medio al que se ha vertido.
- Recepción de contaminantes al nivel del suelo: Los contaminantes dispersados alcanzan el suelo, afectando a los ciclos biológicos terrestres. En esta fase se produce una concentración de inmisión, la cual se debe mantener por debajo del límite máximo legislado.
- Eliminación de contaminantes atmosféricos: El destino final de los contaminantes atmosféricos es su eliminación por métodos naturales, entre los cuales cabe citar las reacciones químicas, absorción por océanos y plantas, sedimentación y absorción por nubes y lluvias.

Se debe tener en cuenta que no siempre el problema termina con la eliminación de los contaminantes, sino que pueden depositarse sobre plantas, suelo o agua, lo cual es causa de una problemática mayor. (Espert & López, 2004)

**Figura 3 Ciclo completo de la contaminación atmosférica**



## 4.2. 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 materiales.

### 4.2.1. Material Particulado

Los aportes naturales de partículas en el aire ambiente obedecen a polvo del suelo, emisiones gaseosas naturales, sulfatos formados a partir de H<sub>2</sub>S, nitratos y amoníaco a partir de NO<sub>x</sub>, descomposición fotoquímica a partir de terpenos, la actividad volcánica, los incendios forestales y la sal marina. Las fuentes antropogénicas involucran el material contaminante particulado procedente de aerosoles secundarios a partir de contaminantes gaseosos primarios y de la combustión de combustibles fósiles en hogares, autos y fábricas (Espert & López, 2004)

La contaminación del aire por partículas es de interés por razones como:

- Muchas partículas entran al sistema respiratorio con mayor efectividad que los contaminantes gaseosos como NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> o CO.
- Algunas partículas se comportan sinérgicamente y aumentan los efectos tóxicos de otros contaminantes.
- La contaminación por partículas aumenta la turbidez atmosférica y reduce la visibilidad.
- En la atmósfera se forman partículas a partir de algunos contaminantes gaseosos.

Según el Manual para Inventarios de Emisión del MAVDT el material particulado es:

**Tabla 3 Material Particulado**

<b>Definición</b>	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).
<b>Fuentes</b>	Hornos, trituradoras, molinos, afiladores, estufas, calcinadores, calderas, incineradores, cintas transportadoras, acabados textiles, mezcladores y tolvas, cubilotes, equipo procesador, cabinas de aspersión, digestores, incendios forestales.
<b>Efectos</b>	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
<b>Legislación</b>	Resolución 2254 de 2017 MADS
<b>Varios</b>	Ejemplos: polvo, humo, gotitas de petróleo, berilio, asbesto.

#### 4.2.2. Compuestos Nitrogenados (NO<sub>x</sub>)

Los óxidos de nitrógeno son un conjunto de gases de los cuales los más representativos son el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y los NO<sub>x</sub>. Estos últimos los conforman fundamentalmente el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el monóxido de nitrógeno (NO).

El NO<sub>2</sub> y el NO son considerados contaminantes primarios porque son emitidos directamente por la fuente, aunque una vez en el aire pueden dar lugar a toda una serie de reacciones que produzcan nuevos contaminantes como el ozono o el ácido nítrico. El NO<sub>2</sub> es un gas parduzco, de fuerte olor,

corrosivo e irritante. Es más abundante que el NO porque este último, cuando es emitido a la atmósfera, reacciona rápidamente con el oxígeno del aire para generar dióxido de nitrógeno.

Los NOx se generan en una gran variedad de procesos naturales y antropogénicos. Entre las fuentes naturales se encuentran las emisiones volcánicas, las emisiones desde el suelo y el mar por la actividad de los microorganismos y las tormentas, pues las descargas eléctricas tienen la suficiente energía como para romper el triple enlace de la molécula de N<sub>2</sub> y conseguir que el oxígeno y el nitrógeno del aire se combinen y formen NOx. En cuanto a las fuentes antropogénicas, la más importante es el tráfico rodado, pues el nitrógeno del aire se oxida en las condiciones de alta temperatura que se dan en el proceso de combustión de los motores de los vehículos, junto con las emisiones procedentes de la utilización de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica y la industria.

Según el Manual para Inventarios de Emisión del MAVDT los Óxidos de Nitrógeno son:

**Tabla 4 Óxidos de Nitrógeno**

<b>Definición</b>	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 <sup>43</sup> . Se identifican siete óxidos de nitrógeno: NO, NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . A nivel de contaminación del aire se refiere a NO Y NO <sub>2</sub> (gases incoloros).
<b>Fuentes</b>	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.
<b>Efectos</b>	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, NOx. Los óxidos de nitrógeno son importantes contribuyentes potenciales de fenómenos nocivos como la lluvia ácida y la eutroficación en las zonas costeras
<b>Legislación</b>	Resolución 2254 de 2017 MADS
<b>Varios</b>	Concentraciones excesivas en el aire de NO y NO <sub>2</sub> ocasionan un color parduzco debido a la absorción de la luz en el área azul-verde del espectro.

#### 4.2.3. Dióxidos de Azufre (SO<sub>2</sub>)

El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es un gas de olor desagradable e irritante. Las fuentes naturales más importantes son las erupciones volcánicas y las emisiones procedentes de los océanos, pues las partículas que pasan del mar a la atmósfera contienen sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Las fuentes antrópicas que contribuyen mayoritariamente a las emisiones de este compuesto son la generación de energía eléctrica en centrales de combustión y las industrias manufactureras y de la construcción.

El carbón y el fuel- oil son los combustibles que poseen una mayor relevancia, ya que su contenido en azufre es comparativamente mayor a los del resto (gas natural, gasolina, diesel, etc.). Durante el proceso de combustión, el azufre se oxida y forma SO<sub>2</sub>. También se emite durante el proceso de fundición de ciertos minerales de hierro.

Según el Manual para Inventarios de Emisión del MAVDT los Óxidos de Nitrógeno son:

**Tabla 5 Dióxidos de Azufre**

<b>Definición</b>	Acre, corrosivo, gases tóxicos cuando se quema combustible que contiene azufre.
<b>Fuentes</b>	Artículos eléctricos, calderas industriales, fundiciones de cobre, refinerías de petróleo, fuentes de automóviles, calentadores residenciales y comerciales.
<b>Efectos</b>	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).
<b>Legislación</b>	Resolución 2254 de 2017 MADS
<b>Varios</b>	El SO <sub>2</sub> pertenece a la familia de los gases de óxidos de azufre (SOX), 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.

#### 4.2.4. Monóxido de Carbono (CO)

Se trata de un contaminante incoloro e inodoro de carácter asfixiante, pues tiene una gran afinidad por la hemoglobina (Hb), el compuesto encargado de transportar el oxígeno en los glóbulos rojos de la sangre. Al asociarse el CO a la Hb disminuye la capacidad de ésta para transportar oxígeno, lo que puede conducir a la asfixia.

Alrededor de un tercio de las concentraciones atmosféricas de fondo de este contaminante tienen un origen natural, producido por la oxidación del metano (CH<sub>4</sub>). También se genera CO en los incendios forestales y en las descargas eléctricas de las tormentas. Las fuentes antrópicas corresponden a procesos de combustión incompleta del tráfico rodado, y del sector comercial y doméstico.

Según el Manual para Inventarios de Emisión del MAVDT el Monóxido de Carbono son:

**Tabla 6 Monóxido de Carbono**

<b>Definición</b>	Gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión de combustibles fósiles
<b>Fuentes</b>	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 <sub>2</sub> en la atmósfera superior, incendios, metabolismo de plantas y animales acuáticos y terrestres, incendios forestales entre otras.
<b>Efectos</b>	Pueden ser mortales en corto tiempo en áreas cerradas: reacciona con la hemoglobina de la sangre, evitando la transferencia de oxígeno
<b>Legislación</b>	Resolución 2254 de 2017 MADS
<b>Varios</b>	Se encuentra en la atmósfera en concentraciones promedio de 0.1 ppm

#### 4.2.5. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Son todos aquellos compuestos orgánicos que se encuentran en estado gaseoso a temperatura ambiente o son muy volátiles a dicha temperatura. Los compuestos orgánicos están compuestos mayoritariamente por carbono, pero además presentan en su composición otros elementos, como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Hay más de 1.000 sustancias distintas dentro de este grupo, de las cuales las más abundantes en el aire son tolueno, n-butano, etano, benceno, etileno, isopreno, terpenos, etc. Estos compuestos están especialmente considerados por la Organización Mundial de la Salud debido a las implicaciones que su presencia en el aire tiene para la salud humana.

Los COV son además precursores del ozono troposférico, por lo que su emisión en zonas con elevada concentración de NO<sub>x</sub> y en presencia de radiación solar, puede dar lugar a aumentos en la concentración de ozono.

Los COV pueden tener, al igual que muchos de los contaminantes que hemos visto en esta unidad, un origen tanto natural procedente sobre todo de las emisiones resultado de la actividad de los seres vivos, como antropogénico, procedente de todas aquellas actividades que supongan el manejo de combustibles derivados del petróleo, disolventes y pinturas, o de algunas actividades industriales. Las emisiones procedentes de la vegetación constituyen una fuente importante de emisión de este tipo de sustancias, caracterizadas por estar constituidas por cadenas cortas de carbono. Las emisiones de COV de la vegetación se conocen como *COV biogénicos*. En cuanto a los sectores más importantes que contribuyen a las emisiones antropogénicas de COV se encuentran la producción y utilización de disolventes, el transporte por carretera, el sector residencial y comercial y la producción de energía.

Según el Manual para Inventarios de Emisión del MAVDT los COVs son:

**Tabla 7 Compuestos Orgánicos Volátiles**

<b>Definición</b>	Cualquier compuesto de carbón, excluyendo el monóxido de carbono, el ácido carbónico, los carburos y carbonatos metálicos, el carbonato de amonio y la acetona.
<b>Fuentes</b>	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, refinерías, 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.
<b>Efectos</b>	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.
<b>Legislación</b>	Resolución 2254 de 2017 MADS - (Algunas sustancias )
<b>Varios</b>	Ej: 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.

#### 4.2.6. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

En una situación normal la Tierra absorbe la radiación del Sol, sobre todo en la superficie. Esta energía es redistribuida por las circulaciones atmosférica y oceánica (lo que origina el clima), y es irradiada nuevamente al espacio en forma de radiación de longitud de onda larga. Para la Tierra en su conjunto, la energía de la radiación solar que ingresa se equilibra aproximadamente con la radiación terrestre saliente. Los gases de efecto invernadero (GEI), entre otros N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, y también el H<sub>2</sub>O de la atmósfera, son capaces de absorber el calor emitido por la superficie del planeta y de reenviarlo de vuelta hacia el suelo. Este proceso tiende a calentar tanto la atmósfera como la superficie, lo que contribuye a mantener la temperatura de la superficie en valores adecuados para que exista la vida.

Este es un proceso que lleva desarrollándose de manera natural durante millones de años y que se conoce como efecto invernadero.

El CO<sub>2</sub> es considerado el principal gas efecto invernadero, pues se trata del más abundante y tiene tiempos de residencia relativamente largos. Existen otros gases con un efecto invernadero más potente que el CO<sub>2</sub> y con tiempos de residencia más largos, aunque presentes en concentraciones mucho menores.

Los aumentos de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> están relacionados con la influencia humana sobre el ciclo biogeoquímico del carbono que es capaz de suavizar, hasta cierto punto, estos aumentos. Gracias a este ciclo biogeoquímico, tan solo una parte del CO<sub>2</sub> emitido permanece en el aire, elevando progresivamente la concentración atmosférica. El resto es absorbido por la actividad de las plantas, el suelo y los océanos. Sin embargo, las estimaciones del IPCC indican que, conforme la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera aumenta, la capacidad de los océanos y el suelo para absorber ese CO<sub>2</sub> irá disminuyendo progresivamente (IPCC, 2001). En el caso de los océanos, por ejemplo, se estima que ya se ha alcanzado un tercio de su capacidad de almacenamiento de CO<sub>2</sub>, provocando una acidificación de 0,1 unidades de pH del agua marina en promedio en todo el planeta (IPCC, 2007). Conforme el CO<sub>2</sub> emitido se va disolviendo, los océanos se acidificarán progresivamente, afectando a los ecosistemas marinos e interrumpiendo otros procesos del ciclo del carbono como la formación de carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>).

Según el Manual para Inventarios de Emisión del MAVDT el Dióxido de Carbono es:

**Tabla 8 Dióxido de Carbono**

<b>Definición</b>	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.
<b>Fuentes</b>	Quema de combustibles fósiles, procesos naturales de respiración.
<b>Efectos</b>	Contribuye al efecto invernadero, produce asfixia, daños renales o coma.
<b>Legislación</b>	Resolución 2254 de 2017 MADS - (Algunas sustancias )
<b>Varios</b>	Compuesto producto de la combustión completa de combustibles fósiles. Los humanos han estado incrementando la cantidad de dióxido de carbono en el aire quemando combustibles fósiles, produciendo cemento, despejando terreno y quemando bosques. Alrededor del 22 % de la actual concentración de CO <sub>2</sub> en la atmósfera existe debido a estas actividades humanas, considerando que no hay

cambio en las cantidades naturales de dióxido de carbono. Explicación, con más detalle, de los efectos del CO<sub>2</sub>.

#### 4.3. Inventario de Emisión

Con esta herramienta se pretende conocer tanto la localización y magnitud de los focos emisores como los tipos de contaminantes emitidos y la intensidad de sus emisiones. Esta información es totalmente necesaria en los estudios sobre la contaminación atmosférica, pues las emisiones de contaminantes, junto con los índices de reacción química en la atmósfera, las condiciones meteorológicas predominantes y las características topográficas del terreno determinan el grado de contaminación de la zona de estudio.

En el inventario se han de tener en cuenta las fuentes de emisión de la zona de estudio. Pero además también es necesario considerar aquellas emisiones que, estando fuera de dicha zona de estudio, puedan afectar a la misma de manera significativa,

El inventario de emisión puede ser de tipo simplificado o de tipo completo, dependiendo lógicamente del grado de detalle con que se quiera llevar a cabo y los recursos con los que se cuente. En general, los contaminantes estudiados en el inventario simplificado son óxidos de azufre, partículas suspendidas, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos. En el inventario completo se considerarán además de los mencionados, los compuestos del azufre, los derivados de los hidrocarburos, el monóxido de carbono y otros compuestos de interés.

Las fuentes de emisión inventariadas se clasifican en una serie de categorías, entre las que podemos distinguir:

- Fuentes fijas de combustión, que incluyen los procesos donde se quema combustible para la calefacción, producción de bienes y generación de energía. Se han de detallar las clases de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos utilizados, así como su composición con respecto a la cantidad de azufre y cenizas volátiles que puedan producir.

A partir de los datos de consumo de combustible y teniendo en cuenta las tasas de emisión de contaminantes por unidad de combustible quemado, y la efectividad de los sistemas de

control cuando existan, se pueden obtener las emisiones globales de contaminantes en la zona estudiada.

- Fuentes de combustión móviles, las cuales corresponden a vehículos automóviles terrestres. Las emisiones se determinarán a partir del consumo de combustible de automoción, principalmente gasolina y gasoil.

## 5. INVENTARIO FUENTES FIJAS

El presente inventario de fuentes fijas, se elabora como herramienta para la Autoridad Ambiental, con el fin de gestionar, administrar y almacenar las emisiones que se generan en la ciudad de Santiago de Cali, para la toma de decisiones conforme a la prevención, control y vigilancia de la calidad del aire.

El propósito de estimar las emisiones causadas por fuentes fijas es la de actualizar el inventario de emisiones de la ciudad de Santiago de Cali, comparar las emisiones que genera cada fuente y determinar cuáles son los contaminantes que más se generan por comuna y barrio.

Para cumplir con este propósito se establecieron las emisiones de contaminantes en fuentes fijas, se revisaron expedientes que reposan en el DAGMA y expedientes que reposan en el RUA (Registro Único Ambiental), esta información fue consolidada y utilizando la metodología de factores de emisión proporcionada en el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas del MAVDT, usando factores de emisión y balances de masas desarrollados por la EPA en el AP42. Se estableció cuantificar las emisiones mediante ésta metodología, debido a que no es viable el desarrollo de la determinación de las emisiones de contaminantes atmosféricas mediante las técnicas de medición directa, por el corto tiempo estipulado en el contrato.

### 5.1. Marco Normativo

En este sentido Colombia ha tenido una larga y amplia tradición en normas y medidas encaminadas a mejorar la calidad atmosférica. En 1982 se presenta el decreto 02 por medio del cual se dictan las primeras normas en materia de niveles máximos de contaminantes permitidos.

Algunos artículos de este fueron derogados en 1995 y posteriormente en el 2008 por la resolución 910 de 2008. En marzo de 2005, el Consejo Nacional de Política Económica y Social aprobó el documento COMPES 3344 que contiene los lineamientos para la formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación. Actualmente la resolución 2254 de 2017 es la norma que establece la calidad del aire o nivel de inmisión y adopta discusiones para la gestión del recurso aire en el territorio nacional. A continuación, se presenta un resumen de la evolución de la normatividad en materia de aire.

