

**ELABORACIÓN DE INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES NO MINERAS
EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR - COLOMBIA)**

LUIS MANUEL BARCO RINCÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2015**

**ELABORACIÓN DE INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES NO MINERAS
EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR - COLOMBIA)**

LUIS MANUEL BARCO RINCÓN

Trabajo de aplicación presentado como requisito para optar al título de
Magister en Ingeniería Ambiental

Director

AMILCAR RIZZO ALVARADO MSc.

Co-director

NESTOR Y. ROJAS Ph.D.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2015**

“A Dios, a mis padres y hermanos; a mi esposa y a mis amigos más cercanos...”

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos a:

Mi director Amilcar Rizzo Alvarado, MSc y co-director Nestor Y. Rojas, Ph.D, por su acompañamiento, guía y confianza durante el desarrollo de este trabajo de aplicación final de maestría.

A la *Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR* por permitir utilizar el conocimiento desarrollado en su Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la Zona Carbonífera del Cesar.

A *K2 Ingeniería* por el apoyo económico y técnico para el desarrollo del presente trabajo final de maestría.

A la *Universidad Industrial de Santander* por ser una gran institución educativa y por su apoyo científico.

A mis compañeros de maestría, en especial al Ingeniero Henry Castro Ortiz por aportar ideas, conocimientos y experiencias en el desarrollo de este trabajo de aplicación.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1. GENERALIDADES..... | 17 |
| 1.1. JUSTIFICACIÓN | 17 |
| 1.2. OBJETIVOS | 19 |
| 1.2.1. Objetivo General | 19 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos | 19 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 20 |
| 2.1. POBLACIÓN ESTUDIADA | 20 |
| 2.1.1. Información General..... | 20 |
| 2.1.2. Demografía..... | 21 |
| 2.1.3. Economía | 21 |
| 2.2. INVENTARIO DE EMISIONES..... | 22 |
| 2.3. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA..... | 25 |
| 2.3.1. Contaminantes criterio | 25 |
| 2.4. TIPOS DE FUENTES DE EMISIÓN..... | 27 |
| 2.4.1. Fuentes fijas..... | 28 |
| 2.4.2. Fuentes móviles | 28 |
| 2.4.3. Fuentes naturales..... | 28 |
| 2.5. CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA MINERA DEL CESAR | 28 |
| 3. METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE LA JAGUA DE IBIRICO | 32 |
| 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA..... | 33 |
| 3.1.1. Etapa 1 Definición de las características principales y Planeación IE:..... | 33 |
| 3.1.2. Etapa 2 Recopilación de la información y trabajo de campo: | 34 |
| 3.1.3. Etapa 3 Análisis de la información obtenida:..... | 40 |
| 3.1.4. Etapa 4 Estimación de las Emisiones de F.F y F.M: | 42 |
| 3.1.5. Etapa 5 Análisis y Evaluación de los resultados obtenidos:..... | 51 |
| 4. RESULTADOS | 52 |

| | | |
|------|--|----|
| 4.1. | Comparación de resultados con otros inventarios de emisiones desarrollados en el país | 58 |
| 4.2. | Calculo de emisión de cada fuente promedio y su posible interferencia con los monitoreos del SEVCA_ZCC de CORPOCESAR. | 59 |
| 4.3. | Tendencias de disminución de emisión de acuerdo a controles que se pueden implementar..... | 61 |
| 5. | CONCLUSIONES..... | 67 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 68 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 69 |
| | ANEXOS | 72 |

LISTADO DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Imagen satelital La Jagua de Ibirico | 20 |
| Ilustración 2. Distribución por edades y sexo de los habitantes de La Jagua de Ibirico | 21 |
| Ilustración 3. Distribución establecimientos según actividad económica en La Jagua de Ibirico..... | 22 |
| Ilustración 4. Jerarquía para la estimación de emisiones. | 24 |
| Ilustración 5. Estructura Interna del modelo IVE..... | 25 |
| Ilustración 6. Clasificación de las fuentes de contaminación | 27 |
| Ilustración 7. Resultados Mediciones Material Particulado La Jagua de Ibirico | 30 |
| Ilustración 8. Metodología empleada para elaboración de inventario de emisiones de La Jagua de Ibirico..... | 32 |
| Ilustración 9. Fotografías de construcciones identificadas en La Jagua de Ibirico. | 35 |
| Ilustración 10. Foto de ladrilleras identificadas en La Jagua de Ibirico. | 36 |
| Ilustración 11. Fotografías Restaurantes identificados en La Jagua de Ibirico. | 36 |
| Ilustración 12. Fotografías de quemas al aire libre en La Jagua de Ibirico. | 37 |
| Ilustración 13. Fotografías de vías en La Jagua de Ibirico..... | 37 |
| Ilustración 14. Ubicación de construcciones identificadas en el inventario de emisiones..... | 38 |
| Ilustración 15. Ubicación quemas de basura y vegetación identificadas en el inventario de emisiones. | 38 |
| Ilustración 16. Ubicación de restaurantes identificados en el inventario de emisiones..... | 38 |
| Ilustración 17. Ubicación de ladrilleras identificadas en el inventario de emisiones. | 38 |
| Ilustración 18. Ubicación de vías identificadas..... | 39 |
| Ilustración 19. Ubicación puntos aforos vehiculares. | 39 |
| Ilustración 20. Identificación de vehículos según kilometraje y combustible utilizado..... | 41 |
| Ilustración 21. Ejemplos características de las flotas de vehículos livianos identificados en La Jagua de Ibirico, creadas en el modelo IVE..... | 47 |
| Ilustración 22. Características de las flotas de vehículos pesados identificados en La Jagua de Ibirico, creadas en el modelo IVE..... | 48 |
| Ilustración 23. Características de la vía principal en La Jagua de Ibirico, introducidas en el modelo IVE. | 49 |
| Ilustración 24. Características de las vías secundarias pavimentadas en La Jagua de Ibirico, introducidas en el modelo IVE..... | 49 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 25. Características de las vías secundarias sin pavimentar en La Jagua de Ibirico, introducidas en el modelo IVE..... | 50 |
| Ilustración 26. Resultados Emisiones PST. | 52 |
| Ilustración 27. Resultados Emisiones PM10..... | 53 |
| Ilustración 28. Resultados Emisiones PM2.5..... | 54 |
| Ilustración 29. Resultados Emisiones SOx. | 55 |
| Ilustración 30. Resultados Emisiones NOx. | 56 |
| Ilustración 31. Resultados Emisiones CO..... | 57 |
| Ilustración 32. Ubicación de los monitores de calidad de aire de Corpocesar en La Jagua de Ibirico, y fuentes no mineras identificadas en el presente inventario de emisiones..... | 60 |
| Ilustración 33. Tendencia de disminución PST – Control: Pavimentación de vías. | 61 |
| Ilustración 34. Tendencia de disminución PM10 – Control: Pavimentación de vías. | 62 |
| Ilustración 35. Tendencia de disminución PM2.5 – Control: Pavimentación de vías. | 62 |
| Ilustración 36. Tendencia de disminución PST – Control: Limpieza vías pavimentadas..... | 63 |
| Ilustración 37. Tendencia de disminución PM10 – Control: Limpieza vías pavimentadas..... | 63 |
| Ilustración 38. Tendencia de disminución PM2.5 – Control: Limpieza vías pavimentadas..... | 63 |
| Ilustración 39. Tendencia de disminución PST – Control: reducción velocidad vehículos..... | 64 |
| Ilustración 40. Tendencia de disminución PM10 – Control: reducción velocidad vehículos..... | 64 |
| Ilustración 41. Tendencia de disminución PM2.5 – Control: reducción velocidad vehículos..... | 65 |
| Ilustración 42. Tendencia de disminución PST – Control: reducción días de construcción..... | 65 |
| Ilustración 43. Tendencia de disminución PM10 – Control: reducción días de construcción..... | 66 |
| Ilustración 44. Tendencia de disminución PM2.5 – Control: reducción días de construcción..... | 66 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Generalidades estaciones del SEVCA_ZCC ubicadas en La Jagua de Ibirico. | 29 |
| Tabla 2. Ficha Técnica del inventario de Emisiones de La Jagua de Ibirico. | 33 |
| Tabla 3. Cronograma de actividades y presupuesto. | 34 |
| Tabla 4. Vías donde se realizaron los aforos vehiculares. | 40 |
| Tabla 5. Resumen Fuentes Fijas La Jagua de Ibirico. | 40 |
| Tabla 6. Resumen Fuentes Móviles La Jagua de Ibirico. | 41 |
| Tabla 7. Factores de Emisión elegidos para Construcciones Grandes. | 42 |
| Tabla 8. Factores de Emisión elegidos para Construcciones Pequeñas. | 43 |
| Tabla 9. Factores de Emisión elegidos para Ladrilleras. | 43 |
| Tabla 10. Factores de Emisión elegidos para Vías. | 43 |
| Tabla 11. Factores de Emisión elegidos para Restaurantes. | 43 |
| Tabla 12. Factores de Emisión elegidos para Quemas. | 43 |
| Tabla 13. Estimación de la Emisión. | 45 |
| Tabla 14. Calculo Emisión para Fuentes Móviles. | 50 |
| Tabla 15. Calculo Emisión Total Municipio de La Jagua de Ibirico. | 58 |
| Tabla 16. Comparación Emisión para fuentes fijas por IE en La Guajira y Municipio de La Jagua de Ibirico en el Cesar. | 58 |
| Tabla 17. Emisión fuentes unitarias en el Municipio de La Jagua de Ibirico en el Cesar. | 59 |
| Tabla 18. Vehículos identificados en el aforo. | 72 |