**Tabla 9 Marco Normativo**

Ítem	Norma	Emisor	Descripción
1	Ley 99 de 1993	Congreso de la República	Se crea el Ministerio de Ambiente, se reordena el sistema nacional ambiental y se otorga a la autoridad ambiental urbana las mismas funciones atribuidas a las CAR.
2	Artículo 66 de la Ley 99	Congreso de la República	Se le otorga a la autoridad ambiental urbana el control sobre los programas de evaluación y mitigación de la contaminación atmosférica.
3	Decreto 061 de 2003	Alcaldía Mayor de Bogotá	Se establecen los objetivos de calidad ambiental
4	Resolución 601 de 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se establece la norma de calidad del aire.
5	Resolución 910 de 2008	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes.
6	Resolución 909 de 2008	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se establecen las normas y estándares de emisión de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas.
7	Resolución 610 de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se revaloran los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, contaminantes no convencionales
8	Resolución 2254 de 2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Se revaloran los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, contaminantes no convencionales

## 5.2. Proceso Elaboración Inventario Fuentes Fija

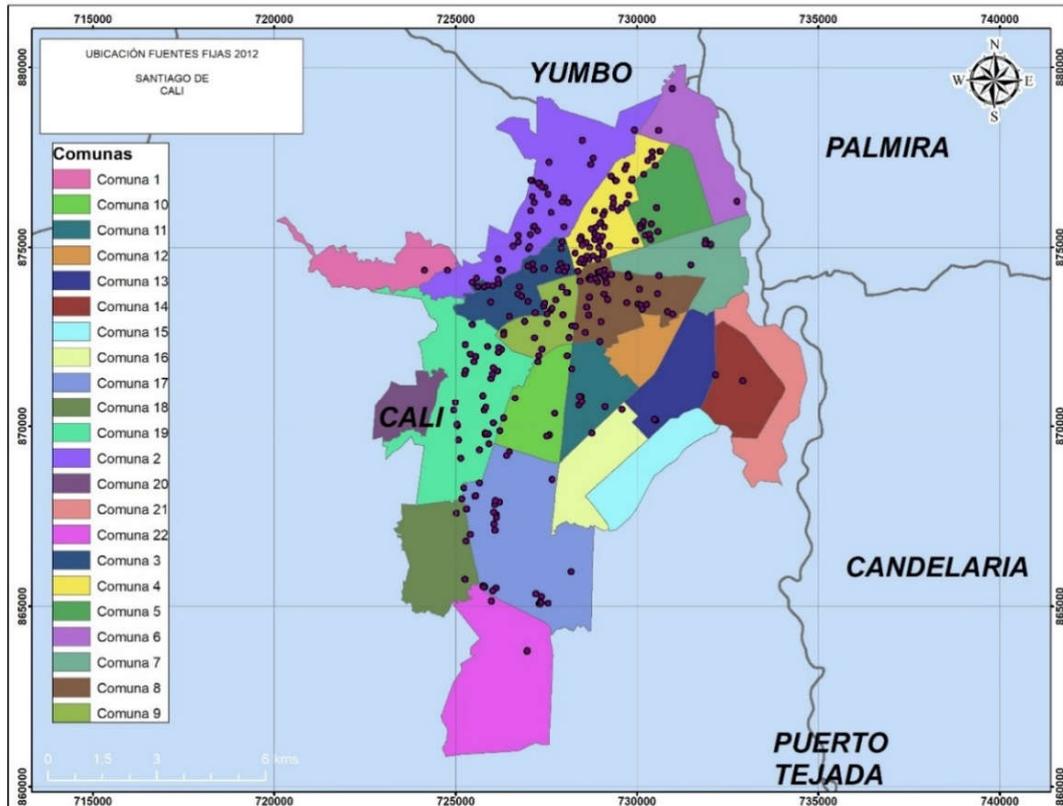
Con el fin de realizar un levantamiento de información de fuentes fijas y como primera actividad, se remitió al informe “FORTALECIMIENTO TECNOLÓGICO DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE Y EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI” elaborado en el año 2012 por la empresa K2 Ingeniería.

En este informe se relacionan las fuentes fijas, las fuentes móviles y las fuentes de área de la ciudad de Santiago de Cali en el año 2012. Esta información se resume en la tabla 1 con la siguiente información:

**Tabla 10 consolidado fuentes inventario 2012**

<i>Fuentes</i>	<i>Cantidad</i>
Fuentes Fijas	289
Fuentes Móviles	11 Puntos de Aforo
Fuentes de Área	4

Figura 4 Inventario fuentes fijas 2012



Con el fin de actualizar el último inventario elaborado en el año 2012, se generaron formatos de recolección de información (ANEXO 1).

Con estos formatos se procedió desde el 27 de noviembre hasta el 22 de diciembre, a recolectar la información de las fuentes fijas que se encuentran controladas en la ciudad de Santiago de Cali de la siguiente manera:

- Información expedientes Gestión Ambiental Empresarial DAGMA.
- Información expedientes RUA (Registro Único Ambiental).
- Información presente en el Registro único empresarial RUES.

Se realizó la recopilación de la información relacionada con las características de la industria y variables asociadas con las emisiones atmosféricas. Dentro de este grupo de variables se identificaron datos generales como nombre, tipo, código CIU, dirección e información de

contactos. Del mismo modo, se identificaron datos relacionados con las emisiones propiamente dichas, como tipo de combustible, información física relacionada con las fuentes (altura y diámetro de ductos) entre otras. La revisión de los expedientes de cada una de ellas se desarrolló directamente en las instalaciones del DAGMA. Esta información se consigna en tablas por empresa, en formato Excel, como se observa en el ANEXO 2.

De las diferentes empresas ubicadas en zona urbana del municipio de Santiago de Cali y que han reportado información al departamento, se revisaron 69 expedientes. De igual manera se realizó la revisión de 71 empresas del Registro Único Ambiental (RUA), entrando una por una con el código de autorización suministrado por el DAGMA.

De forma paralela, y dadas algunas demoras internas en el DAGMA por actividades propias con los expedientes, se trabajó en la creación de una base de datos en Excel, constituida por 36000 empresas registradas en la cámara de comercio de Santiago de Cali registro RUES. Para el trabajo con dicha base de datos tan extensa, se determinó aplicar un primer filtro representado por los códigos CIUU que se relacionan cada uno con diferentes sectores industriales.

De la revisión de dichos códigos, y teniendo como referente el estudio del inventario anterior realizado en el año 2012 por la empresa K2 y las bases de datos facilitadas por funcionarios del DAGMA, se definieron 62 códigos que presentaban algún tipo de actividad susceptible de general emisiones atmosféricas.

En la siguiente tabla se muestran los tipos de industrias y actividades económicas, asociadas a los diferentes códigos CIUU presentes en el área urbana del municipio de Santiago de Cali.

**Tabla 11 Tipos de Industrias Presentes en el área urbana de Santiago de Cali**

CÓDIGO CIUU		ACTIVIDAD
A	0144	Cría especializada de ganado porcino
A	0150	Actividad mixta (agrícola y pecuaria)
C	1011	Producción, procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos
C	1020	Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas
C	1040	Elaboración de productos lácteos
C	1051	Elaboración de productos de molinería
C	1052	Elaboración de almidones y de productos derivados del almidón

CÓDIGO CIU		ACTIVIDAD
C	1081	Elaboración de productos de panadería
C	1082	Elaboración de cacao y chocolate y de productos de confitería
C	1089	Elaboración de otros productos alimenticios n.c.p.
C	1090	Elaboración de alimentos preparados para animales
C	1101	Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas; producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas
C	1102	Elaboración de vinos
C	1104	Elaboración de bebidas no alcohólicas; producción de aguas minerales
C	1311	Preparación e hilatura de fibras textiles, tejeduría de productos textiles
C	1313	Acabado de productos textiles
C	1410	Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel
C	1520	Fabricación de calzado
C	1702	Fabricación de papel y cartón ondulado, fabricación de envases, empaques y de embalajes
C	1709	Fabricación de otros artículos de papel y cartón
C	1811	Actividades de impresión
C	1812	Actividades de servicios relacionados con la impresión
C	2210	Fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético
C	2022	Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, tintas para impresión y masillas.
C	2100	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos
C	2023	Fabricación de jabones y detergentes, para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador
C	2029	Fabricación de otros productos químicos n.c.p.
C	2211	Fabricación de llantas y neumáticos de caucho.
C	2393	Fabricación de productos de cerámica no refractaria para uso no estructural
C	2399	Fabricación de otros productos minerales no metálicos n.c.p.
C	2410	Industrias básicas de hierro y acero
C	2421	Fabricación de productos primarios de metales preciosos y metales
C	2431	Fundición de hierro y acero
C	2432	Fundición de metales no ferrosos
C	2511	Fabricación de productos metálicos para uso estructural
C	2591	Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pulvimetalurgia
C	2592	Tratamiento y revestimiento de metales; obras de ingeniería mecánica en general realizadas a cambio de una retribución o por contrata
C	2599	Fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p.

CÓDIGO CIU		ACTIVIDAD
C	2720	Fabricación de acumuladores y de pilas y baterías primarias
C	2740	Fabricación de lámparas eléctricas y equipo de iluminación
C	2811	Fabricación de motores y turbinas, excepto motores para aeronaves, vehículos automotores y motocicletas
C	2826	Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros
C	3091	Fabricación de motocicletas
C	3110	Fabricación de muebles
C	3290	Otras industrias manufactureras n.c.p.
E	3600	Captación, depuración y distribución de agua
G	4520	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores
G	4530	Venta de partes, piezas y accesorios de vehículos automotores
G	4542	Venta, mantenimiento y reparación de motocicletas y de sus partes, piezas y accesorios
G	4631	Venta al por mayor de alimentos, bebidas y tabaco
G	4669	Venta al por mayor de otros productos
G	4731	Venta al por menor de combustible para automotores
I	5510	Hoteles; campamentos y otros tipos de hospedaje temporal
I	5610	Restaurantes, bares y cantinas
M	7500	Actividades veterinarias
N	8511	Actividades de las instituciones prestadoras de servicios de salud, con intermediación.
P	8559	Servicio de educación laboral especial
S	9520	Reparación de efectos personales y enseres domésticos
S	9601	Lavado y limpieza de prendas de tela y de piel, incluso la limpieza en seco
S	9603	Pompas fúnebres y actividades conexas

La nueva base de datos se redujo a 4420 empresas, a la cual se les aplicó un segundo filtro fundamentado en la determinación de cuáles de estas empresas se encontraban activas a la fecha. Se aplicó un tercer filtro, el cual consistió en eliminar 12 códigos CIU orientados a la parte comercial (no generan contaminación del aire) quedando así 2374 empresas. La base de datos final cuenta con información general de cada empresa como representante legal, dirección, datos de contacto y su estado actual (Ver ANEXO 3).



### 5.2.1. Planeación

Luego de generado y aprobado el cronograma de trabajo, se procedió a revisar la información del inventario pasado como base para actualizar la información.

Este inventario consta de 289 fuentes fijas que corresponde a 200 empresas inventariadas, siendo este el número de empresas base para el inicio de la actualización.

Con el fin de recolectar la información suficiente para realizar los respectivos cálculos de emisiones en fuentes fijas, se elaboró un formato de recolección de datos, el cual sirve como herramienta de gestión en la actualización del inventario de la ciudad de Santiago de Cali.



### 5.2.2. Recolección de Información

Con el formato descrito en el paso anterior, se procedió a recolectar la información que reposa en los expedientes del DAGMA y en los expedientes del RUA (Registro Único Ambiental), para una revisión en total de 140 expedientes.

Con respecto a las empresas que reposaban en el inventario definido en el año 2012, se realizó una exhaustiva búsqueda para determinar el estado en el que se encontraban activas, suspendidas, liquidadas entre otros. Cada una de las empresas fue evaluada, obteniendo como resultado que 32 empresas ya NO EXISTIAN en la ciudad de Santiago de Cali. Una vez se tuvieron las empresas activas actualmente, se procedió a la actualización de la información de 93 de ellas.

En este orden de ideas, y tomando como base el inventario actualizado de K2, se incluyeron 30 nuevas empresas que se derivaron en 43 Fuentes de Emisión que hacen parte del inventario actual y complementando así la información del anterior.

Para resumir, de las 289 fuentes de emisión del inventario pasado, se pudo determinar que 32 fuentes de emisión ya no existían; se actualizó la información de 93 y se agregó información de 115 fuentes fijas de emisión, para un consolidado total del inventario año 2017 de 372 fuentes fijas de emisión, información que reposa en el ANEXO 4.

### 5.2.3. Cuantificación de Emisiones Fuentes Fijas

El propósito principal de un inventario de fuentes fijas es el de determinar las emisiones de contaminantes al aire que hacen este tipo de fuentes, con el fin de establecer claramente el estado de cumplimiento de la normatividad vigente, por lo cual se hace indispensable definir con claridad el método de cálculo.

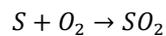
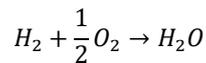
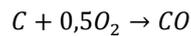
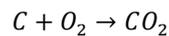
Un balance de materiales para un proceso industrial, es la contabilidad exacta de los materiales que intervienen en el mismo utilizando como base la ley de la conservación de la masa, expresada como:

$$\sum \text{Masa de entrada} = \sum \text{Masa de salida} + \sum \text{Masa acumulada}$$

Esta ecuación se ve modificada al considerar todos los fenómenos de cambios de fase y reacción química que ocurren dentro de la operación unitaria, obteniendo:

$$\sum \text{Masa de entrada} + \sum \text{Masa de aparición por reacción} = \sum \text{Masa de salida} + \sum \text{Masa acumulada}$$

En particular, los balances de masa para procesos de combustión toman como base las formulas básicas de combustión (completas e incompletas) basadas en el análisis último de combustible y la relación de exceso de aire, las cuales permiten determinar las masas de salida.



El uso de relaciones de proceso adecuadas (por ejemplo, factores de emisión), permiten afinar y dar precisión a los cálculos de balance hallando parámetros adicionales tales como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, material particulado (PM10 y PM2.5), hidrocarburos totales y compuestos orgánicos totales.

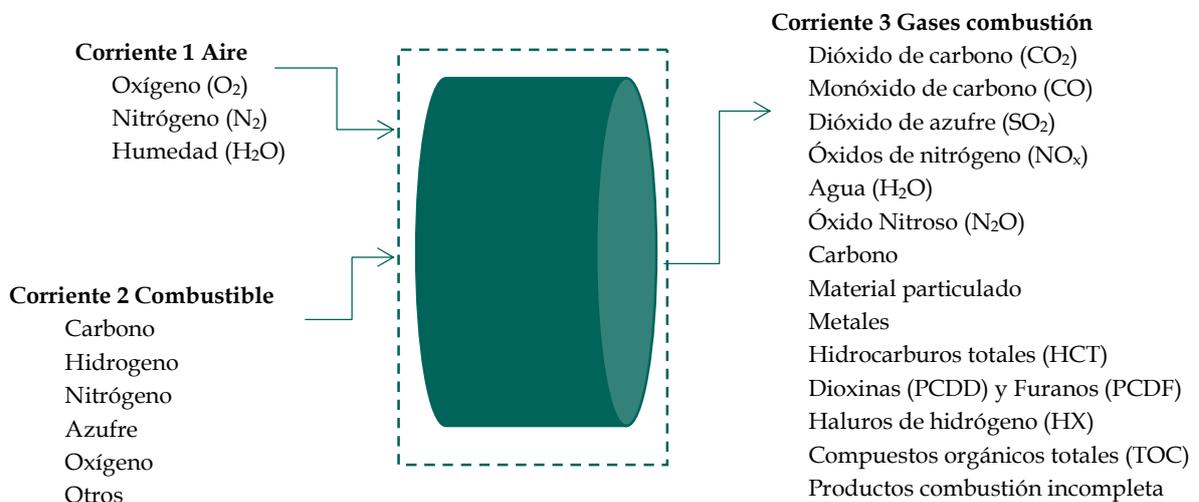
Según el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, es recomendable emplear el balance de masas para la evaluación de emisiones de aquellas actividades donde un alto porcentaje de materiales se pierde en el aire.

Por otra parte, resulta inapropiado cuando el material es químicamente combinado o consumido en el proceso, o cuando las pérdidas de materiales en la atmósfera representan una pequeña porción, con respecto a los materiales que ingresan a la etapa.

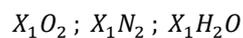
### 5.2.3.1. Conceptos básicos

Para resolver el balance de materiales, se establece el volumen de control en torno al hogar de combustión del equipo evaluado y se definen corrientes de entrada y salida del proceso de combustión definiendo la composición de las dos entradas (aire y combustible) como fracción másica  $X_{ij}$  que denota la fracción másica del componente  $j$  en la corriente  $i$ .

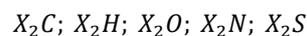
Figura 6 Unidad de proceso



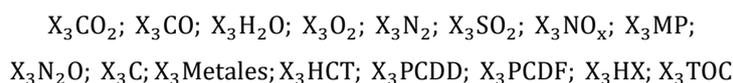
La corriente 1: está conformada por aire atmosférico con fracciones másicas, donde  $O_2$ ,  $N_2$  y  $H_2O$  denotan oxígeno, nitrógeno y humedad respectivamente.



La corriente 2: está conformada por el combustible con fracciones másicas, donde  $C$ ,  $H$ ,  $O$ ,  $N$ ,  $S$  denotan carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre monomolecular respectivamente. Estos valores se obtienen del análisis último del combustible el cual se obtiene de los análisis cromatográficos de caracterización de diversos combustibles.



La corriente 3: está conformada por gases de combustión y material particulado con fracciones másicas.



Para poder solucionar el balance se requiere hacer las siguientes suposiciones:

- Todo el material particulado presente en los gases de combustión se forma a partir de las cenizas presentes en el combustible.
- Todo el azufre presente en el combustible se transforma en SO<sub>2</sub> durante la combustión.
- Todo el hidrógeno presente en el combustible se transforma en H<sub>2</sub>O durante la combustión.
- Los óxidos de nitrógeno se forman por dos vías: por oxidación del nitrógeno presente en el combustible por reacción de combustión y por oxidación térmica de una pequeña fracción del nitrógeno presente en el aire.
- La fracción volumétrica del material particulado y, en consecuencia, la fracción molar del mismo son insignificante frente al volumen total de la mezcla de gases.
- El aire atmosférico y los gases de combustión se comportan como gases ideales.
- La humedad aportada por la corriente de aire se determina a partir de condiciones de presión atmosférica y temperatura del aire circundante a la fuente.

Además, por definición se sabe que, en la reacción de combustión, el combustible es el reactivo limitante, mientras que el aire es el reactivo en exceso en proporción con respecto al número de moles o al volumen de aire teórico que se requerirá para que se realice la combustión completa del combustible.

### 5.2.3.2. Ecuaciones de balance

Una vez establecidas las suposiciones conceptuales que permitan modelar el balance se establecen las ecuaciones de balance.

- Balance Global:

$$M_1 + M_2 = M_3$$

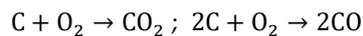
Donde M1, M2 y M3 denotan los flujos máxicos de las corrientes 1, 2 y 3 respectivamente.

- Balance por componentes:

*Carbono*

$$M_2 X_2 C = M_3 X_3 CO_2 * r\left(\frac{C}{CO_2}\right) + M_3 X_3 CO * r\left(\frac{C}{CO}\right)$$

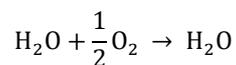
Donde los factores  $r(C/CO_2)$  y  $r(C/CO)$  denotan las relaciones máxicas de carbono presentes en las moléculas de  $CO_2$  y  $CO$  respectivamente. Tales relaciones son deducidas del balance estequiométrico según las reacciones:



*Hidrógeno*

$$M_1 + M_2 X_2 H = M_3 X_3 H_2O * r\left(\frac{H}{H_2O}\right)$$

Donde el factor  $r(H/H_2O)$  denota la relación máxica de hidrógeno presente en la molécula de  $H_2O$ . Tal relación es deducida del balance estequiométrico según la reacción:



*Oxígeno*

$$M_1 X_1 O_2 + M_2 X_2 O = M_3 X_3 CO_2 * r\left(\frac{O}{CO_2}\right) + M_3 X_3 CO * r\left(\frac{O}{CO}\right) + M_3 X_3 H_2O * r\left(\frac{O}{H_2O}\right) \\ + M_3 X_3 SO_2 * r\left(\frac{O}{SO_2}\right) + M_3 X_3 NO_x * r\left(\frac{O}{NO_x}\right) + M_3 X_3 O_2$$

Donde los factores  $r(O/m)$  denotan la relación máxica del átomo O sobre la molécula m.

### Nitrógeno

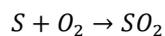
$$M_1 X_1 N_2 * r\left(\frac{N}{N_2}\right) + M_2 X_2 N = M_3 X_3 N_2 * r\left(\frac{N}{N_2}\right) + M_3 X_3 NO_x * r\left(\frac{N}{NO_x}\right)$$

Donde los factores  $r(N/m)$  denotan la relación másica del átomo N sobre la molécula m.

### Azufre

$$M_2 X_2 S = M_3 X_3 SO_2 * r\left(\frac{S}{SO_2}\right)$$

Donde los factores  $r(S/SO_2)$  denotan la relación másica del átomo S sobre la molécula  $SO_2$ . Tal relación es deducida del balance estequiométrico según la reacción:



#### 5.2.3.3. Evaluación de emisiones

- Oxígeno teórico:

El oxígeno teórico es el oxígeno requerido estequiométricamente para lograr la combustión completa.

$$M_1 X_1 O_2 + M_2 X_2 O_2 = M_2 \left[ X_2 C * r\left(\frac{O_2}{C}\right) + X_2 H * r\left(\frac{O_2}{H}\right) + X_2 S * r\left(\frac{O_2}{S}\right) \right] \\ + M_3 \left[ X_3 NO_2 * r\left(\frac{O_2}{NO_2}\right) + X_3 CO * r\left(\frac{O_2}{CO}\right) \right]$$

- Peso molecular de los gases de combustión:

El peso molecular seco de los gases de chimenea se calcula mediante la aplicación de la ecuación 3-1 referenciada en el método 3 de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA).

$$PM = 0,440(\%CO_2) + 0,320(\%O_2) + 0,280(\%N_2 + \%CO)$$

- Flujo volumétrico standard de contaminantes:

Es calculado a partir de la aplicación de la ley de los gases ideales:

$$\dot{V} = \frac{nRT}{P}$$

Dónde,

- V: Flujo volumétrico estándar da gases de combustión
- n: Moles de mezcla de gases de combustión
- R: Constante universal de los gases ideales
- T: Temperatura estándar (25°C)
- P: Presión estándar (760 mmHg)

- La velocidad de descarga:

$$v = \frac{\dot{V}}{A}$$

Dónde,

- V: Flujo volumétrico de gases
- A : Área transversal del ducto o chimenea

- Temperatura

En relación a la temperatura de gases de chimenea en la descarga es determinada mediante la aplicación de fórmula de Siegert para combustibles sólidos.

FEBRERO DE 2018

$$qA = f * \frac{FT - AT}{CO_2}$$

*f*: Factor aplicable para tipo de combustible

*FT*: Temperatura de gases de combustión

*AT*: Temperatura ambiente

*CO<sub>2</sub>*: Porcentaje de dióxido de carbono en gases de combustión

*qA*: Porcentaje de pérdida de energía

Y para combustibles líquidos o gaseosos

$$qA = (TH - TA) \left[ \frac{A2}{(21 - O_2) + B} \right] - XK$$

*TH*: Temperatura de gases de combustión

*TA*: Temperatura ambiente

*O<sub>2</sub>*: Porcentaje de oxígeno en gases de combustión

*qA*: Porcentaje de pérdida de energía

*A2/B*: Factores específicos del combustible

Después de realizado el balance de masas se complementa con la información de los factores de emisión estipulados en el AP 42 de la EPA, para este estudio, se utilizaron los siguientes factores de emisión dependiendo de cada fuente evaluada:

#### 5.2.3.4. Factores de Emisión

Para el caso de las fuentes de combustión externa tales como Calderas, Hornos, Estufas, etc, se utilizaron los factores de emisión estipulados en el *Capítulo 1 "Fuentes de Combustión Externa"*, divididas en el tipo de combustible utilizado.

- **Carbón**

Según la UPME el carbón utilizado en el Valle del Cauca es un carbón en gran mayoría bituminoso (UPME, 2005), es por lo anterior que para el factor de emisión que utiliza carbón como combustible se priorizo este tipo de carbón.

**Tabla 12 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Externa - Combustible Carbón**

Contaminante	Factor de emisión	Unidades	Rating
MP	10A	lb/Ton de combustible	A
PM10	2,3A		E
PM2,5	0,6A		C
SO <sub>2</sub>	38S		A
NO <sub>x</sub>	22		A
CO	0,5		A
CO <sub>2</sub>	6040		C

FUENTE: AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 1 "External Combustion Sources", Sección 1.1 "Bituminous and Subbituminous Coal Combustion"

- **Fuel Oil**

Para las fuentes que utilizan Fuel Oil como combustible, se utiliza el factor de emisión dependiendo de la capacidad, para fuentes de más de 100 MMBTU/hr:

**Tabla 13 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Externa - Combustible Fuel Oil**

Contaminante	Factor de emisión	Unidades	Rating
MP	9,9(S)+3,22	lb/10 <sup>3</sup> Gal de combustible	A
SO <sub>2</sub>	157S		A
NO <sub>x</sub>	47		A
CO	5		A
CO <sub>2</sub>	25000		B

FUENTE: AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 1 "External Combustion Sources", Sección 1.3 "Fuel Oil Combustion"

Para fuentes de menos de 100 MMBTU/hr

**Tabla 14 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Externa - Combustible Fuel Oil**

Contaminante	Factor de emisión	Unidades	Rating
MP	9,9(S)+3,22	lb/10 <sup>3</sup> Gal de combustible	A
SO <sub>2</sub>	157S		A

NO <sub>x</sub>	55		A
CO	5		A
CO <sub>2</sub>	25000		B

FUENTE: AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 1 "External Combustion Sources", Sección 1.3 "Fuel Oil Combustion"

- **Gas Natural**

Al igual que para el Fuel Oil, el factor de emisión depende de la capacidad de la fuente. Para fuentes con capacidad mayor a 100 MMBTU/h:

**Tabla 15 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Externa - Gas Natural**

Contaminante	Factor de emisión	Unidades	Rating
MP	7,6	lb/10 <sup>6</sup> sfc de combustible	D
PM <sub>10</sub>	1,9		B
SO <sub>2</sub>	0,6		A
NO <sub>x</sub>	280		A
CO	84		B
CO <sub>2</sub>	120000		A
VOC	5,5		C

FUENTE: AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 1 "External Combustion Sources", Sección 1.4 "Natural Gas Combustion"

- **Madera**

Se parte de la suposición de la utilización de *madera seca*, con esto los factores de emisión utilizados para este tipo de combustible son:

**Tabla 16 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Externa - Madera**

Contaminante	Factor de emisión	Unidades	Rating
MP	0,4	lb/MMBTU	A
PM <sub>10</sub>	0,36		D
PM <sub>2,5</sub>	0,31		D
SO <sub>2</sub>	0,025		A
NO <sub>x</sub>	0,49		C
CO	0,60		B
CO <sub>2</sub>	195		A
VOC	0,017		D

FUENTE: AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 1 "External Combustion Sources", Sección 1.6 " Wood Residue Combustion in Boilers"

Para el caso de las fuentes de combustión interna, tales como generadores, motores, compresores, etc se utilizaron los factores de emisión estipulados en el *Capítulo 3 "Fuentes de Combustión Interna Estacionaria"*, divididas en el tipo de combustible utilizado.

- **Gas Natural**

A las fuentes de combustión interna que utilizan Gas Natural como combustible se le aplicaron los siguientes factores de emisión:

**Tabla 17 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Interna - Gas Natural**

Contaminante	Factor de emisión	Unidades	Rating
MP	9,91 E-03	lb/MMBTU	D
SO <sub>2</sub>	5,88 E-04		A
NO <sub>x</sub>	4,08		B
CO	3,17 E-01		C
CO <sub>2</sub>	1,10 E-02		A
VOC	1,18 E-01		C

FUENTE: AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 3 "Stationary Internal Combustion Sources", Sección 3.2 "Natural Gas-fired Reciprocating Engines"

- **Gasolina**

Para las fuentes de combustión interna que utilizan gasolina:

**Tabla 18 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Interna - Gasolina**

Contaminante	Factor de emisión	Unidades	Rating
MP	0,10	lb/MMBTU	D
SO <sub>2</sub>	0,084		D
NO <sub>x</sub>	1,63		D
CO	0,99		D
CO <sub>2</sub>	154		B

FUENTE: AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 3 "Stationary Internal Combustion Sources", Sección 3.3 "Gasoline and Diesel Industrial Engines"

- **Diesel**

Para las fuentes de combustión interna que utilizan diesel:

**Tabla 19 Factores de emisión - Fuentes de Combustión Interna - Diesel**

Contaminante	Factor de emisión	Unidades	Rating
PM10	0,31	lb/MMBTU	D
SO <sub>2</sub>	0,29		D
NO <sub>x</sub>	4,41		D
CO	0,95		D
CO <sub>2</sub>	164		B

FUENTE: AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 3 "Stationary Internal Combustion Sources", Sección 3.3 "Gasoline and Diesel Industrial Engines"

Con el fin de identificar las emisiones de fuentes que se necesite trabajar con la demanda energética, se determinan los Poderes Caloríficos de los combustibles utilizados:

**Tabla 20 Poder Calorífico**

Combustible		PC	Unidad
Carbón		22,6	MJ/kg
Fuel Oil No 2	Diesel o ACPM	133230,5	BTU/Gal
Fuel Oil No 6		42502,2	MJ/1000 L
Gas Natural		35,4	MJ/m <sup>3</sup>
Biomasa	Madera	18008,5	BTU/kg

#### 5.2.4. Análisis de Resultados

Con el fin de determinar el aporte de contaminación por actividad económica, se agruparon las actividades del código CIU y las fuentes de emisión, de acuerdo a la clasificación propuesta por la AMVA. (AMVA, 2015); a continuación se presenta la tabla 21 con la agrupación de actividades susceptibles de realizar emisiones

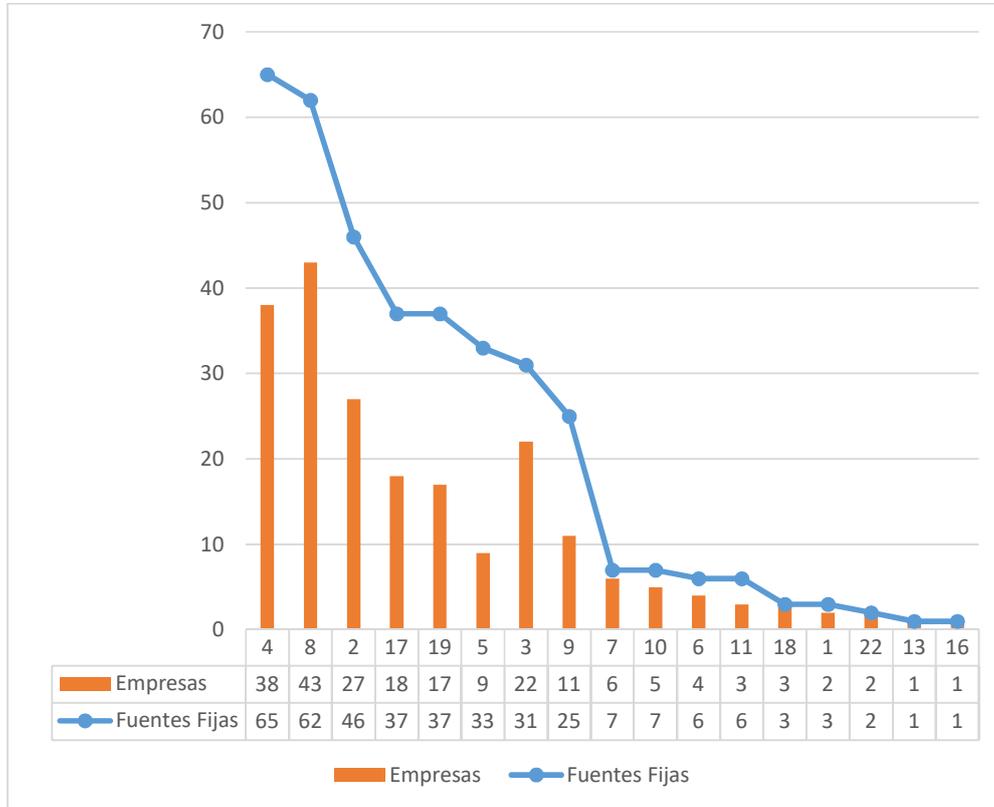
**Tabla 21 Actividades productivas susceptibles de realizar descargas atmosféricas**

Actividad Productiva	Descripción

<i>Actividad Productiva</i>	<i>Descripción</i>
BAT	Bebidas, Alimentos y Tabaco (incluido alimentos para animales).
TXT	Textil y de Confección. Procesamiento y producción de textiles. Incluye procesos de teñido.
PAP	Papel, Cartón, Pulpa e Impresión.
PCE	Plásticos, Cauchos y Empaques; incluidas reencauchadoras, fabricación y procesamiento de llantas.
MMC	Metalmecánico; fundición y manejo de metales, hierro, metales no ferrosos, producción de maquinaria eléctrica y no eléctrica.
QMC	Química; producción de compuestos químicos, producción de jabones y detergentes, pinturas y resinas.
TER	Terciario; incluye empresas del sector terciario, comercial y de servicios que por su actividad posean calderas u hornos eléctricos, por ejemplo, hoteles, hospitales, cementerios, lavanderías y otros.
OTR	Otras Industrias. En este sector se agrupan las industrias que no se pueden clasificar en ninguna de las categorías anteriores.

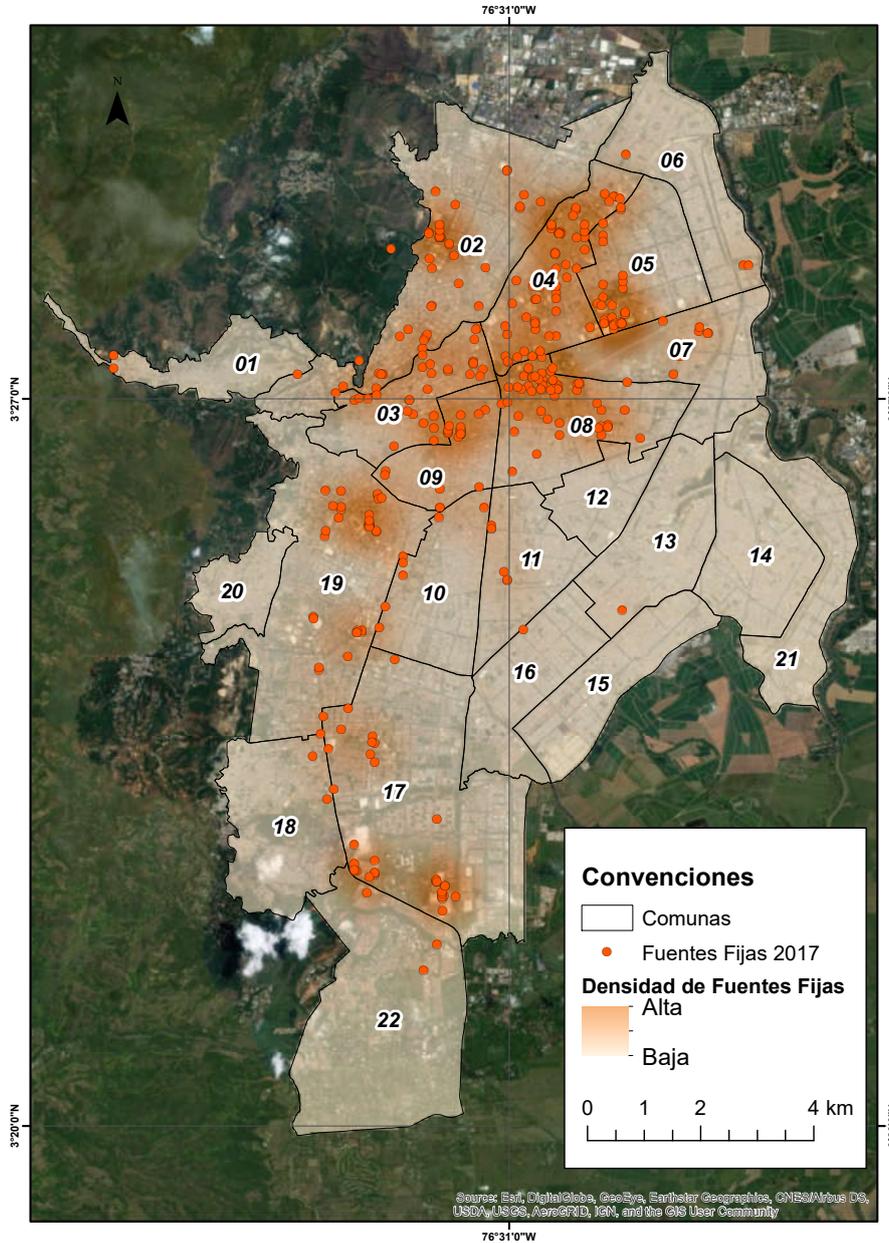
En la presente actualización se identificaron 197 empresas, las cuales cuentan con 372 fuentes fijas. La figura 7 muestra la distribución de las empresas y fuentes de emisión de acuerdo a su ubicación en la ciudad de Santiago de Cali.