LISTADO DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| ANEXO A. Identificación de fuentes | 72 |
| ANEXO B. Base de datos fuentes fijas | 73 |
| ANEXO C. Base de datos fuentes móviles | 87 |

RESUMEN

TITULO: ELABORACIÓN DE INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES NO MINERAS EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR - COLOMBIA).¹

AUTOR: LUIS MANUEL BARCO RINCÓN²

PALABRAS CLAVES: Inventario de emisiones, fuentes no mineras, La Jagua de Ibirico.

DESCRIPCIÓN:

Se elaboró el primer inventario de fuentes no mineras en el municipio de La Jagua de Ibirico - Cesar Colombia, por medio del cual se evaluaron las emisiones de contaminantes criterio descritos en la legislación colombiana (Material particulado en sus fracciones PST, PM10 y PM2.5; Monóxido de Carbono CO, Óxidos de nitrógeno NOx, Óxidos de azufre SOx).

La identificación de fuentes se llevó a cabo mediante la recolección de información en entidades estatales y privadas e información recolectada en recorridos de campo por la población. Las principales fuentes de emisión son: vías, construcciones, flota vehicular, ladrilleras, restaurantes y quema de residuos. Las emisiones de las fuentes fijas identificadas fueron calculadas por el método de factores, en donde se utilizaron los factores publicados en el AP42 de la US EPA; las emisiones de las fuentes móviles identificadas fueron calculadas mediante el modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE).

Los resultados obtenidos por el inventario, demostraron que las vías y las construcciones son las fuentes que aportan mayor cantidad de material particulado dentro de la población; las fuentes móviles son las que generan mayor emisión de gases a la atmosfera.

Los resultados obtenidos mediante este estudio se utilizaron para analizar estrategias de control que pueden aportar a la disminución de material particulado, además estos resultados pueden ser utilizados como información de entrada para el desarrollo de modelos de calidad de aire y el seguimiento de estrategias de control en el municipio de La Jagua de Ibirico.

¹ Trabajo de aplicación, Maestría en Ingeniería Ambiental

² Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de ingeniería Química, Director: RIZZO A, Almilcar, Codirector: ROJAS R, Nestor Y.

ABSTRACT

TITLE: DEVELOPMENT OF EMISSION INVENTORY FOR NOT MINING SOURCES IN THE MUNICIPALITY OF LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR - COLOMBIA).³

AUTHOR: LUIS MANUEL BARCO RINCÓN⁴

KEYWORDS: Emission Inventory, Not mining sources, La Jagua de Ibirico.

DESCRIPTION:

First emission inventory for not mining sources was developed in the municipality of La Jagua de Ibirico – Cesar Colombia; the criteria pollutants described in Colombian legislation were evaluated in this inventory (Particulate Matter in fractions TSP, PM10 and PM2.5; carbon monoxide CO, nitrogen oxides NOx, sulfur oxides SOx).

Sources identification was conducted by collecting information from state and private entities, and information collected on field tours in the municipality. Principal sources in La Jagua de Ibirico are: roads, construction operations, vehicle fleet, brick manufacture, restaurants and open burns. Emissions of identified stationary sources were calculated through emission factors method, where AP42 US EPA public factors were used; emissions of identified mobile sources were calculated with the international vehicular emissions model (IVE).

The results of this inventory showed that roads and construction operations are the sources that deliver the largest amount of particulate matter inside the municipality, and mobile sources are the principal generators of gas emissions in the atmosphere.

With the emissions results obtained by this study, control strategies to reduce particulate matter in the municipality were analyzed; also this results can be use as input for air quality models and monitoring of control strategies in the municipality of La Jagua de Ibirico.

³ Application work, Master environmental engineering

⁴ Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de ingeniería Química, Director: RIZZO A, Almilcar, Codirector: ROJAS R, Nestor Y.

INTRODUCCIÓN

La zona minera del centro del departamento del Cesar es una de las regiones de mayor importancia para el desarrollo económico del departamento y de las más prometedoras a nivel nacional para impulsar el desarrollo del país (Departamento Nacional de Planeación, DNP, 2005) [1], esto puede verse reflejado en diferentes indicadores:

- Cerca del 45% del carbón exportado en Colombia proviene del Cesar.
- El aporte a regalías de la zona minera del Cesar representó entre el 50% y 60% de las regalías de las empresas mineras a gran escala para el Estado Colombiano durante los años 2013 y 2014.
- En el cuarto trimestre de 2013 la producción minera, sector del carbón, se incrementó en 16% y su aporte al PIB nacional correspondió al 0,3%.
- En el segundo semestre de 2013 y segundo semestre 2014 el sector minero representó entre el 15.2 y el 21,5% de la inversión extranjera directa (Sistema Información Minero Colombiano, SIMCO, 2014) [2]

A pesar de los beneficios económicos que el sector de la minería, y particularmente la minería de carbón, proporciona a los países, su explotación trae consigo pasivos ambientales, consecuencias socioculturales y en la salud de las poblaciones donde se desarrolla dicha actividad, debido al alto impacto en los recursos naturales ejercido por la minería (Higginbotham N. et al., 2010) [3].

La Jagua de Ibirico es una población considerada como el epicentro de la zona minera del Cesar. Actualmente cuenta con aproximadamente 25.000 habitantes, de los cuales más del 40% son nacidos en otras regiones del país, quienes en su mayoría se trasladaron a este lugar, en busca de prosperidad económica (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, 2005) [4]. Por su crecimiento poblacional y la cercanía a los proyectos mineros, es en consecuencia, una de las poblaciones más afectadas por la contaminación ambiental (CORPOCESAR, 2015) [5].

Durante los últimos años, una de las preocupaciones de los gobiernos locales y nacionales es la de llevar la zona minera del Cesar hacia un desarrollo que permita la extracción de minerales sin desmejorar la calidad de vida de las personas que habitan las poblaciones que rodean la zona. Por este motivo, tanto el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR), La Gobernación del Cesar y las Alcaldías Municipales, han tomado cartas en el asunto, exigiendo mayor integración social y un mejor cuidado ambiental a las empresas mineras instaladas en dicha zona.

Bajo este compromiso, las empresas mineras se han acogido a planes de descontaminación mostrando efectos positivos sobre la calidad de los recursos naturales, siendo el aire uno de los recursos que ha recibido mayor atención, pues su deterioro incide en la calidad de vida y la salud. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), anualmente ocurren unas 2 millones de muertes prematuras en el mundo como consecuencia de la contaminación atmosférica, de las cuales cerca del 30% se presenta en zonas rurales (OMS, 2014) [6]. Por esta razón vigilar y controlar la calidad del aire se convirtió en una prioridad para proteger la salud y la vida.

Dentro de los avances más importantes realizados en la zona minera del Cesar para salvaguardar la calidad del aire, se encuentra el Sistema Especial de Vigilancia de Calidad de Aire de la Zona Carbonífera del Cesar (SEVCA-ZCC) que ha servido como herramienta clave para la toma de decisiones a las autoridades ambientales nacionales y ha generado un compromiso por mejorar el recurso que tan afectado se ha visto. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados, la reducción de la contaminación ha sido un problema cuya solución resulta más compleja de lo esperado, ya que el crecimiento poblacional y el desarrollo económico han traído actividades complementarias que ayudan el sostenimiento de diferentes sectores de la región, pero, a su vez contribuyen aumentando el impacto en la calidad de aire y por ende en la salud de las poblaciones y los ecosistemas aledaños (CORPOCESAR, 2014).

Un inventario de emisiones es un instrumento indispensable en la gestión de la calidad del aire y la toma de decisiones, pues es el punto de partida para la implementación, evaluación y ajuste de programas y medidas de control destinadas a mejorar la calidad del aire en determinado ambiente respirable. A nivel mundial, los inventarios de emisiones han servido para preparar y complementar las bases de datos de contaminantes atmosféricos a lo largo de las regiones de Estados Unidos, Europa y Australia (Weng Z. et al., 2012) [7] lo cual ha ayudado a la regulación para el control de calidad del aire.

Este trabajo final de Maestría se desarrolla con el propósito de realizar el inventario de emisiones del municipio de La Jagua de Ibirico permitiendo cuantificar los niveles de contaminantes emitidos por las distintas actividades y fuentes existentes en la población, ampliando el conocimiento sobre la situación que se ha presentado en la zona minera y dando mayor claridad a las autoridades ambientales para tomar decisiones que ayuden a mejorar los niveles de concentración de contaminantes en el aire, además pretende generar un primer paso que pueda ser replicado por la corporación autónoma regional del Cesar y las demás autoridades competentes para desarrollar el inventario de emisiones regional.

1. GENERALIDADES

1.1. JUSTIFICACIÓN

Colombia, país en vías de desarrollo, ha sido catalogado entre los cinco primeros países latinoamericanos *destino de inversión* para las próximas décadas (DNP, 2005) [1]. Tal consideración ha sido relacionada en parte debido al importante aporte económico que ejerce la exportación del carbón, y promueve la minería como uno de los fuertes renglones de crecimiento y desarrollo, es así que en el año 2011 se ubicó como el cuarto país exportador de carbón a nivel del continente americano (SIMCO, 2014) [2].

La zona central del departamento del Cesar conocida como la zona carbonífera es un corredor minero de gran atractivo para el desarrollo del país, es por esto que en los últimos 6 años la explotación de carbón aumentó en un 30% en la zona (SIMCO, 2014) [2]. Tal incremento se ha visto reflejado en desarrollo, aumento poblacional y mejoras en la infraestructura de los principales municipios. Sin embargo, la presión ejercida sobre los recursos naturales también ha aumentado notablemente, siendo el aire uno de los recursos con mayor deterioro (CORPOCESAR).

La calidad del aire es un factor de vital importancia para conservar la calidad de vida y salud de las poblaciones y seres vivos (OMS). Para nuestro país, este es uno de los temas en los cuales las autoridades ambientales y de salud están poniendo mayor esfuerzo por controlar, pues los efectos negativos asociados a este tipo de contaminación han sido reportados en diferentes estudios e investigaciones (MADS, 2010).

Entre las principales especies químicas contaminantes de la calidad de aire se encuentra: el material particulado, el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre, los cuales son considerados contaminantes criterio (principales) del aire, estos se generan por diferentes actividades y eventos cotidianos. Además, son los contaminantes de mayor interés, dado que fácilmente son aerotransportados por los vientos hacia determinados sumideros o receptores afectando la salud pública y deteriorando el ambiente (MADS, 2010) [8].

En la zona Minera del Cesar las autoridades ambientales han tratado la calidad de aire como una de las mayores preocupaciones para las poblaciones ubicadas en esta zona, sin embargo el material particulado ha sido siempre la prioridad debido a la actividad minera a cielo abierto realizada en esta región; por tal razón, fue necesario establecer medidas de control en las actividades mineras, las cuales han venido implementándose desde hace una década (CORPOCESAR, 2014).

Dentro de los esfuerzos enmarcados para la mitigación de la contaminación del aire se encuentran:

- En el año 2004 CORPOCESAR implementa el proyecto marco “Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Jurisdicción de CORPOCESAR”, considerado el punto de partida sobre la importancia de preservar la calidad de aire.
- En el año 2006 se desarrolló el proyecto “Diagnóstico de la Calidad del Aire en Zonas Urbanas y Mineras del Departamento del Cesar y Diseño de Redes de Monitoreo”⁵. De este estudio nace el sistema especial de vigilancia de calidad del aire de la zona carbonífera del Cesar SEVCA_ZCC que inicia operación el 7 de abril de 2007 con 5 estaciones receptoras y 6 equipos de monitoreo.
- Por su parte en 2007 el MAVDT⁶, actualmente MADS y ANLA, declaran la zona carbonífera del Cesar como área fuente de contaminación, mediante la resolución 386 del 7 de marzo de 2007. A partir de esta medida, la calidad de aire se convierte en una prioridad para todos los Entes de regulación ambiental que tienen jurisdicción en la zona.
- Para el año 2007 el MAVDT bajo la Resolución 2176 del 11 de diciembre, establece el programa de reducción de la contaminación para las áreas fuente de contaminación clasificadas, en la zona carbonífera del Cesar.
- En el año 2010 el MADS emite la Resolución 2154 por medio de la cual se establece el protocolo para la operación de los sistemas de calidad de aire y se establecen los factores a medir y las tareas a realizar por cada entidad encargada de operar un SVCA. Una de estas tareas es realizar el inventario de emisiones de la zona vigilada por el SVCA.