Figura 7 Empresas y fuentes de emisión fijas por comuna



Se observa de la Figura 7 que el 17,5% de las fuentes fijas y el 17,9% de las empresas se encuentran en la Comuna 4 siendo esto congruente con lo expresado en el inventario de 2012. Por otro lado, se evidencia que el 50% de las fuentes de emisión y de las empresas se distribuyen por las Comunas 4, 8 y 2 (figura 8).

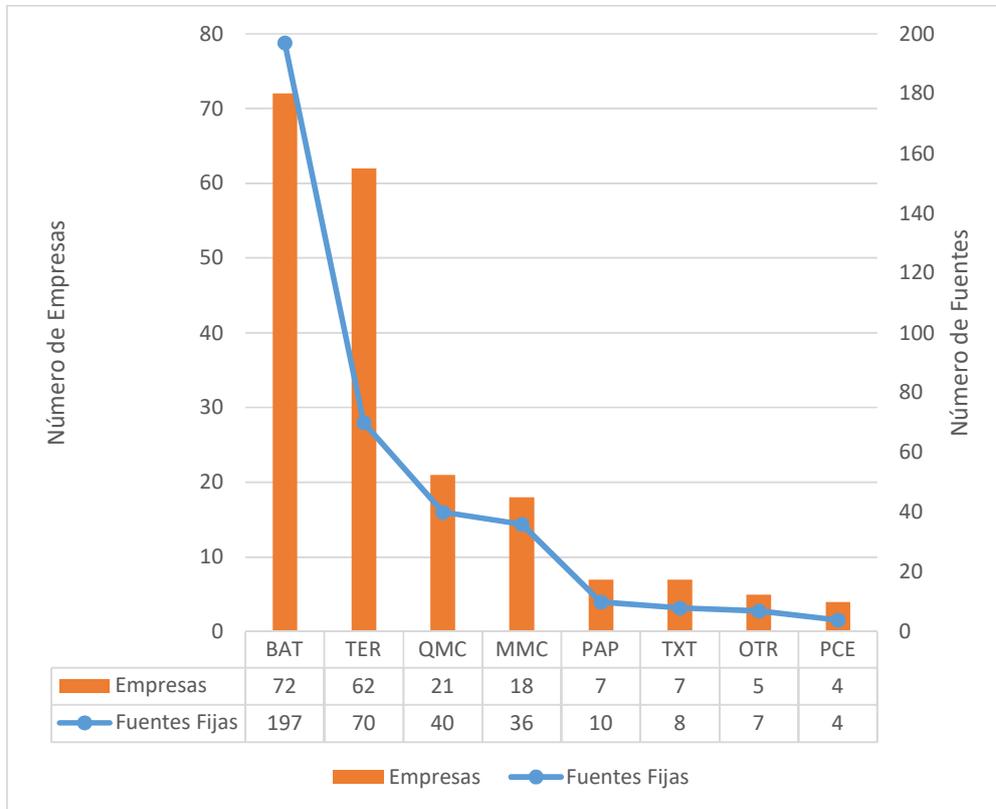
Figura 8 Fuentes Fijas Georreferenciadas<sup>1</sup>



En la figura 9 se muestra la distribución de empresas y fuentes por actividad productiva. Son los sectores Bebidas, alimentos y tabaco, Terciario y Químico las actividades que agrupan a la mayoría de fuentes de emisión, estos sectores corresponden al 53%, 18,8% y 10,8% respectivamente.

<sup>1</sup> Elaboración Propia (DAGMA 2018)

Figura 9 Empresas y fuentes de emisión fijas por actividad

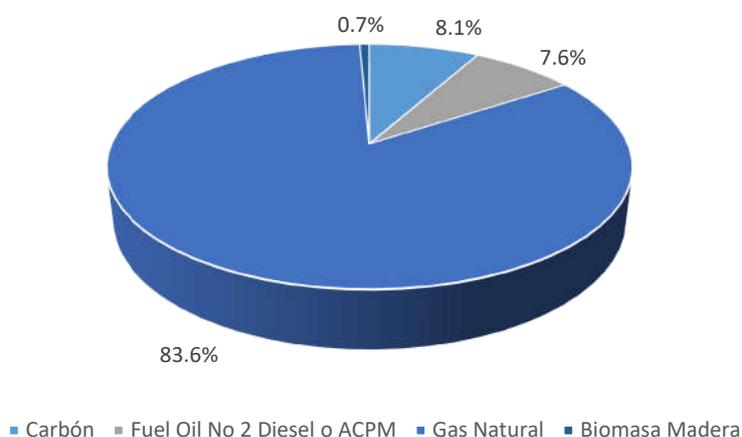


A partir de los datos de consumo de las fuentes fijas con información, se calculó la demanda energética en la ciudad. Observando que el 83% de la energía consumida es por Gas Natural.

Tabla 22 Demanda energética de las fuentes de emisión

Combustible		Consumo	Unidad	Demanda Energética	Unidad
Carbón		1405	kg/h	263414,0	MMBTU/año
Fuel Oil No 2	Diesel o ACPM	213,4	Gal/h	249059,0	
Gas Natural		9273,36	m3/h	2723293,6	
Biomasa	Madera	145,7	kg/h	22988,0	

Figura 10 Demanda energética de las fuentes de emisión

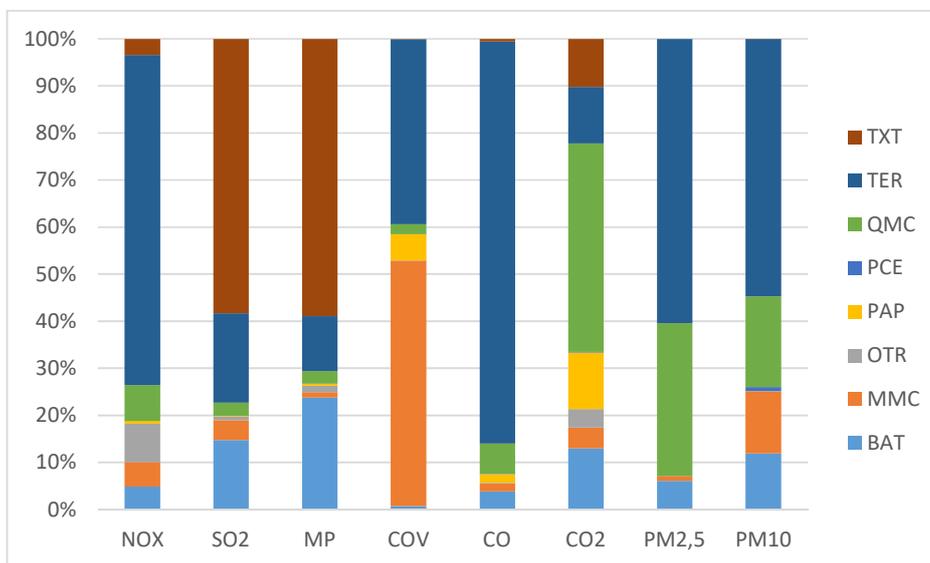


Los contaminantes considerados en este inventario para las fuentes de emisión son: óxidos de nitrógeno, dióxidos de azufre, material particulado, compuestos orgánicos volátiles, monóxido de carbono y dióxidos de carbono. La siguiente figura presenta los resultados de las emisiones de estos contaminantes y su clasificación por actividad productiva.

Tabla 23 Emisiones de contaminantes por actividad productiva (Ton/año)

Sector	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	MP	COV	CO	CO <sub>2</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>
BAT	33,8	14,4	53,3	0,9	21,5	15003,6	1,0	6,4
MMC	35,7	4,1	2,5	58,6	9,1	5032,3	0,2	7,0
OTR	56,6	0,8	3,1	0,0	1,0	4564,5	3,E-04	3,E-03
PAP	4,0	0,1	0,9	6,3	9,7	13807,7		9,E-03
PCE	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	144,7		0,5
QMC	52,4	2,7	6,0	2,4	36,0	50930,7	5,4	10,3
TER	484,4	18,5	26,1	44,1	470,8	13728,8	10,1	29,2
TXT	23,9	57,0	131,7	0,2	3,4	11801,9		2,E-02
Total	691,3	97,7	223,8	112,5	551,9	115014,3	16,72	53,46

Figura 11 Distribución de emisiones de contaminantes de acuerdo a la actividad



Como se puede evidenciar para PM10, PM2,5, NO<sub>x</sub> y CO la principal fuente es la actividad asociada al sector terciario, para SO<sub>2</sub> y MP la principal fuente es el sector Textil, para los COVs el sector asociado es el Metalmeccánico y por ultimo para el CO<sub>2</sub> la industria química es la principal aportante.

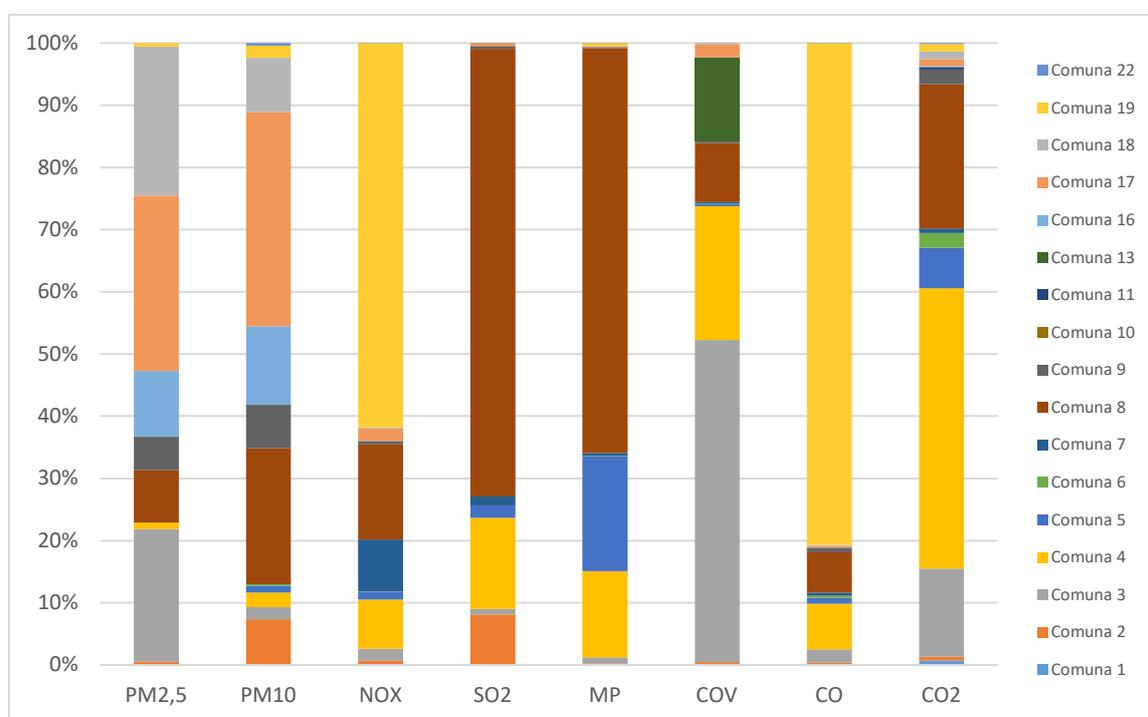
Ahora al distribuir las emisiones por comuna se identifica que la Comuna 19 es la mayor aportante de NO<sub>x</sub> y CO, La comuna 8 la mayor aportante de SO<sub>2</sub> y MP, la comuna 3 la mayor aportante de COV y la comuna 4 la mayor aportante de CO<sub>2</sub>.

Tabla 24 Emisiones de contaminantes por comuna (Ton/año)

Comuna	PM2,5	PM10	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	MP	COV	CO	CO <sub>2</sub>
Comuna 1	0,000	0,002	0,688	0,004	0,052	0,038	0,579	825,091
Comuna 2	0,094	3,917	4,155	7,880	0,451	0,463	1,643	725,569
Comuna 3	3,563	1,035	13,081	0,924	2,305	58,294	11,433	16287,633
Comuna 4	0,166	1,266	55,030	14,338	30,900	24,158	40,599	51790,331
Comuna 5	0,000	0,594	8,172	1,942	41,371	0,341	5,257	7545,565
Comuna 6	0,000	0,131	0,344	0,014	0,186	0,125	1,903	2694,176
Comuna 7	0,000	0,000	58,075	1,334	1,006	0,311	2,869	828,470
Comuna 8	1,420	11,693	105,673	70,325	145,654	10,640	35,832	26732,927
Comuna 9	0,894	3,716	3,204	0,417	0,340	0,343	3,552	2686,069
Comuna 10	0,000	0,002	0,021	0,001	0,006	0,000	0,007	0,000

Comuna	PM2,5	PM10	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	MP	COV	CO	CO <sub>2</sub>
Comuna 11	0,000	0,000	0,361	0,002	0,028	0,020	0,306	432,752
Comuna 13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,133	0,000	0,000
Comuna 16	1,764	6,760	0,140	0,001	0,011	0,008	0,118	168,386
Comuna 17	4,713	18,398	13,795	0,473	0,262	2,346	1,410	1371,679
Comuna 18	4,006	4,676	1,169	0,007	0,089	0,156	0,982	1403,217
Comuna 19	0,098	1,056	427,139	0,006	1,083	0,069	445,261	1354,005
Comuna 22	0,000	0,211	0,214	0,001	0,009	0,008	0,120	168,386
Total general	16,717	53,457	691,260	97,668	223,753	112,453	551,871	115014,256

Figura 12 Distribución de emisiones de contaminantes por comuna



Los resultados aquí obtenidos, así como las hojas de cálculo para la determinación de las emisiones se encuentra contenido en el ANEXO 6.

## 6. INVENTARIO FUENTES MÓVILES

Con el fin de tomar medidas de prevención, control y mitigación en lo que concierne a la calidad de aire de la ciudad d de Santiago de Cali, se generó un inventario de fuentes móviles que transitan por los principales corredores viales de la ciudad.

El inventario permitirá caracterizar y cuantificar las emisiones generadas por fuentes móviles, lo anterior con base en el modelo elaborado por el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente) y la TNT (Compañía de transportes de FedEx) en el “*Modulo 18*”, el cual proporciona los factores de emisión para diferentes tipos de vehículos.

El inventario se realizó en 16 puntos de la ciudad de Santiago de Cali, puntos concertados con la supervisión y que convergen en las principales vías de la ciudad. Esta información se encuentra contenida en el ANEXO 4.

### 6.1. Marco Normativo

Tabla 25 Marco normativo fuentes móviles

Ítem	Norma	Emisor	Descripción
1	Ley 99 de 1993	Congreso de la República	Se crea el Ministerio de Ambiente, se reordena el sistema nacional ambiental y se otorga a la autoridad ambiental urbana las mismas funciones atribuidas a las CAR.
2	Artículo 66 de la Ley 99	Congreso de la República	Se le otorga a la autoridad ambiental urbana el control sobre los programas de evaluación y mitigación de la contaminación atmosférica.
3	Decreto 061 de 2003	Alcaldía Mayor de Bogotá	Se establecen los objetivos de calidad ambiental
4	Resolución 910 de 2008	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres

### 6.2. Elaboración Inventario Fuentes Móviles

Para elaborar el inventario de fuentes móviles se definieron un total de 16 puntos de aforo, de los cuales los primeros 11 son de trazabilidad del estudio del inventario anterior y los siguientes 5 son puntos de aforo nuevos para este inventario:

**Tabla 26 Puntos de aforo vehicular**

PUNTOS	VÍAS OBJETO DE AFORO	PUNTO DE AFORO	TIPO DE VÍA	COORDENADAS
P1	Avenida 3N(8 carriles, 4 de ida y 4 de venida), con calle 34N(4 carriles, 2 de ida y de venida)	Avenida 3N(8 carriles, 4 de ida y 4 de venida)	Principal	3°28'16.5"N 76°31'19.5"W
P2	Autopista Nororiental(10 carriles, 5 de ida y 5 de regreso) con Recta Palmira(K 1N)(6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Recta Palmira(K 1N)(6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Principal	3°29'26.5"N 76°29'29.4"W
P3	Calle 70 "Autopista nor-oriental"(6 carriles, 3 de ida y 3 de vuelta) con carrera 8 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Calle 70 "Autopista nor-oriental"(6 carriles, 3 de ida y 3 de vuelta)	Principal	3°27'18.9"N 76°29'06.6"W
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)	3°26'42.2"N 76°31'02.3"W
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	3°22'02.7"N 76°31'45.5"W
P6	Calle 50 con avenida Simón Bolívar(6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Simón Bolívar(6 carriles, 3 de ida y 3 de venida)	Principal	3°24'33.6"N 76°31'05.4"W
P7	Carrera 2 con calle 58	Calle 58	Residencial	3°28'11.6"N 76°29'45.9"W
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	3°25'56.6"N 76°31'40.5"W
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	3°26'25.7"N 76°32'09.7"W
P10	Carrera 37 (2 carriles doble vía) con 12 A (dos carriles doble vía), una calle sencilla	Carrera 37 (2 carriles doble vía)	Residencial	3°25'12.4"N 76°32'00.0"W
P11	Carrera 94 con calle 4C	Carrera 94 con 4C	Residencial	3°22'34.9"N 76°32'34.7"W
P12	Calle 73(6 carriles, 3 de ida y 3 de venida), con carrera 21 (2 carriles de ida)	Calle 73 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida) Sentido Sur-Norte	Principal	3°26'39.4"N 76°29'02.4"W

PUNTOS	VÍAS OBJETO DE AFORO	PUNTO DE AFORO	TIPO DE VÍA	COORDENADAS
P13	Puente Universidad Autonoma (Calle 25 # 115 - 85)	ViaPanamerica, (4 carriles, 2 de ida y 2 de venida), Puente Peatonal. Sentido Norte-Sur	Principal	3°21'11.2"N 76°31'24.0"W
P14	Calle 5 (4 carriles, 2 de ida y 2 de venida) con calle 10 (3 carriles principales y dos carriles auxiliares)	Calle 5 (4 carriles, 2 de ida y 2 de venida) Sentido Norte-Sur	Principal	3°23'22.9"N 76°32'43.5"W
P15	Calle 23 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida), con carrera 8 (5 carriles, 3 de ida, 2 de venida)	Calle 23 (6 carriles, 3 de ida y 3 de venida) Sentido Norte-Sur	Principal	3°27'09.5"N 76°31'04.8"W
P16	Avenida ciudad de Cali (calle 73) con Calle 72u (Laguna el Pondaje)	Avenida ciudad de Cali Calle 73 ida (4 carriles sur) y (3 carriles norte)	Principal	3°26'26.1"N 76°29'03.7"W

Con el fin de determinar el aforo vehicular se elaboraron formatos de campo para recolectar la información de los vehículos.