Todas estas acciones tomadas han reportado efectos positivos (ejemplo la pavimentación de la “vía del carbón”). Sin embargo, debido al crecimiento poblacional, se han sumado diversas actividades generadoras de material particulado y de otros contaminantes que afectan la calidad del aire. Como consecuencia, poco se notan los esfuerzos realizados, ya que el desconocimiento de los aportes reales de cada tipo de fuente a la contaminación del aire, es una de las grandes dificultades para establecer las acciones y exigencias que corresponden a cada uno de los actores involucrados en el desarrollo socio-económico y productivo del departamento del Cesar.

Por lo arriba señalado, la importancia de desarrollar un inventario de emisiones como herramienta para identificar las distintas fuentes de emisión que deben estar

⁵ Estudio Realizado entre Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI) y K2 Ingeniería

⁶ Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial

sujetas a control y vigilancia, esto permitirá identificar las distintas fuentes que deben estar sujetas a posibles medidas de control en esta importante zona.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Cuantificar el aporte de contaminantes criterio emitidos hacia la atmósfera por las fuentes ubicadas en el casco urbano del municipio La Jagua de Ibirico mediante elaboración de un inventario de emisiones, y proponer acciones que permitan mejorar la calidad de aire.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar las diferentes fuentes de contaminación atmosférica ubicadas en La Jagua de Ibirico (Cesar) y obtener la información técnica que permita conocer su aporte en las emisiones a la atmosfera.
- Realizar un inventario de las fuentes instaladas en la Jagua de Ibirico y cuantificar sus emisiones mediante aplicación de métodos de estimación.
- Analizar como las fuentes internas de la población pueden afectar los resultados de las concentraciones obtenidas en los receptores de la red de calidad del aire para la zona, operada por CORPOCESAR e identificar posibles acciones de control y vigilancia a implementar.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. POBLACIÓN ESTUDIADA

2.1.1. Información General

La Jagua de Ibirico es un municipio ubicado en la zona central del departamento del Cesar; es considerado como el corazón de la actividad minero-industrial de carbón que se desarrolla en la región.

La Jagua de Ibirico se convirtió en municipio en el año de 1979, y desde sus inicios como población ha contado con explotación minera de carbón en sus cercanías (Alcaldía de La Jagua de Ibirico, 2015) [9], cuenta con tres corregimientos: Boquerón, ubicado al Noroeste; La Palmita, ubicada al Sur; y La Victoria de San Isidro, ubicada al Noreste de la cabecera municipal.

La Jagua limita al norte con el municipio de Becerril, al sur con Chiriguaná, al occidente con El Paso y al oriente con la República Bolivariana de Venezuela. Tiene una extensión de 728 km² y su cabecera municipal tiene una extensión aproximada de 10 km². Se encuentra a una altitud de 150 msnm, su temperatura promedio es de 28.8°C y su humedad relativa promedio es de 70%.

A continuación se presenta una imagen satelital de la cabecera municipal de La Jagua de Ibirico.

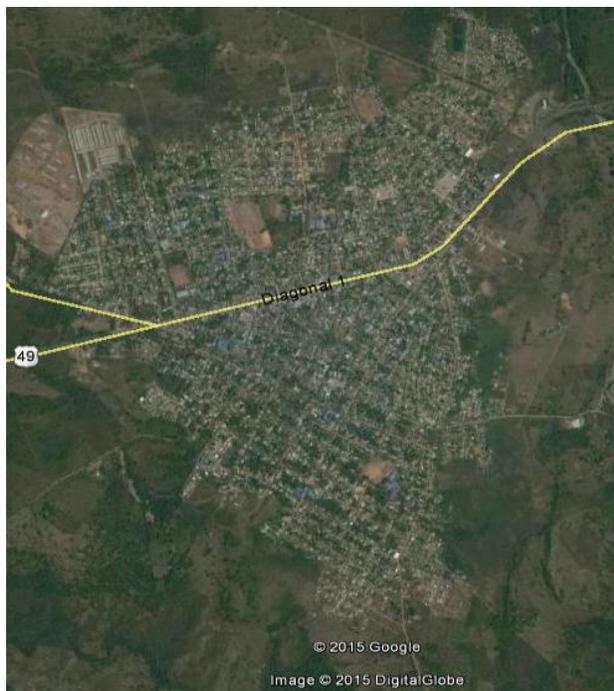


Ilustración 1. Imagen satelital La Jagua de Ibirico

2.1.2. Demografía

El municipio de La Jagua de Ibirico posee una demografía constituida en un 31% por habitantes perteneciente a la etnia afrocolombiana; según las estadísticas del último Censo el 43.6% de la población nació en un lugar diferente a La Jagua y existe un porcentaje mayor de hombres que de mujeres, (DANE, 2005).

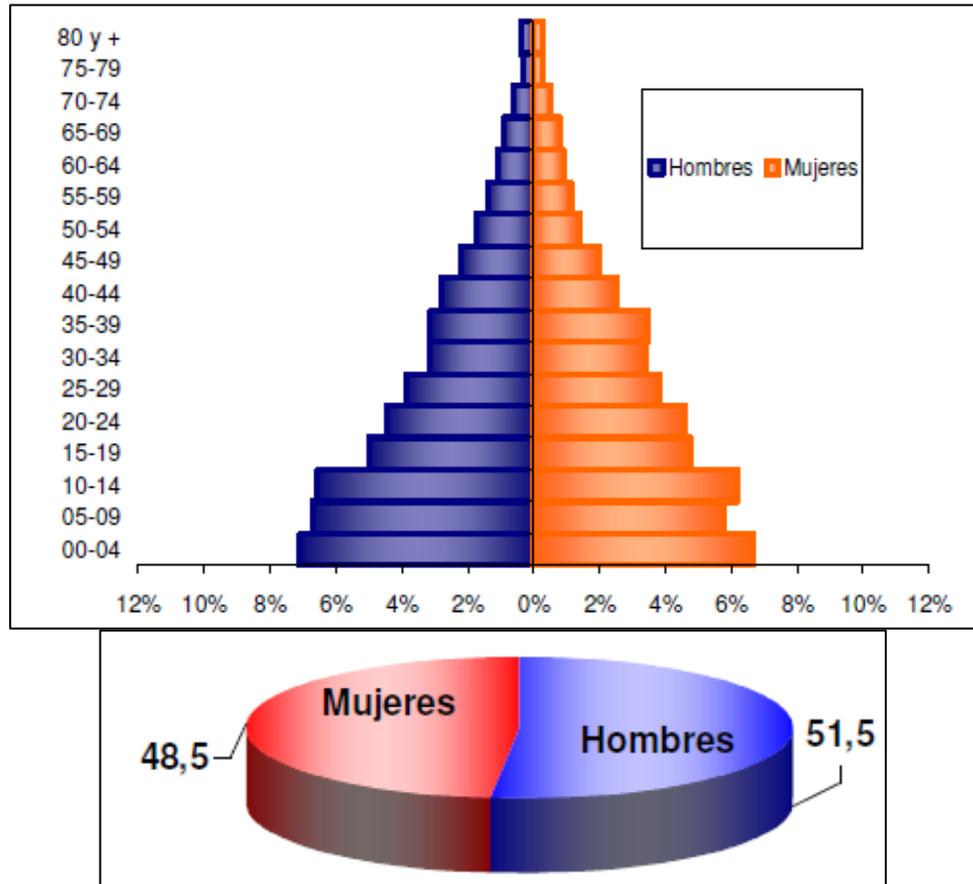


Ilustración 2. Distribución por edades y sexo de los habitantes de La Jagua de Ibirico
Fuente: DANE Censo 2005

2.1.3. Economía

La principal fuente económica del municipio es la actividad minera del Carbón. Sin embargo, se han realizado inversiones de empresas nacionales y proyectos empresariales con el fin de dinamizar aún más la economía en el municipio, ya que cerca del 80% de los establecimientos prestadores de comercio y servicio están ligados a la actividad minera (Alcaldía La Jagua de Ibirico, 2015).

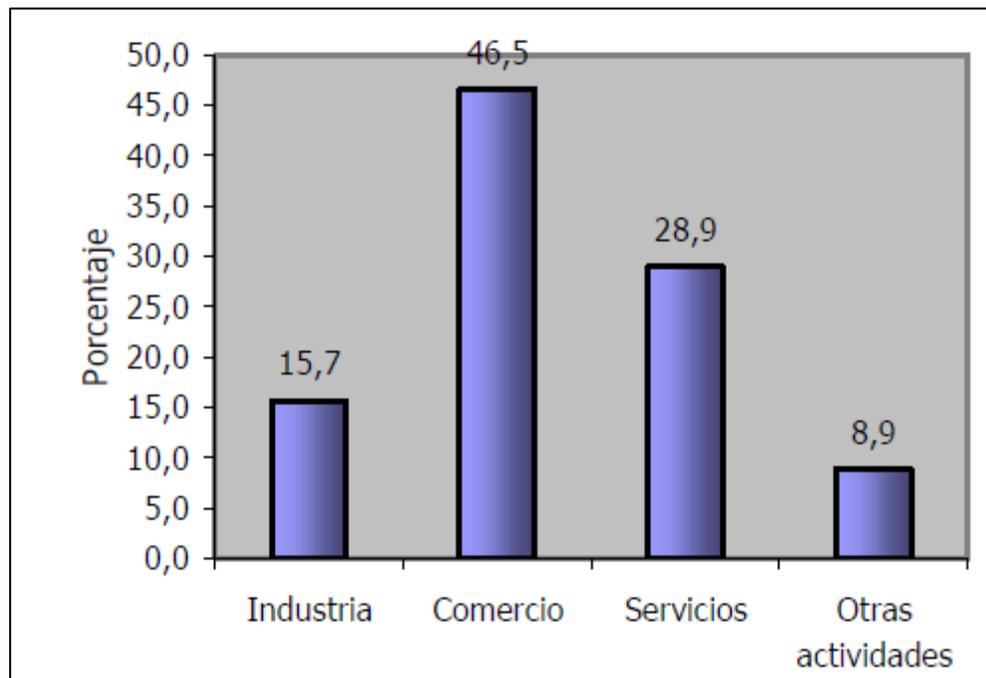


Ilustración 3. Distribución establecimientos según actividad económica en La Jagua de Ibirico
Fuente: DANE Censo 2005

2.2. INVENTARIO DE EMISIONES

Un inventario de emisiones es la suma de estimaciones de emisiones atmosféricas de contaminantes, previamente definidos en un área geográfica específica y en un intervalo de tiempo determinado, es considerado un componente clave para cada programa de control de la contaminación atmosférica (MADS, 2010). El inventario de emisiones trata de recopilar datos sobre las fuentes de emisiones atmosféricas, determinando los tipos de fuentes, cantidades, características temporales y espaciales de dichas fuentes, procesos y prácticas de control que se utilizan en la región.

Los inventarios de emisiones son instrumentos indispensables en los procesos de gestión de calidad del aire y toma de decisiones, pues son el punto de partida para la implementación, evaluación y ajuste de programas y medidas de control, tendientes a mejorar la calidad del aire (Borge R, et al., 2014) [11].

Los objetivos de un inventario de emisiones atmosféricas son diversos:

- Informar a las autoridades ambientales para la toma de decisiones.
- Desarrollar informes anuales de tendencias, ordenamiento territorial, verificación de emisiones, desarrollo de programas de control, desarrollo de

modelos diseñados para evaluar concentraciones de ciertos contaminantes en el aire ambiente y diseño de redes de monitoreo.

- Proveer estudios acerca de los riesgos para la salud humana producto de la contaminación.
- Informar al público
- Diseñar estrategias de control y nuevas regulaciones.
- Identificar las actividades y actores responsables de las emisiones: determinar las fuentes, niveles generales de emisión y variación de éstos en el tiempo, determinar el aporte de contaminantes por tipo de fuente, por sector económico o zonas geográficas.
- Estudiar los impactos ambientales potenciales y las implicaciones de diferentes estrategias y planes: estimar los cambios en las emisiones de las fuentes bajo distintos esquemas de regulación ambiental.
- Evaluar la efectividad de las regulaciones: determinar el cumplimiento de las regulaciones para las emisiones, proporcionar elementos para su ajuste o modificación y evaluar la relación costo beneficio de regulaciones.
- Predecir concentraciones de contaminantes en el ambiente a través del uso de modelos de dispersión.
- Desarrollar estudios regionales y nacionales de gases de efecto invernadero como dato para el estudio del calentamiento global.

Las características deseables en un inventario de emisiones están determinadas por los objetivos para los cuales se realiza el inventario. Sin embargo dichas características se pueden enmarcar en: definición de una cobertura geográfica o dominio del inventario, la resolución temporal en la cual se debe realizar el inventario, los tipos de fuentes y los contaminantes a tener en cuenta, el nivel de detalle al cual se debe llegar en la especificación de los inventarios y condiciones especiales que deban ser tenidas en cuenta (MADS, 2010).

Para desarrollar un inventario de emisiones se pueden utilizar diferentes métodos para cuantificar las emisiones de cada proceso, entre las más utilizadas y recomendadas podemos encontrar:

- Muestreo en la Fuente
- Modelos de Emisiones para fuentes móviles
- Factores de emisión
- Encuestas
- Balance de Masa.

La Ilustración 4 muestra una comparación entre costo y confiabilidad de los métodos de cuantificación de los inventarios.

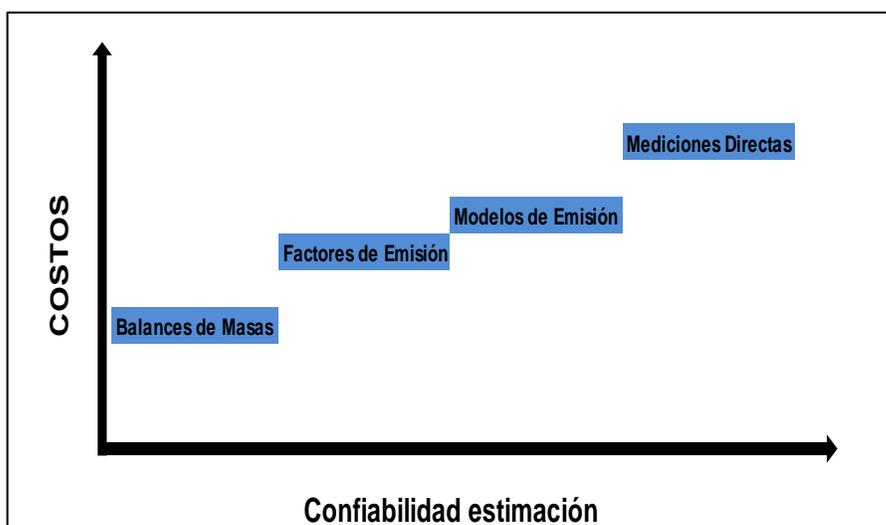


Ilustración 4. Jerarquía para la estimación de emisiones.