Figura 13 Formato recolección fuentes móviles

		FORMATO ESTUDIO DE TRANSITO - AFOROS VEHICULARES															
Movimientos		Localización															
		Aforador															
		Coordenadas												N	E	Hoja:	De:
		Condición climática												Hora Inicio:		Hora fin:	
HORA MILITAR	MOVI-MIENTO	LIVANOS				TPC		CAMONES				MOTOS		BICICLETAS			
				TOTAL	TOTAL	MICROBUSES	BUSES	C2P	C2G	C3	CAM ARTIC	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		

Con este formato (ANEXO 1) se clasificaron los vehículos en: Livianos, Pesados de Servicio Público, Pesados y Motos, esto con el fin de calcular sus emisiones y determinar el impacto a la calidad de aire.

### 6.3. Recolección de Información Fuentes Móviles

En la recolección de la información para las fuentes de emisión, se tuvieron en cuenta los 16 puntos mencionados en la tabla 25, distribuidos estratégicamente en el perímetro urbano de la ciudad de Santiago de Cali, con la finalidad de cuantificar las vías de mayor flujo vehicular, la jornada de aforo se definió en tres periodos de tiempo, abarcando las horas pico y valle en relación con la movilidad, el conteo vehicular se realizó en las direcciones Norte-Sur y Sur-Norte, así como Este-Oeste y Oeste-Este de darse el caso (ANEXO 5); los horarios de aforo se presentan a continuación:

**Tabla 27 horarios de aforos**

Horario de aforos
6:00 - 10:00
11:00 - 14:00
17:00 - 21:00

Los aforos se realizaron en los 16 puntos según lo estipulado, lo anterior en las siguientes fechas:

**Tabla 28 Aforos vehiculares**

<i>Nombre</i>	<i>Fecha</i>
Punto 1	30 de Noviembre de 2017
Punto 2	1 de Diciembre de 2017
Punto 3	4 de Diciembre de 2017
Punto 4	5 de Diciembre de 2017
Punto 5	6 de Diciembre de 2017
Punto 6	7 de Diciembre de 2017
Punto 7	11 de Diciembre de 2017
Punto 8	12 de Diciembre de 2017
Punto 9	13 de Diciembre de 2017
Punto 10	14 de Diciembre de 2017
Punto 11	15 de Diciembre de 2017
Punto 12	18 de Diciembre de 2017
Punto 13	19 de Diciembre de 2017

FEBRERO DE 2018

	2017
Punto 14	20 de Diciembre de 2017
Punto 15	21 de Diciembre de 2017
Punto 16	22 de Diciembre de 2017

**6.3.1. Punto 1 - Avenida 3N con calle 34N**

Esta vía principal es importante debido a que representa la continuación de la vía Cali - Yumbo, por lo que es frecuente la salida y entrada de camiones, buses y microbuses intermunicipales, aunado a ello, la habitual y constante circulación de motos en ambos sentidos (Sur - Norte, Norte - Sur).

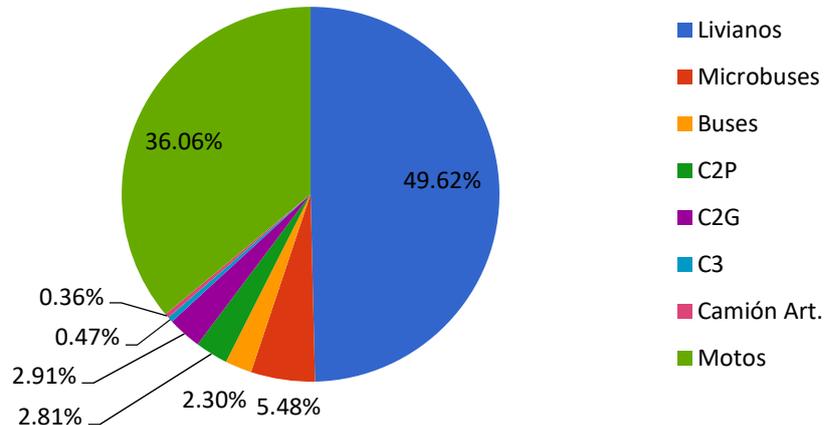
**Figura 14 Avenida 3N con calle 34N**



**Tabla 29 Distribución vehículos punto 1**

Tipo Vehículo	Total
Livianos	19829
Microbuses	2189
Buses	921
C2P	1121
C2G	1164
C3	187
Camión Art.	142
Motos	14410
<b>Total</b>	<b>39963</b>

**Figura 15 Distribución porcentual vehículos - Punto 1**



**6.3.2. Punto 2 - Carrera 1 con calle 71e N**

Vía de gran importancia pues representa la vía Cali - Palmira, lo cual implica la salida y entrada de gran flujo de camiones pequeños y grandes de 2, 3, 4 o más ejes.

En la franja de 6:00 a 8:00 sentido norte - sur se presenta mayor flujo de motocicletas con respecto a los vehículos livianos, ya que hacen referencia a la entrada de vehículos procedentes de los municipios aledaños como (Palmira, Cerrito, Buga) y representa el posible desplazamiento a los sitios de trabajo que se encuentran ubicados en la ciudad. Por otra parte, en la franja de 17:00 a 19:00 en el sentido sur - norte hacía la vía Cali - Palmira se presenta la misma situación descrita anteriormente.

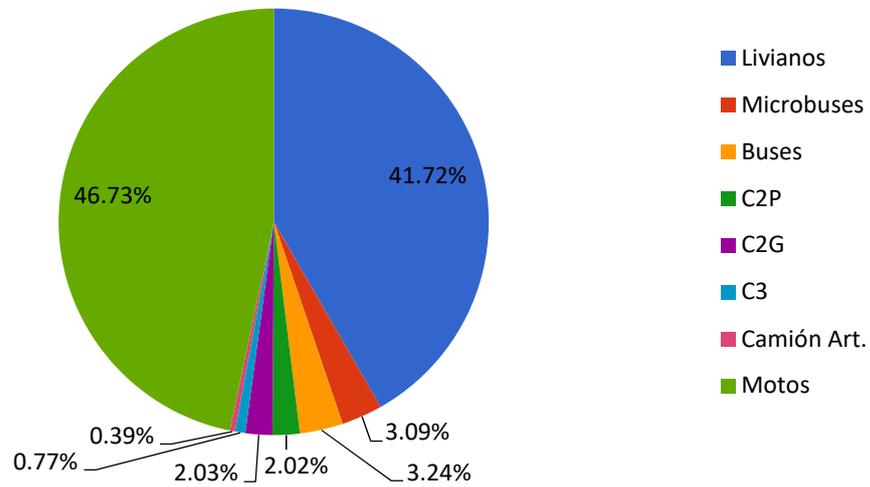
Figura 16 Carrera 1 con calle 71e N



Tabla 30 Distribución vehículos punto 2

Tipo Vehículo	Total
Livianos	19493
Microbuses	1443
Buses	1515
C2P	946
C2G	948
C3	361
Camión Art.	180
Motos	21834
<b>Total</b>	<b>46720</b>

**Figura 17 Distribución porcentual vehículos - Punto 2**



**6.3.3. Punto 3 - Calle 70 con carrera 8**

La vía representa gran importancia debido a la conexión que tiene con el flujo vehicular procedente del norte de la ciudad con la avenida Simón Bolívar hacia la zona sur. Se evidencia alto flujo vehicular y constante circulación en horas pico, presencia de gran cantidad de camiones de carga.

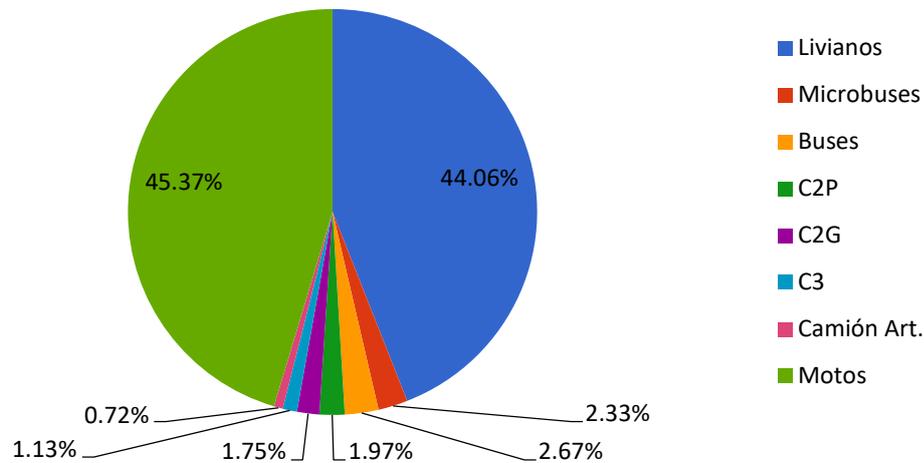
**Figura 18 Calle 70 con carrera 8**



Tabla 31 Distribución vehículos punto 3

Tipo Vehículo	Total
Livianos	27190
Microbuses	1440
Buses	1647
C2P	1217
C2G	1082
C3	697
Camión Art.	443
Motos	27999
<b>Total</b>	<b>61715</b>

Figura 19 Distribución porcentual vehículos - Punto 3



#### 6.3.4. Punto 4 - Carrera 15 con calle 26

Esta vía en comparación a las anteriores hasta el momento de su aforo, tuvo un flujo vehicular relativamente bajo en todas las flotas vehiculares aforadas (livianos, buses, microbuses, motos, etc.). Esto posiblemente se debe a que los barrios cercanos tienen calles que comunican rápidamente a vías principales como la autopista sur oriental y calle 70.

El registro fotográfico en este punto de aforo no fue posible obtenerlo ya que, la zona representa peligro para el equipo de aforadores y las herramientas utilizadas.

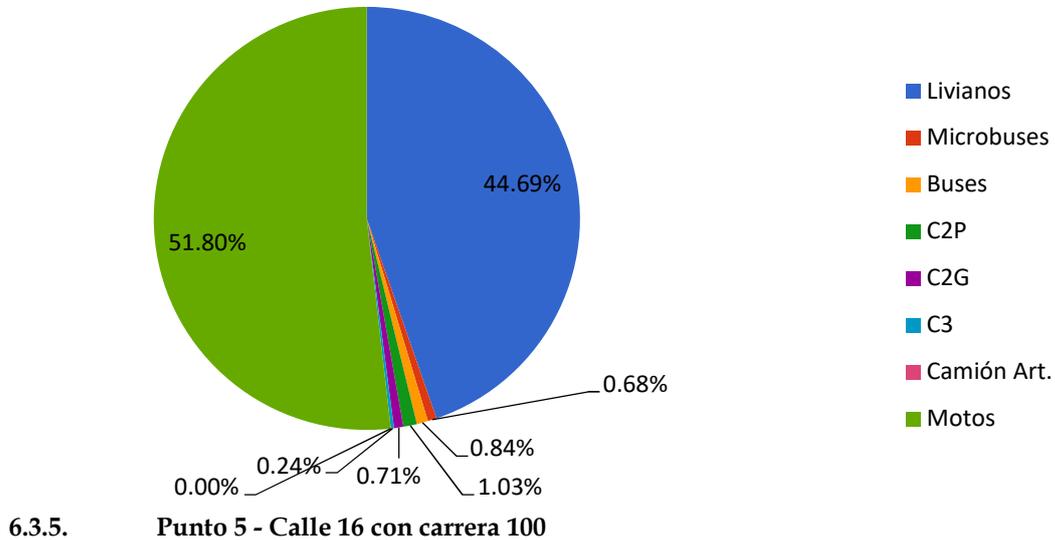
**Figura 20 Carrera 15 con calle 26**



**Tabla 32 Distribución vehículos punto 4**

<b>Tipo Vehículo</b>	<b>Total</b>
<b>Livianos</b>	10226
<b>Microbuses</b>	155
<b>Buses</b>	193
<b>C2P</b>	235
<b>C2G</b>	163
<b>C3</b>	56
<b>Camión Art.</b>	1
<b>Motos</b>	11852
<b>Total</b>	22881

Figura 21 Distribución porcentual vehículos - Punto 4



Una vía muy importante ya que gran parte del flujo vehicular en sentido norte-sur, se dirige hacia la ciudad de Jamundí, 6 universidades importantes de la ciudad de Cali y a los barrios como Valle del Lili y Caney.

Es importante tener en cuenta que la fecha del aforo, puede ser considerada una jornada atípica puesto que las universidades se encuentran en el periodo de vacaciones, lo cual puede afectar significativamente los resultados más apropiados para la actividad de aforo, puesto que no se tendría en cuenta el flujo vehicular habitual que se dirige hacia las 6 universidades del sector: Universidad Autónoma de Occidente, Universidad Javeriana de Cali, Universidad San Martín, Universidad Icesi, Universidad Católica y Universidad San Buenaventura.

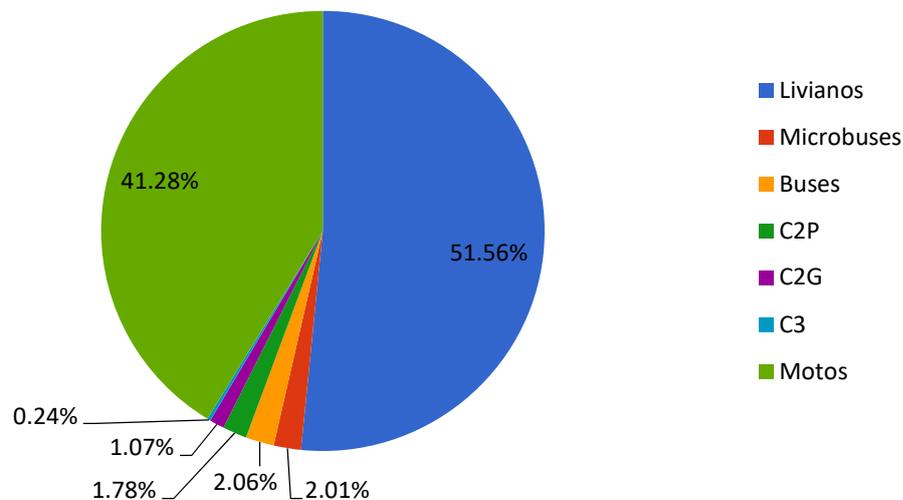
Figura 22 Calle 16 con carrera 100



Tabla 33 Distribución vehículos punto 5

Tipo Vehículo	Total
Livianos	10978
Microbuses	427
Buses	439
C2P	378
C2G	228
C3	52
Camión Art.	0
Motos	8789
<b>Total</b>	<b>21291</b>

Figura 23 Distribución porcentual vehículos - Punto 5



### 6.3.6. Punto 6 - Calle 27 con Autopista Simón Bolívar

Vía con alto flujo vehicular puesto que representa la autopista principal que atraviesa toda la ciudad desde el norte sobre la calle 70 hasta el sur sobre la calle 25. Gran presencia de camiones grandes de 2, 3, 4 o más ejes que se dirigen o vienen de Jamundí.

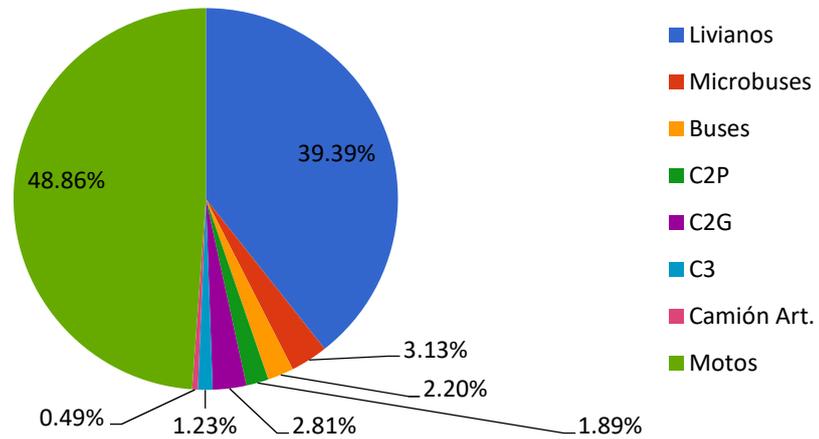
Figura 24 Calle 27 con Autopista Simón Bolívar



Tabla 34 Distribución vehículos punto 6

Tipo Vehículo	Total
Livianos	16276
Microbuses	1294
Buses	910
C2P	781
C2G	1163
C3	508
Camión Art.	201
Motos	20192
<b>Total</b>	<b>41325</b>

Figura 25 Distribución porcentual vehículos - Punto 6



6.3.7. Punto 7 - Calle 58 con carrera 2

Vía residencial en el sector de los Almendros que intersecta el flujo vehicular procedente de la Carrera 2. El flujo vehicular en este punto fue muy bajo, ya que como se especifica en el formato de la ubicación de los puntos de aforo es una zona residencial.