Fuente: Adaptado del Manual de fundamentos y planeación de inventarios de emisiones. MADS.

Método de Factores de emisión: uno de los métodos más utilizados en la elaboración de inventarios es el método de los factores de emisión, ya que proporciona una confiabilidad aceptable con unos costos razonables. El método consiste en cuantificar las emisiones multiplicando ciertas características del proceso por unos factores que han sido estimados sobre la base de un registro histórico acumulado de mediciones directas, balances de masas y estudios de ingeniería (US EPA).

$$E = A * Ef * \left(1 - \frac{Er}{100}\right)$$

Ecuación 1. Ecuación general emisión, método de factores de emisión.

Dónde:

E= Emisión del contaminante (kg/h)

A= Característica del proceso (kg/h)

Ef= Factor de emisión (kg/ton)

Er= Eficiencia control de emisiones (%)

Método de Modelos de emisión: los modelos de emisión para fuentes móviles son muy utilizados a nivel mundial, ya que permiten realizar el cálculo de las emisiones de los vehículos utilizando factores de emisión previamente ingresados al modelo (Peñaloza N, 2010) [13].

A continuación se presenta un esquema de un modelo de estimación de fuentes móviles.

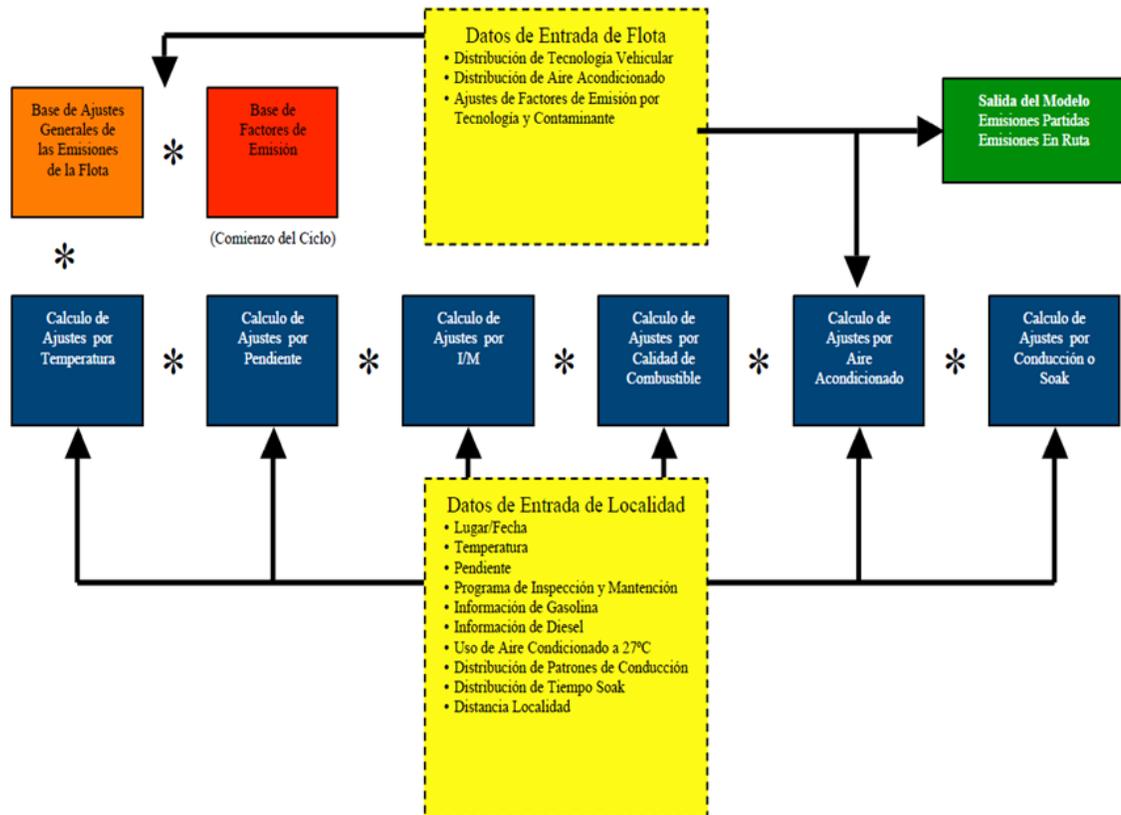


Ilustración 5. Estructura Interna del modelo IVE.

Fuente: Manual del usuario IVE.

2.3. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La atmósfera es la envoltura gaseosa, de unos 200 kilómetros de espesor, que rodea la Tierra. Ha necesitado miles de millones de años para alcanzar su actual composición y estructura, que la hacen apta para la respiración de los seres vivos que la habitan.

La degradación del medio ambiente debida a la actitud adoptada por los humanos hacia la naturaleza durante el último siglo, ha dado lugar a uno de los problemas capitales que la humanidad tiene planteados en la actualidad, *la contaminación* y uno de los más difíciles de solucionar la contaminación atmosférica, que es simplemente la emisión de sustancias nocivas al aire (OMS).

2.3.1. Contaminantes criterio

Son contaminantes criterio, aquellos regulados dentro de una norma de calidad del aire. Estos varían de un país a otro, de acuerdo a su regulación. En Colombia los contaminantes criterios para los cuales aplica al presente estudio, de acuerdo a la legislación (Resolución 610 de 2010 del MAVDT) son:

- Material Particulado (PST, PM₁₀, PM_{2.5})
- Monóxido de Carbono (CO)
- Óxidos de Nitrógeno (NOx)
- Óxidos de Azufre (SOx)

A continuación se presenta una breve descripción de los contaminantes en referencia.

a) Material particulado

El material particulado son partículas que por su tamaño están suspendidas en el aire, se presenta de diversas formas, tamaños y propiedades, desde pequeñas gotas de líquido hasta partículas microscópicas de polvo. Las partículas también dependen del tipo de fuente, fuentes fijas (construcción, combustión, minería), fuentes móviles (vehículos) y las fuentes naturales (incendios forestales, y volcanes).

Las emisiones de material particulado se clasifican por su tamaño: PST partículas de diámetros aerodinámicos que incluyen tanto la fracción inhalable como a las mayores de 10 micras, que no se sedimentan en periodos cortos sino que permanecen suspendidas en el aire debido a su tamaño y densidad, llamadas también partículas gruesas; PM₁₀ material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales; PM_{2.5} corresponde al material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 2.5 micrómetros nominales, llamadas también partículas finas, (MADS, Resolución 610 de 2010). Todos los tipos de partículas pueden causar problemas a la salud. Sin embargo, las partículas PM₁₀ y PM_{2.5} causan afectaciones específicamente al sistema respiratorio, ocasionando tos, asma, daños al pulmón, muerte prematura en individuos con enfermedades del corazón, entre otras (OMS, 2014).

b) Monóxido de Carbono

El CO es un gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión incompleta de materiales combustibles como gas, gasolina, queroseno, carbón, petróleo o madera (MADS, Resolución 610 2010). Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustibles fósiles o derivados del petróleo, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores de queroseno, también pueden producir CO si no están funcionando correctamente, además de esto, los automóviles parados con el motor encendido también despiden CO. El monóxido de carbono tiene una afinidad por la hemoglobina de la sangre, mucho más alta que el oxígeno. Así se forma carboxihemoglobina que impide a la hemoglobina transportar el oxígeno a las células y por tanto, el organismo no puede obtener la energía necesaria para sobrevivir (OMS, 2014).

c) Óxidos de Nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno y en particular el dióxido de nitrógeno es un gas de color pardo rojizo fuertemente toxico (MADS), normalmente son degradados rápidamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias comúnmente presentes en el aire. La reacción del dióxido de nitrógeno con sustancias químicas lleva a la formación de ácido nítrico, uno de los principales constituyentes de la lluvia ácida, el dióxido de nitrógeno también reacciona con la luz solar, lo cual lleva a la formación de ozono y smog en el aire que respiramos.