Figura 26 Calle 58 con carrera 2



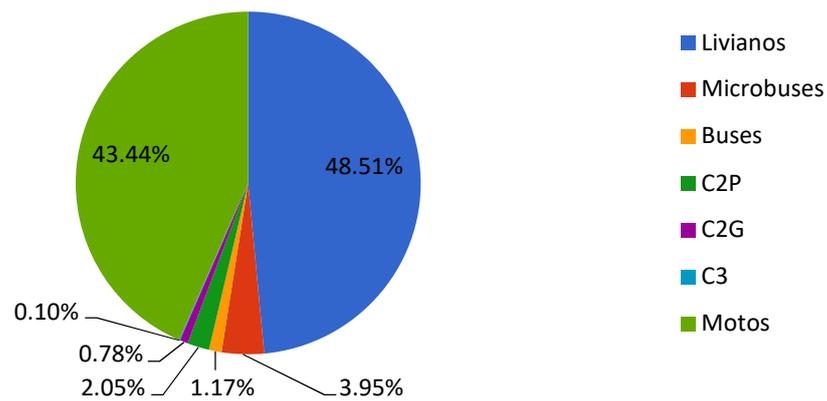
Tabla 35 Distribución vehículos punto 7

Tipo Vehículo	Total
Livianos	994
Microbuses	81

FEBRERO DE 2018

<b>Buses</b>	24
<b>C2P</b>	42
<b>C2G</b>	16
<b>C3</b>	2
<b>Camión Art.</b>	0
<b>Motos</b>	890
<b>Total</b>	2049

Figura 27 Distribución porcentual vehículos - Punto 7



### 6.3.8. Punto 8 - Paso ancho con autopista sur

La Calle 13 (Paso ancho) es la vía que representa la conexión del flujo vehicular de la zona sur de la ciudad con la zona centro, por lo que se puede observar gran presencia de buses grandes y vehículos livianos.

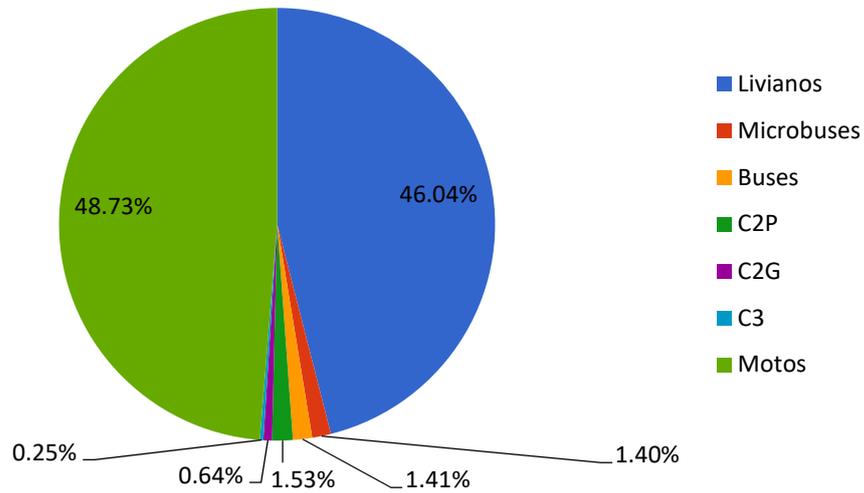
Figura 28 Paso ancho con autopista sur



Tabla 36 Distribución vehículos punto 8

Tipo Vehículo	Total
Livianos	15130
Microbuses	459
Buses	464
C2P	503
C2G	211
C3	82
Camión Art.	1
Motos	16015
<b>Total</b>	<b>32865</b>

Figura 29 Distribución porcentual vehículos - Punto 8



6.3.9. Punto 9 - Calle 5 con carrera 15

Este es el punto de aforo en sentido norte sur con posiblemente el flujo más alto registrado en todos los puntos de aforo, puesto que es la vía que comunica gran parte del nor-occidente de Santiago de Cali con el sur de la ciudad y principalmente la calle 5 que es una de las más concurridas de la ciudad.

Figura 30 Calle 5 con carrera 15



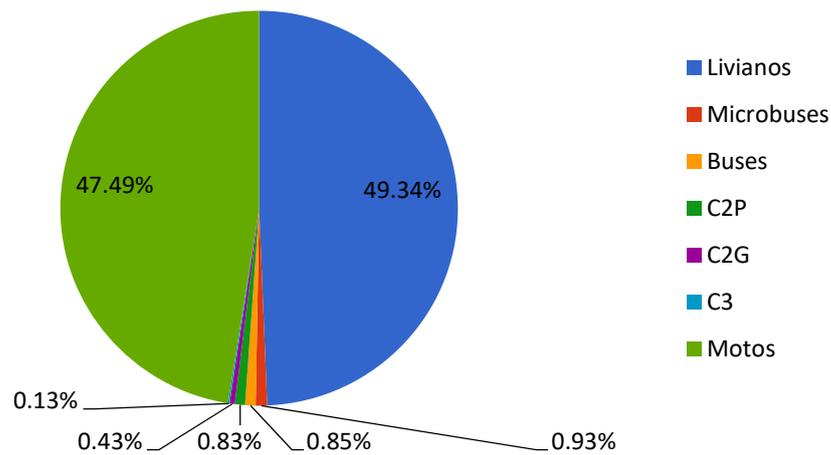
Tabla 37 Distribución vehículos punto 9

Tipo Vehículo	Total
---------------	-------

FEBRERO DE 2018

<b>Livianos</b>	35330
<b>Microbuses</b>	667
<b>Buses</b>	607
<b>C2P</b>	596
<b>C2G</b>	306
<b>C3</b>	90
<b>Camión Art.</b>	0
<b>Motos</b>	34005
<b>Total</b>	71601

Figura 31 Distribución porcentual vehículos - Punto 9



**6.3.10. Punto 10 - Carrera 39 con carrera 12**

Este punto de aforo presentó un flujo constante sin embargo la presencia de vehículos livianos y motos fue predominante en comparación de buses, micros y camiones.

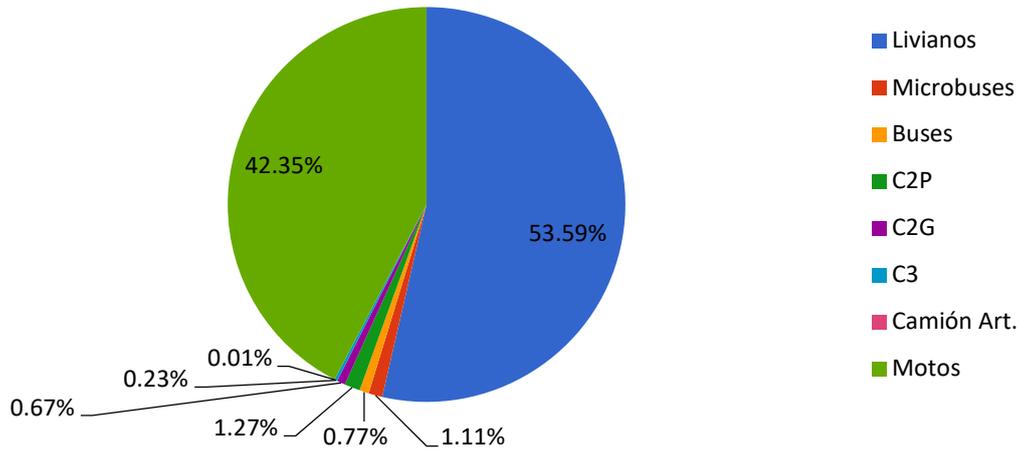
Figura 32 Carrera 39 con carrera 12



Tabla 38 Distribución vehículos punto 10

Tipo Vehículo	Total
Livianos	14464
Microbuses	300
Buses	208
C2P	344
C2G	180
C3	63
Camión Art.	2
Motos	11429
<b>Total</b>	<b>26990</b>

**Figura 33 Distribución porcentual vehículos - Punto 10**



**6.3.11. Punto 11 - Calle 5 con carrera 94**

Esta vía se caracteriza por ser de alto flujo vehicular, predominando el flujo de motocicletas en comparación a vehículos livianos. La gran parte del flujo vehicular de este punto es aportado por los vehículos que se desplazan desde o hacia el barrio Meléndez, el cual es un barrio grande, en las horas pico cuando los habitantes del sector salen a trabajar o cuando regresan a sus casas.

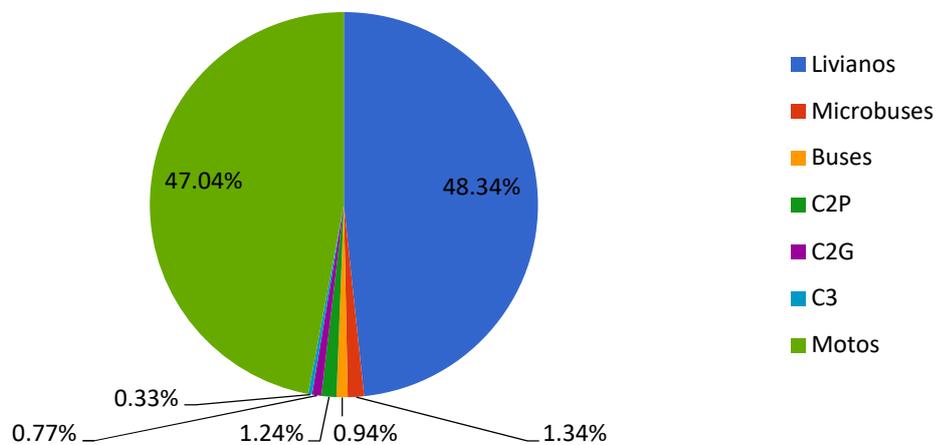
**Figura 34 Calle 5 con carrera 94**



Tabla 39 Distribución vehículos punto 11

Tipo Vehículo	Total
Livianos	27214
Microbuses	757
Buses	528
C2P	697
C2G	431
C3	187
Camión Art.	2
Motos	26483
<b>Total</b>	<b>56299</b>

Figura 35 Distribución porcentual vehículos - Punto 11



### 6.3.12. Punto 12 - Calle 73 con carrera 21

La calle 73 representa una vía paralela a la calle 70 y permite la movilidad de gran parte del flujo vehicular del oriente de la ciudad que conecta la zona norte con la zona sur. En este corredor vial de la calle 73 como caso particular se presenta gran número de vehículos denominados “Gualas” (Jeep Willys) que permiten el transporte de pasajeros desde zonas aledañas de difícil acceso para medios de transporte públicos convencionales como buses urbanos y taxis. Por otra parte, se puede

observar la predominancia del flujo de motocicletas que el de vehículos livianos y constante circulación de microbuses urbanos.

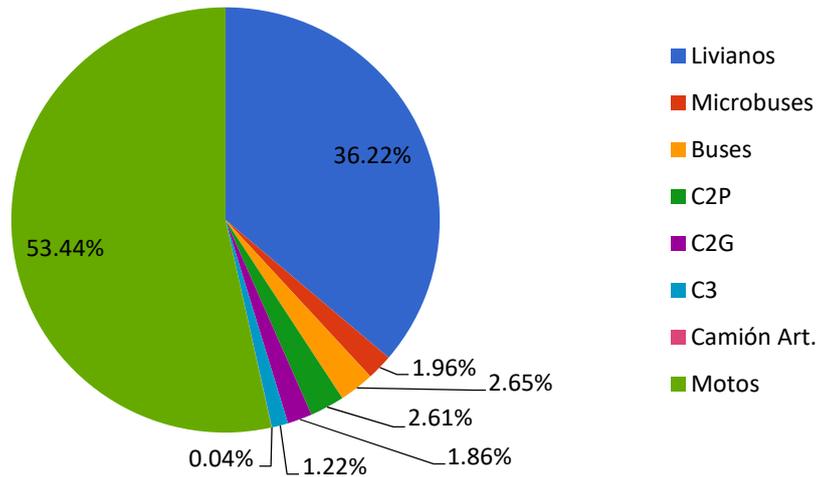
**Figura 36 Calle 73 con carrera 21**



**Tabla 40 Distribución vehículos punto 12**

Tipo Vehículo	Total
Livianos	6812
Microbuses	369
Buses	498
C2P	491
C2G	349
C3	230
Camión Art.	7
Motos	10051
<b>Total</b>	<b>18807</b>

**Figura 37 Distribución porcentual vehículos - Punto 12**



**6.3.13. Punto 13 - Calle 25 # 115-85 (UAO)**

La vía Cali-Jamundí (Calle 25) es de gran importancia porque implica la conexión de la ciudad de Cali con el sur occidente colombiano. Entre las características del flujo del presente corredor vial se destacan el alto volumen de vehículos y constante circulación durante todo el día, lo cual representa la entrada y salida de la ciudad de camiones pequeños y grandes, buses intermunicipales y nacionales y vehículos particulares. Pese a tener un flujo de vehículos livianos promedio en horas valle de 108 vehículos cada 5 min aproximadamente. Es importante aclarar que, el día de aforo del punto puede ser considerado como día atípico, puesto que, para la fecha las actividades académicas del sector (tanto universitarias como escolares) han terminado y el flujo vehicular de vehículos livianos se ve disminuido, teniendo en cuenta que estas actividades ocasionan un flujo masivo del sector en horas pico y afectando así la accesibilidad del sitio.

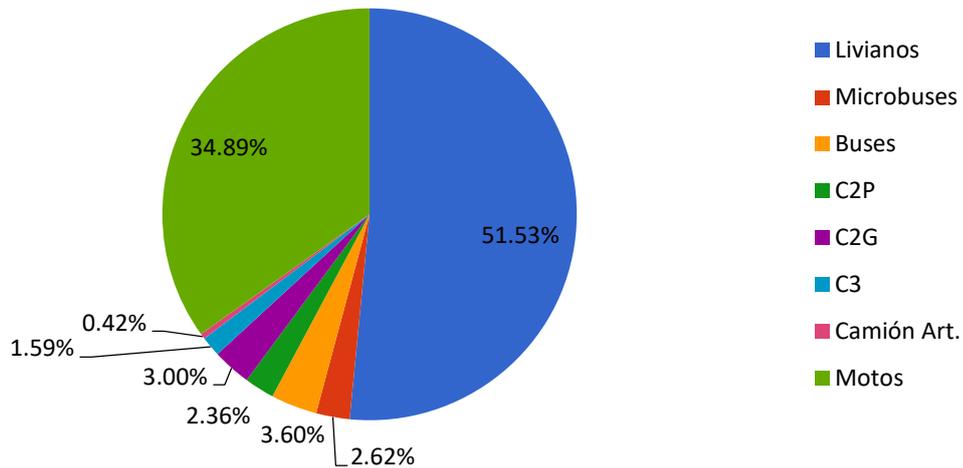
**Figura 38 Calle 25 # 115-85 (UAO)**



**Tabla 41 Distribución vehículos punto 13**

Tipo Vehículo	Total
Livianos	25281
Microbuses	1286
Buses	1764
C2P	1156
C2G	1470
C3	780
Camión Art.	205
Motos	17116
<b>Total</b>	<b>49058</b>

**Figura 39 Distribución porcentual vehículos - Punto 13**



**6.3.14. Punto 14 - Calle 5 con calle 10**

El aforo realizado en este punto presentó un flujo constante en el transcurso del día con mayor presencia de automóviles livianos y motocicletas que microbuses y buses, las franjas horarias que mayor registro presentaron fue entre las 06:00- 08:00 hrs. ; 11:00-12:00 hrs. ; 18:00-20:00 hrs.

**Figura 40 Calle 5 con calle 10**

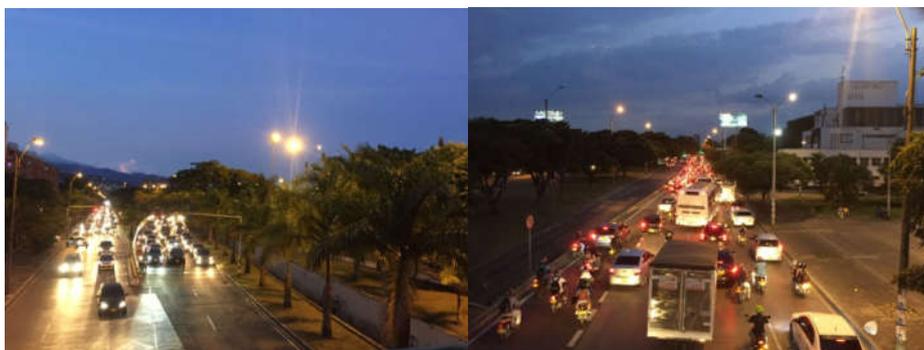
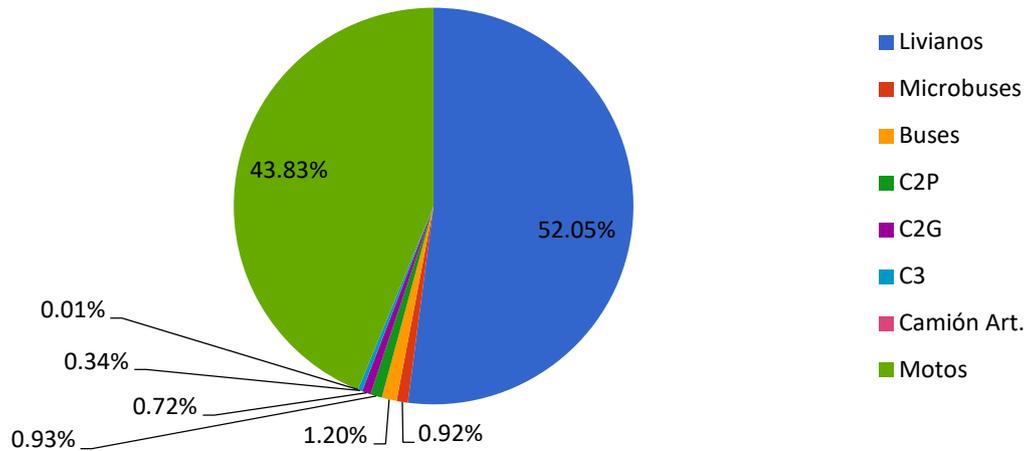


Tabla 42 Distribución vehículos punto 14

Tipo Vehículo	Total
Livianos	33808
Microbuses	599
Buses	778
C2P	606
C2G	467
C3	222
Camión Art.	5
Motos	28466
<b>Total</b>	<b>64951</b>

Figura 41 Distribución porcentual vehículos - Punto 14



### 6.3.15. Punto 15 - Calle 26 con carrera 8

El aforo realizado en este punto presentó un alto flujo vehicular con constancia, sin embargo, a las 09:00 horas se registró el mayor punto en el aforo igualmente a las 12:00 horas con poca presencia de buses y microbuses

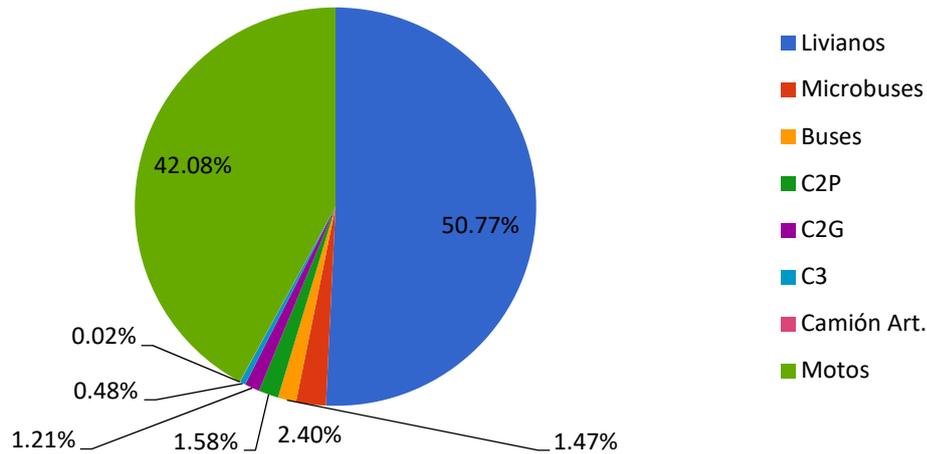
**Figura 42 Calle 26 con carrera 8**



**Tabla 43 Distribución vehículos punto 15**

Tipo Vehículo	Total
Livianos	32640
Microbuses	1540
Buses	945
C2P	1018
C2G	780
C3	308
Camión Art.	10
Motos	27052
<b>Total</b>	<b>64293</b>

**Figura 43 Distribución porcentual vehículos - Punto 15**



**6.3.16. Punto 16 - Calle 73 con calle 72u**

El aforo realizado en la avenida Ciudad de Cali tuvo que ser igualmente suspendido a las 14:00 horas debido a razones de seguridad ya que el punto se encuentra localizado en el distrito de Aguablanca y la zona presenta altos índices de robos, el mayor flujo en el tráfico se presentó a las 06:00 horas en el sentido Norte-Sur lo cual puede ser estimado por el desplazamiento de los habitantes a los sitios de trabajo en la parte centro y sur de la ciudad.

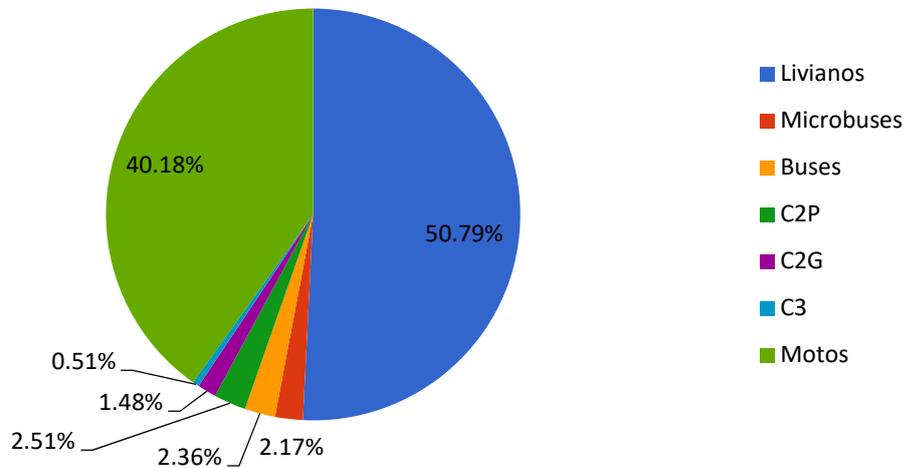
**Figura 44 Calle 73 con calle 72u**



Tabla 44 Distribución vehículos punto 16

Tipo Vehículo	Total
Livianos	7109
Microbuses	304
Buses	330
C2P	352
C2G	207
C3	71
Camión Art.	0
Motos	5624
<b>Total</b>	<b>13997</b>

Figura 45 Distribución porcentual vehículos - Punto 16



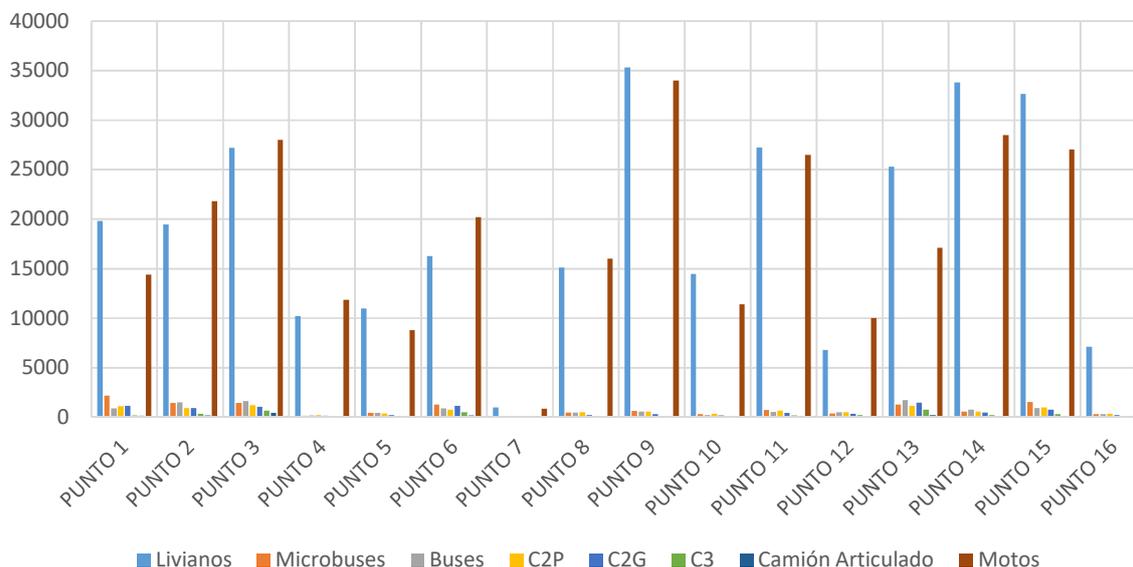
Las flotas de vehículos objeto de aforo fueron clasificadas en: (1) vehículos livianos, entre estos carros y camionetas particulares y vehículos de servicio público como taxis; (2) buses, microbuses y buses de gran tamaño; (3) camiones, de dos ejes pequeño, de dos ejes grandes, de 3 ejes, de 4 ejes o más; (4) motocicletas. A continuación, se presenta la cantidad de vehículos que transitan por cada una de las vías en los puntos seleccionados.

**Tabla 45 Distribución vehicular (vehículo/día)**

Punto de aforo	Livianos	Microbuses	Buses	C2P	C2G	C3	Camión Articulado	Motos	Total vehículos
P1	19829	2189	921	1121	1164	187	142	14410	39963
P2	19493	1443	1515	946	948	361	180	21834	46720
P3	27190	1440	1647	1217	1082	697	443	27999	61715
P4	10226	155	193	235	163	56	1	11852	22881
P5	10978	427	439	378	228	52	0	8789	21291
P6	16276	1294	910	781	1163	508	201	20192	41325
P7	994	81	24	42	16	2	0	890	2049
P8	15130	459	464	503	211	82	1	16015	32865
P9	35330	667	607	596	306	90	0	34005	71601
P10	14464	300	208	344	180	63	2	11429	26990
P11	27214	757	528	697	431	187	2	26483	56299
P12	6812	369	498	491	349	230	7	10051	18807
P13	25281	1286	1764	1156	1470	780	205	17116	49058
P14	33808	599	778	606	467	222	5	28466	64951
P15	32640	1540	945	1018	780	308	10	27052	64293
P16	7109	304	330	352	207	71	0	5624	13997
<b>Total por tipo</b>	302774	13310	11771	10483	9165	3896	1199	282207	634805

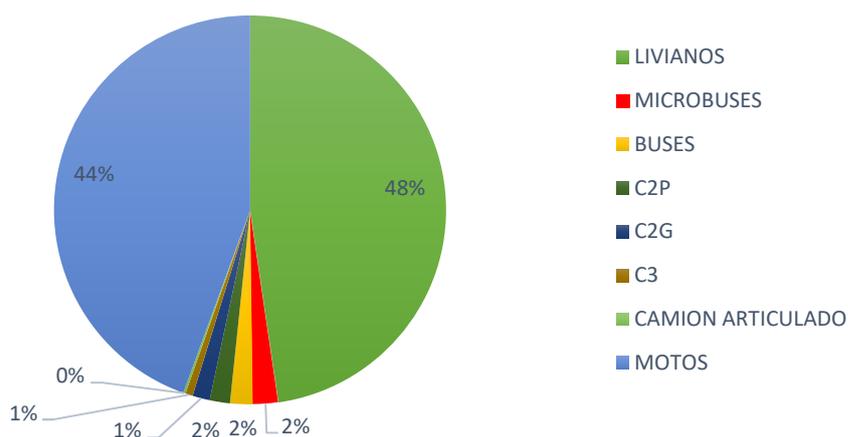
Con la finalidad de realizar una representación de la distribución de la flota vehicular tomada en los puntos de aforos mencionados con anterioridad. A continuación, se presenta la cantidad de vehículos que transitan por cada uno de los puntos seleccionados

Figura 46 Distribución vehicular por punto aforado.



Es claro que, en todos los puntos aforados los vehículos que mayor presencia tienen son los livianos y las motocicletas casi con iguales proporciones. En cuanto a su representatividad en cantidad, le siguen los microbuses y buses, pertenecientes en su mayoría al transporte público. En los puntos 7 y 12 es donde mayor presencia de camiones o vehículos pesados hay, seguido del punto 13 y 16.

Figura 47 Distribución porcentual de vehículos contabilizados



Respecto a los resultados mostrados en la gráfica anterior se puede concluir que, la mayoría de vehículos utilizados para el transporte en los lugares donde se realizaron los aforos, corresponden a

los livianos y motos con un 92% de representatividad, y en el 8% restante se encuentran las categorías microbuses, buses, C2P, C2G, C3 y camiones articulados.

#### 6.4. Cuantificación y Análisis de Emisiones Fuentes Móviles

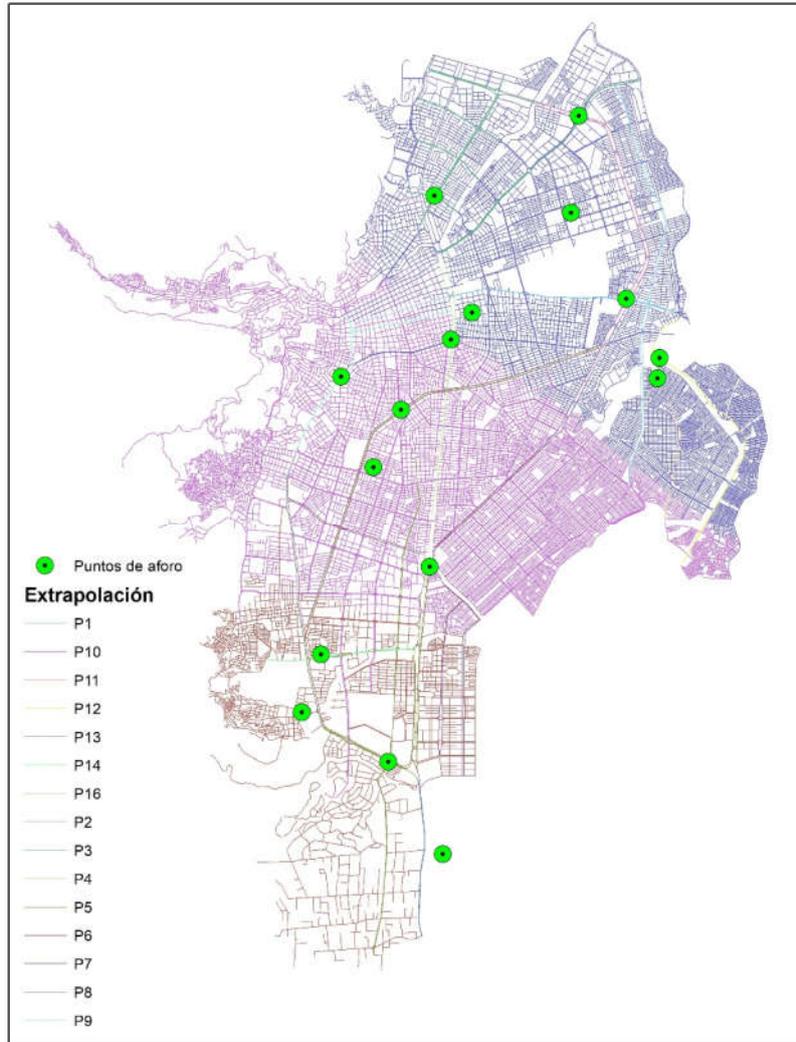
En la cuantificación y análisis de las emisiones de las fuentes móviles, se consideraron los factores de emisiones expuestos por el PNUMA y la TNT en el “Modulo 18” para gestionar las flotas vehiculares, a continuación, se presentan dichos factores de emisión.

Tabla 46 Factores de emisión - PNUMA y TNT

Categorías de vehículos (*)		CO	VOC	NOx	SOx	MP
		(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)
Vehículos	Gasolina - con catalizador	18,00	0,78	1,17	0,05	0,01
Microbuses y C2P	Ligeros - Euro I y II	3,60	0,19	1,64	0,26	0,13
Buses y C2G	Medianos - Euro I y II	8,59	1,65	15,01	0,69	0,67
C3 y Camiones Articulados	Pesados - Euro I y II	11,80	2,53	20,40	0,97	1,34
Motos	Motocicletas con motor de cuatro tiempos	16,00	5,00	0,99	0,02	0,21

De acuerdo a la localización de los puntos de aforo, se extrapolaron los tipos de las vías y su ubicación a toda la malla vial de Santiago de Cali, incluyendo las vías no aforadas, obteniendo así, la siguiente figura de distribución vial.

Figura 48 Punto de aforo fuente móviles y extrapolación vial



Con la longitud por cada tipo de vía extrapolada, se procede a determinar la emisión por cada tipo y con base en el factor de emisión descrito anteriormente. En la siguiente tabla se presentan los datos calculados para las emisiones por tipo de vehículo.