La mayor parte de los óxidos de nitrógeno se forman por la oxidación del nitrógeno atmosférico durante los procesos de combustión a temperaturas elevadas. El oxígeno y el nitrógeno del aire reaccionan para formar NO, oxidándose este posteriormente a NO₂. La mayor parte de los NOx emitidos a la atmósfera lo son en la forma NO.

d) Óxidos de Azufre (especialmente SO₂)

Los óxidos de azufre son normalmente gases que se producen principalmente de la combustión de compuestos que contienen azufre (carbón y aceite), entre los más comunes tenemos: artículos eléctricos, combustibles, automóviles, etc. Generalmente se asocian con problemas a la salud como: dificultad para respirar, tos crónica, secreción en las mucosas (OMS, 2014). También contribuyen a fenómenos atmosféricos como la lluvia acida y smog que disminuye la visibilidad.

2.4. TIPOS DE FUENTES DE EMISIÓN

Al igual que los contaminantes, en un inventario de emisiones se deben determinar y definir cada una de las categorías de fuentes a incluir. Los tipos de fuentes de emisión más generales se muestran en la Ilustración 6.

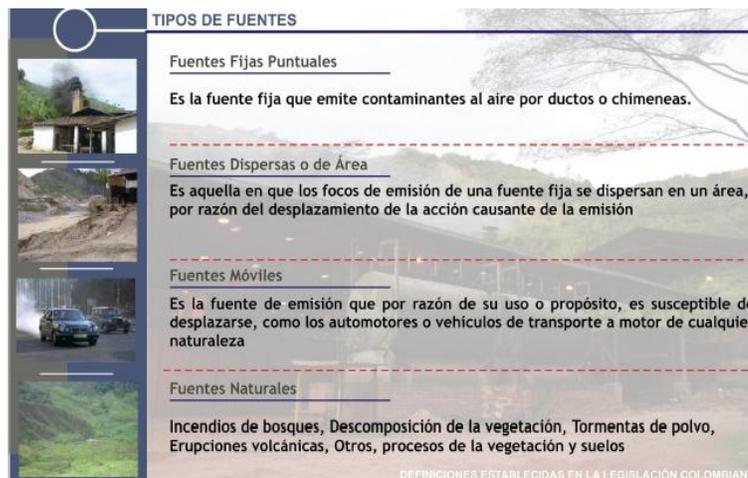


Ilustración 6. Clasificación de las fuentes de contaminación

Fuente: Adaptado del Manual de fundamentos y planeación de inventarios de emisiones. MADS.

2.4.1. Fuentes fijas

Las fuentes fijas son todas aquellas que se encuentran ubicadas en un lugar determinado e inamovible, y pueden tener descargas de contaminantes en forma dispersa o mediante pluma definida, según esto se puede clasificar en fuentes puntuales o de área.

Fuentes Fijas Puntuales: La resolución 909 del 5 de junio de 2008 presenta las siguientes definiciones: *Fuente Fija: Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible. Fuente Fija Puntual: Es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas.*

Fuentes dispersas o de área: La resolución 909 del 5 de junio de 2008 define las fuentes de área de la siguiente forma: *“Fuente fija dispersa o difusa: Es aquella en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales”.*

2.4.2. Fuentes móviles

La resolución 910 del 5 de junio de 2008 define las fuentes móviles de la siguiente forma: *“Fuente móvil: Es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse. Para efectos de la presente resolución, son fuentes móviles los vehículos automotores, las motocicletas, los motociclos y los mototriciclos.”*

2.4.3. Fuentes naturales

Algunos procesos naturales generan cantidades importantes de contaminantes del aire. Ejemplos de ellos son:

- Incendios de bosques.
- Descomposición de la vegetación.
- Tormentas de polvo.
- Erupciones volcánicas.

Los procesos naturales de emisión de contaminantes son autorregulables mediante procesos de precipitación, oxidación, fotosíntesis, absorción, entre otros (MADS, manual de fundamentos y planeación de inventarios de emisiones).

2.5. CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA MINERA DEL CESAR

El estudio de la calidad del aire en la zona minera del Cesar ha sido el punto de encuentro de diferentes entes técnicos y científicos como Universidades, entidades del estado (CORPOCESAR, ANLA, MADS), consultores privados, etc.

Estos han hecho aportes importantes al entendimiento de las condiciones ambientales y de contaminación en la zona y de manera especial en La Jagua de Ibirico.

Las conclusiones más importantes a la fecha han sido las siguientes:

- El principal problema en la zona corresponde a presencia de material particulado atmosférico que en ocasiones sobrepasa los límites legales permisibles.
- Los impactos más notorios de material particulado se dan durante períodos de verano y se deben principalmente al tráfico sobre las vías y a las distintas actividades asociadas a la explotación del carbón al interior y exterior de los polígonos mineros.

A partir de los objetivos planteados por diferentes estudios, se implementa el sistema Especial de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Zona Carbonífera del Cesar – SEVCAZCC, iniciando este su operación formal el día 7 de Abril de 2007 con un total de 5 estaciones de monitoreo y 6 equipos instalados. Actualmente cuenta con 15 estaciones y 28 equipos de monitoreo de material particulado, de los cuales 5 equipos se encuentran ubicados en La Jagua de Ibirico.

El sistema de vigilancia durante su operación ha compilado información sobre los parámetros de calidad de aire monitoreados en cada una de sus estaciones (PST, PM10 y/o PM2.5) y sobre variables meteorológicas.

Los resultados de las estaciones de monitoreo de calidad de aire para la población de La Jagua de Ibirico demuestran que son de las más influenciadas por las diferentes actividades desarrolladas en la zona (CORPOCESAR, 2014).