Tabla 47 Emisiones fuentes móviles por tipo de vehículo

Punto Aforo	Nombre	CO tn/año	VOC tn/año	Nox tn/año	Sox tn/año	MP tn/año
P1	Livianos	5757,88	249,51	374,26	15,99	3,20
	Microbuses	127,13	6,71	57,91	9,18	4,59
	Buses	127,63	24,52	223,01	10,25	9,95
	C2P	65,10	3,44	29,66	4,70	2,35
	C2G	161,30	30,98	281,85	12,96	12,58
	C3	35,60	7,63	61,54	2,93	4,04
	Camión Art.	27,03	5,80	46,73	2,22	3,07
	Motos	3719,40	1162,31	230,14	4,65	48,82
P2	Livianos	3578,09	155,05	232,58	9,94	1,99
	Microbuses	52,97	2,80	24,13	3,83	1,91
	Buses	132,71	25,49	231,90	10,66	10,35
	C2P	34,73	1,83	15,82	2,51	1,25
	C2G	83,04	15,95	145,11	6,67	6,48
	C3	43,44	9,31	75,10	3,57	4,93
	Camión Art.	21,66	4,64	37,45	1,78	2,46
	Motos	3562,48	1113,28	220,43	4,45	46,76
P3	Livianos	5544,40	240,26	360,39	15,40	3,08
	Microbuses	58,73	3,10	26,75	4,24	2,12
	Buses	160,27	30,79	280,06	12,87	12,50
	C2P	49,63	2,62	22,61	3,58	1,79
	C2G	105,29	20,22	183,98	8,46	8,21
	C3	93,17	19,98	161,08	7,66	10,58
	Camión Art.	59,22	12,70	102,38	4,87	6,72
	Motos	5074,99	1585,93	314,01	6,34	66,61
P4	Livianos	846,61	36,69	55,03	2,35	0,47
	Microbuses	2,57	0,14	1,17	0,19	0,09
	Buses	7,63	1,46	13,32	0,61	0,59
	C2P	3,89	0,21	1,77	0,28	0,14
	C2G	6,44	1,24	11,25	0,52	0,50
	C3	3,04	0,65	5,25	0,25	0,35
	Camión Art.	0,05	0,01	0,09	0,00	0,01
	Motos	872,20	272,56	53,97	1,09	11,45
P5	Livianos	3055,89	132,42	198,63	8,49	1,70
	Microbuses	23,77	1,25	10,83	1,72	0,86
	Buses	58,32	11,20	101,90	4,68	4,55
	C2P	21,04	1,11	9,59	1,52	0,76

Punto Aforo	Nombre	CO tn/año	VOC tn/año	Nox tn/año	Sox tn/año	MP tn/año
	C2G	30,29	5,82	52,92	2,43	2,36
	C3	9,49	2,03	16,40	0,78	1,08
	Camión Art.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Motos	2174,71	679,60	134,56	2,72	28,54
P6	Livianos	3161,95	137,02	205,53	8,78	1,76
	Microbuses	50,28	2,65	22,90	3,63	1,82
	Buses	84,37	16,21	147,42	6,78	6,58
	C2P	30,35	1,60	13,82	2,19	1,10
	C2G	107,82	20,71	188,41	8,66	8,41
	C3	64,70	13,87	111,85	5,32	7,35
	Camión Art.	25,60	5,49	44,25	2,10	2,91
	Motos	3486,86	1089,64	215,75	4,36	45,77
P7	Livianos	6331,21	274,35	411,53	17,59	3,52
	Microbuses	103,18	5,45	47,01	7,45	3,73
	Buses	72,95	14,01	127,47	5,86	5,69
	C2P	53,50	2,82	24,37	3,86	1,93
	C2G	48,63	9,34	84,98	3,91	3,79
	C3	8,35	1,79	14,44	0,69	0,95
	Camión Art.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Motos	5038,92	1574,66	311,78	6,30	66,14
P8	Livianos	3711,73	160,84	241,26	10,31	2,06
	Microbuses	22,52	1,19	10,26	1,63	0,81
	Buses	54,32	10,43	94,92	4,36	4,24
	C2P	24,68	1,30	11,24	1,78	0,89
	C2G	24,70	4,74	43,16	1,98	1,93
	C3	13,19	2,83	22,80	1,08	1,50
	Camión Art.	0,16	0,03	0,28	0,01	0,02
	Motos	3492,30	1091,34	216,09	4,37	45,84
P9	Livianos	5237,78	226,97	340,46	14,55	2,91
	Microbuses	19,78	1,04	9,01	1,43	0,71
	Buses	42,95	8,25	75,04	3,45	3,35
	C2P	17,67	0,93	8,05	1,28	0,64
	C2G	21,65	4,16	37,83	1,74	1,69
	C3	8,75	1,88	15,12	0,72	0,99
	Camión Art.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Motos	4481,20	1400,37	277,27	5,60	58,82
P10	Livianos	11087,74	4804,70	7207,05	307,99	61,60

Punto Aforo	Nombre	CO tn/año	VOC tn/año	Nox tn/año	Sox tn/año	MP tn/año
	Microbuses	459,95	24,27	209,53	33,22	16,61
	Buses	760,92	146,16	1329,62	61,12	59,35
	C2P	527,41	27,84	240,26	38,09	19,05
	C2G	658,49	126,49	1150,63	52,89	51,36
	C3	316,60	67,88	547,34	26,03	35,95
	Camión Art.	10,05	2,15	17,38	0,83	1,14
	Motos	77877,44	24336,70	4818,67	97,35	1022,14
P11	Livianos	57229,69	2479,95	3719,93	158,97	31,79
	Microbuses	318,39	16,80	145,04	22,99	11,50
	Buses	529,89	101,78	925,92	42,56	41,33
	C2P	293,15	15,47	133,55	21,17	10,59
	C2G	432,54	83,08	755,81	34,74	33,74
	C3	257,80	55,27	445,69	21,19	29,28
	Camión Art.	2,76	0,59	4,77	0,23	0,31
Motos	49504,39	15470,12	3063,08	61,88	649,75	
P12	Livianos	550,17	23,84	35,76	1,53	0,31
	Microbuses	5,96	0,31	2,72	0,43	0,22
	Buses	19,19	3,69	33,54	1,54	1,50
	C2P	7,93	0,42	3,61	0,57	0,29
	C2G	13,45	2,58	23,50	1,08	1,05
	C3	12,18	2,61	21,05	1,00	1,38
	Camión Art.	0,37	0,08	0,64	0,03	0,04
Motos	721,57	225,49	44,65	0,90	9,47	
P13	Livianos	1086,93	47,10	70,65	3,02	0,60
	Microbuses	11,06	0,58	5,04	0,80	0,40
	Buses	36,19	6,95	63,24	2,91	2,82
	C2P	9,94	0,52	4,53	0,72	0,36
	C2G	30,16	5,79	52,70	2,42	2,35
	C3	21,98	4,71	38,01	1,81	2,50
	Camión Art.	5,78	1,24	9,99	0,47	0,66
Motos	654,12	204,41	40,47	0,82	8,59	
P14	Livianos	1232,99	53,43	80,14	3,42	0,68
	Microbuses	4,37	0,23	1,99	0,32	0,16
	Buses	13,54	2,60	23,66	1,09	1,06
	C2P	4,42	0,23	2,01	0,32	0,16
	C2G	8,13	1,56	14,20	0,65	0,63
	C3	5,31	1,14	9,18	0,44	0,60

Punto Aforo	Nombre	CO tn/año	VOC tn/año	Nox tn/año	Sox tn/año	MP tn/año
	Camión Art.	0,12	0,03	0,21	0,01	0,01
	Motos	922,81	288,38	57,10	1,15	12,11
P15	Livianos	412,84	17,89	26,83	1,15	0,23
	Microbuses	3,90	0,21	1,77	0,28	0,14
	Buses	5,70	1,10	9,97	0,46	0,44
	C2P	2,58	0,14	1,17	0,19	0,09
	C2G	4,71	0,90	8,23	0,38	0,37
	C3	2,55	0,55	4,42	0,21	0,29
	Camión Art.	0,08	0,02	0,14	0,01	0,01
	Motos	304,14	95,05	18,82	0,38	3,99
P16	Livianos	330,54	14,32	21,49	0,92	0,18
	Microbuses	2,83	0,15	1,29	0,20	0,10
	Buses	7,32	1,41	12,79	0,59	0,57
	C2P	3,27	0,17	1,49	0,24	0,12
	C2G	4,59	0,88	8,03	0,37	0,36
	C3	2,16	0,46	3,74	0,18	0,25
	Camión Art.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Motos	232,44	72,64	14,38	0,29	3,05

Considerando la distribución espacial de los puntos de aforo y los factores de emisión expuestos en la tabla anterior, se procedió a resumir la emisión por cada punto de aforo; dicha información se presenta en la siguiente tabla.

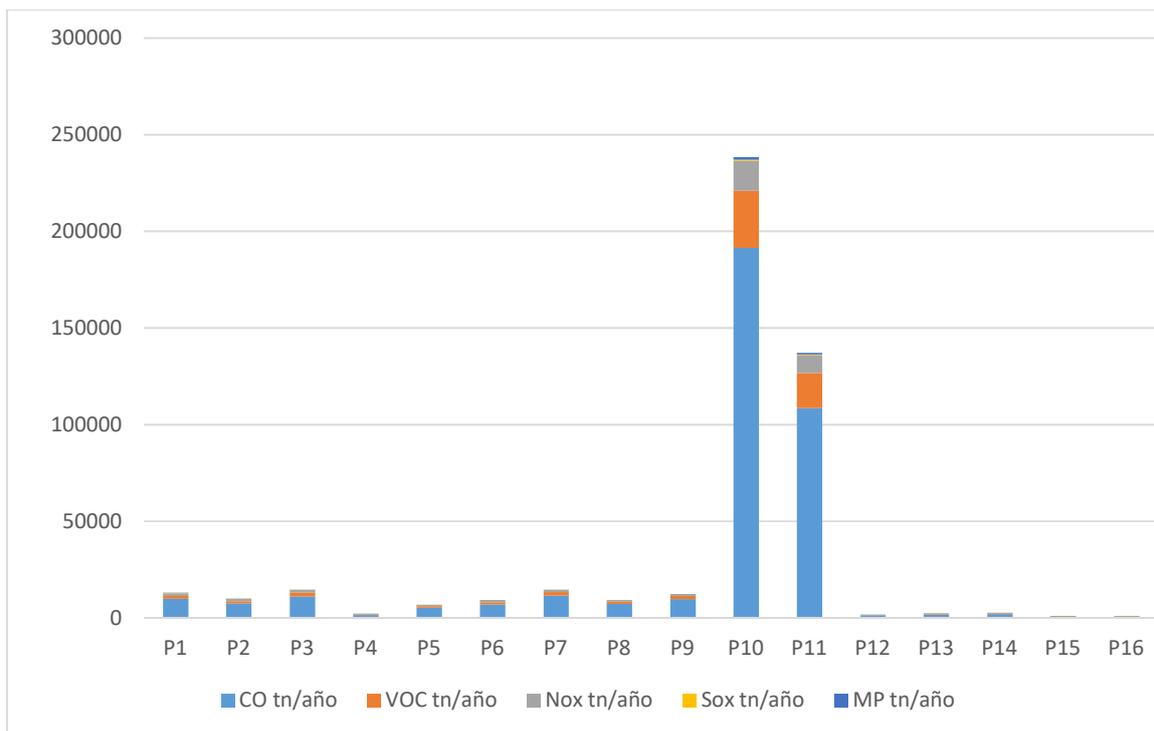
Tabla 48 Emisiones fuentes móviles por punto de aforo

Punto Aforo	CO tn/año	VOC tn/año	Nox tn/año	Sox tn/año	MP tn/año
P1	10021,062	1490,892	1305,108	62,883	88,605
P2	7509,128	1328,356	982,507	43,408	76,133
P3	11145,698	1915,594	1451,261	63,430	111,621
P4	1742,423	312,954	141,864	5,292	13,599
P5	5373,510	833,438	524,842	22,341	39,848
P6	7011,919	1287,193	949,934	41,825	75,677
P7	11656,758	1882,431	1021,585	45,655	85,743
P8	7343,602	1272,718	640,013	25,530	57,283
P9	9829,768	1643,604	762,783	28,763	69,109
P10	191488,593	29536,194	15520,478	617,516	1267,199
P11	108568,602	18223,082	9193,784	363,745	808,278

Punto Aforo	CO tn/año	VOC tn/año	Nox tn/año	Sox tn/año	MP tn/año
P12	1330,817	259,024	165,473	7,087	14,249
P13	1856,160	271,318	284,631	12,966	18,276
P14	2191,692	347,599	188,494	7,400	15,421
P15	736,505	115,842	71,354	3,047	5,566
P16	583,160	90,035	63,209	2,784	4,630
Total general	378389,397	60810,275	33267,320	1353,673	2751,238

Se puede evidenciar según el resumen anterior, que las vías tipo P10 son las que más emiten contaminantes.

Figura 49 Distribución emisiones por tipo de vía



Al evaluar el tipo de vehículo observamos la siguiente distribución; donde relaciona las emisiones de fuentes móviles por tipo de vehículo.

**Tabla 49 Emisiones fuentes móviles por tipo vehículo**

Tipo Vehículo	CO tn/año	VOC tn/año	Nox tn/año	Sox tn/año	MP tn/año	Total
Buses	2113,901	406,046	3693,790	169,801	164,879	6548,417
C2G	1741,242	334,464	3042,613	139,867	135,813	5394,000
C2P	1149,295	60,657	523,568	83,005	41,502	1858,028
C3	898,302	192,602	1552,996	73,843	102,011	2819,754
Camión Art.	152,882	32,779	264,304	12,567	17,361	479,893
Livianos	20894,431	9054,345	13581,518	580,407	116,081	232278,782
Microbuses	1267,370	66,889	577,358	91,532	45,766	2048,915
Motos	162119,974	50662,492	10031,173	202,650	2127,825	225144,114

Se evidencia que el tipo de vehículo que más emite CO, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> son los vehículos livianos, mientras que las Motos por su gran cantidad son las principales fuentes de VOC y MP, lo que refleja la problemática vial que este tipo de vehículos genera.

## 7. CONCLUSIONES

- Se determinó que el inventario de fuentes fijas actual de la Ciudad de Santiago de Cali, consta de 372 fuentes fijas, las cuales el 17,5% se encuentran en la comuna 4, el 16,7% en la comuna 8 y el 12,4% en la comuna 2, lo que evidencia que aproximadamente el 50% de las fuentes se localizan en estas tres comunas.
- Se evidencio que la mayoría de fuentes fijas pertenecen al sector de Bebidas, alimentos y tabaco con el 53% de participación, seguido del sector Terciario con 18,8% y el sector Químico con el 10,8%
- En total en la ciudad de Santiago de Cali la demanda energética es de 3'258.754 MMBTU/año
- La demanda energética de la ciudad es principalmente por el uso de Gas Natural el cual demanda en total 2'723.294 MMBTU/año que representa el 83% del total.
- Para las fuentes fijas la principal fuente de NO<sub>x</sub> (484 tn/año) es la industria del Sector Terciario, al igual que para CO (470 tn/año)
- Para los contaminantes SO<sub>2</sub> (57 tn/año) y MP (131,7 tn/año), asociado a fuentes fijas, la principal fuente es el sector Textil que se distribuye por la ciudad de Santiago de Cali
- Para el contaminante COV (44,1 tn/año), asociado a fuentes fijas, la principal fuente es el sector metalmecánico; fundición y manejo de metales, hierro, metales no ferrosos, producción de maquinaria eléctrica y no eléctrica.
- Para el contaminante CO<sub>2</sub> la principal fuente asociado a las fuentes fijas es el sector Químico, con un aporte de 50930 toneladas anuales.
- Al localizar las emisiones en la ciudad de Santiago de Cali, se puede evidenciar que la Comunas 3 (COV), Comuna 4 (CO<sub>2</sub>), Comuna 8 (SO<sub>2</sub> y MP) y la Comuna 19 ((NO<sub>x</sub> y CO), son las de mayor aporte de contaminantes a la atmosfera, lo anterior se constata en ser de las 5 comunas con mayores fuentes fijas en la ciudad.
- Se tipificaron 16 puntos de aforo vehicular, los cuales se extrapolan a todos los corredores viales de la ciudad.
- El punto de aforo con mayor cantidad de todo tipo de vehículos es el punto de aforo 9 con 71600 vehículos al día
- A raíz que el tipo de vía P10 siendo residencial, se extrapola a la mayoría del centro geográfico de la ciudad, por ende, es el tipo de vía que más emite todos los contaminantes,

CO (191488 tn/año), VOC (29536 tn/año), NO<sub>x</sub> (15520 tn/año), SO<sub>x</sub> (617 tn/año) y MP (1267 tn/año)

- Al comparar las emisiones de CO por todas las fuentes fijas (551,9 tn/año) con las de las fuentes móviles (378389 tn/año) se evidencia que la fuente de mayor relevancia son las fuentes móviles
- Al comparar las emisiones de VOC por todas las fuentes fijas (112,5 tn/año) con las de las fuentes móviles (60810 tn/año) se evidencia que la fuente de mayor relevancia son las fuentes móviles.
- Al comparar las emisiones de NO<sub>x</sub> por todas las fuentes fijas (691,3 tn/año) con las de las fuentes móviles (33267 tn/año) se evidencia que la fuente de mayor relevancia son las fuentes móviles.
- Al comparar las emisiones de SO<sub>x</sub> por todas las fuentes fijas (97,7 tn/año) con las de las fuentes móviles (1353 tn/año) se evidencia que la fuente de mayor relevancia son las fuentes móviles.
- Al comparar las emisiones de MP por todas las fuentes fijas (223,8 tn/año) con las de las fuentes móviles (2751 tn/año) se evidencia que la fuente de mayor relevancia son las fuentes móviles.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- AMVA. (2015). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2013*. Medellín.
- Concejo de Santiago de Cali. (1994). *Acuerdo No. 18 de 30 de diciembre de 1994*. Santiago de Cali.
- DAPM. (2015). *Población de Cali Aumenta Anualmente en 25000 habitantes*. Obtenido de [http://www.cali.gov.co/planeacion/publicaciones/102864/poblacion\\_de\\_cali\\_aumenta\\_anualmente\\_en\\_habitantes/](http://www.cali.gov.co/planeacion/publicaciones/102864/poblacion_de_cali_aumenta_anualmente_en_habitantes/)
- Espert, V., & López, A. (2004). *Dispersión de contaminantes en la atmósfera*. Valencia: Alfaomega.
- IDEAM. (2012). *Informe Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010*.
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press.
- IPCC. (2007). *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis*. Suiza.
- Jaime Escobar M., e. a. (2010). *Actualización del Inventario de Emisiones de Contaminantes*. Santiago de Chile : Ingeniería DICTUC.
- MAVDT. (Última Versión). *Manual de Fundamentos y Planeación de Inventarios de Emisiones*. Bogotá.
- MAVDT, M. D. (10 de 2010). *PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE*. Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/aire/res\\_2154\\_021110\\_manual\\_diseno.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/aire/res_2154_021110_manual_diseno.pdf)
- Ministerio de Ambiente Vivienda y desarrollo Territorial . (Noviembre de 2010). [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co).
- PIMIENTO, L. M. (2013). *REALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES*. Mexico DF: UNAM.
- POT. (2014). *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Santiago de Cali*.
- Seager, S., & Stoker, S. (1980). *Química Ambiental: Contaminación del aire y del agua*.



INVENTARIO DE EMISIONES DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI



FEBRERO DE 2018

Stocker, S., & Seager, S. (1980). *Química Ambiental. Contaminación del Aire y del Agua.*

UPME. (2005). *La Cadena del Carbón en Colombia.* Bogotá.