A continuación se presentan generalidades y resultados anuales históricos de las estaciones del SEVCA_ZCC ubicadas en La Jagua:

Tabla 1. Generalidades estaciones del SEVCA_ZCC ubicadas en La Jagua de Ibirico.

| Estación | Parámetro | Inicio Monitoreo y tecnología | Actualidad |
|-------------------------|-----------|-------------------------------|------------------------------|
| ZM2 Jagua Centro | PST | Abril 2007 - Manual | Activo – Manual |
| | PM10 | Abril 2007 - Manual | Activo – Automático |
| | PM2.5 | Enero 2009 - Manual | Activo – Automático |
| ZM9 Jagua Vía | PST | Julio 2007 - Manual | Activo – Manual |
| | PM10 | Julio 2007 - Manual | Activo – Manual y Automático |

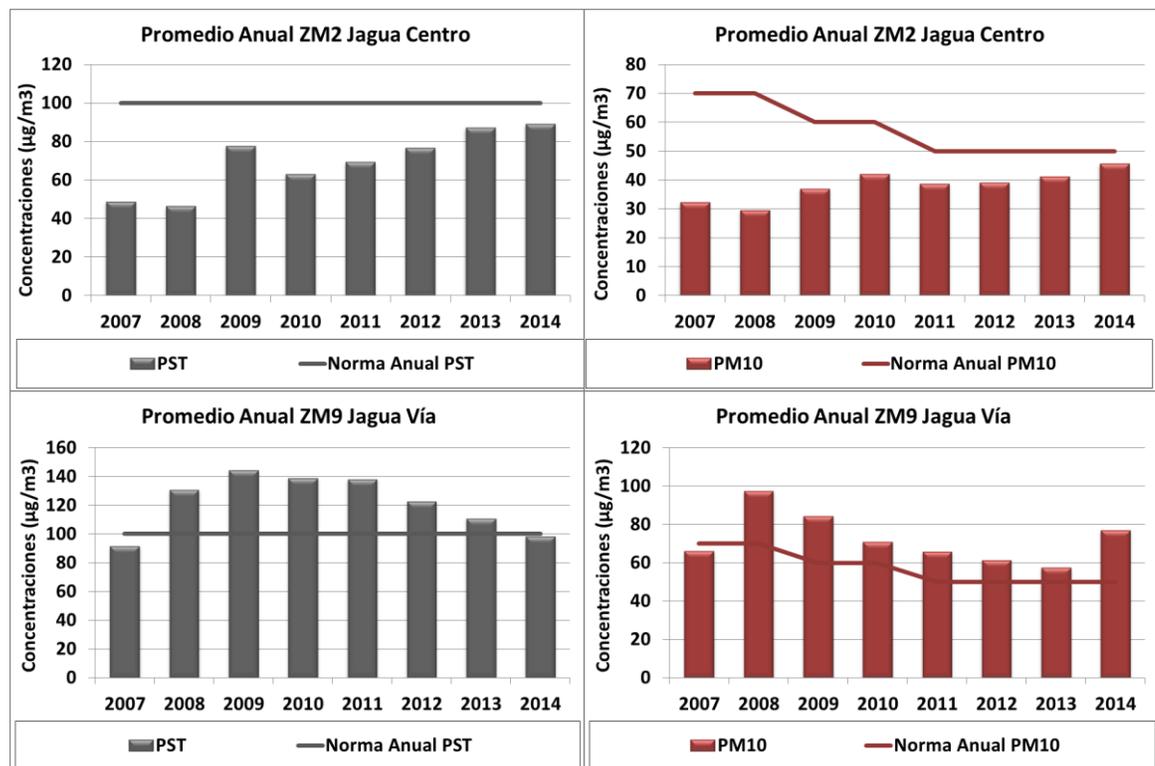


Ilustración 7. Resultados Mediciones Material Particulado La Jagua de Ibirico

Fuente: Sistema de vigilancia de calidad de aire del Cesar.

Como conclusión de los promedios anuales registrados, se puede decir que la estación ZM2 Jagua Centro no ha superado la norma anual pero ha aumentado paulatinamente sus concentraciones promedio; en tanto para la estación ZM9 Jagua Vía se ha notado una disminución en la concentración de material particulado PST a través de los años, lo cual según conclusiones del SEVCA_ZCC corresponde a diferentes actividades de control y emisión que se han realizado cerca de la estación mencionada, pero el contaminante PM₁₀ ha aumentado en el último año notablemente.

El monitoreo ha sido fuente importante para implementar estrategias de control y mitigación, dentro de las más importantes se encuentran:

- Programas de riego y barrido en la población: se han creado programas de riego y barrido de las principales vías del municipio.
- Pavimentación de vías: se han logrado pavimentar algunas calles de los municipios, también se han logrado pavimentar secciones de los mismos proyectos mineros (entradas a los *pits*) y se logró la pavimentación de la mayor parte de la llamada “vía del carbón”.
- Incremento del riego al interior de las minas: se aumentó la frecuencia de riego al interior de los proyectos mineros, esto presionado por los estudios realizados alrededor de la zona minera.

Pese a lo anterior, es necesario ahondar en dos aspectos importantes: a) identificar las emisiones de fuentes diferentes a la minería, que sin duda contribuyen a los registros de los monitores de calidad de aire ubicados en La Jagua de Ibirico según la red de monitoreo de CORPOCESAR; b) identificar qué porcentaje de la contaminación registrada corresponde a la minería y cual a las actividades urbanas u otras fuentes a referenciar.

3. METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE LA JAGUA DE IBIRICO

Para cumplir con el propósito de realizar el inventario de emisiones del municipio de La Jagua de Ibirico, se ejecutó la siguiente metodología, que es una adaptación de la metodología que se utiliza globalmente para elaborar inventarios (Ej.: inventario de emisiones de contaminantes primarios en Turquía, Alyuz U. & Alp K. Emission inventory of primary air pollutants, 2014; Peñalosa N. & Rojas N. Distribución espacial y temporal del inventario de emisiones provenientes de las fuentes móviles y fijas en la ciudad de Bogotá D.C.).

El seguir paso a paso esta metodología permitió realizar el levantamiento de información de expedientes e información en campo (georreferenciando mediante GPS), posteriormente consolidar esta información en una base de datos y a partir de la misma cuantificar las emisiones mediante el método de factores de emisión, mediante aproximación bottom-up; para fuentes fijas se emplearon los factores de emisión desarrollados por la US EPA en el AP42 (volumen 1, quinta edición), mientras que para fuentes móviles se empleó el modelo internacional de emisiones IVE que cuenta con sus propios factores de emisión. El método de factores de emisión fue seleccionado dada la viabilidad técnico-económica para el desarrollo de la determinación de las emisiones de contaminantes atmosféricas, y debido a la información disponible.

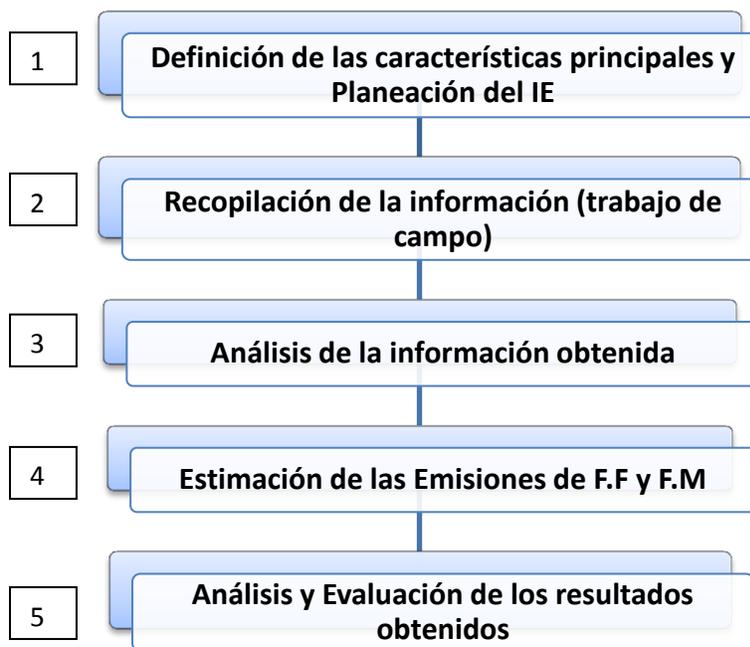


Ilustración 8. Metodología empleada para elaboración de inventario de emisiones de La Jagua de Ibirico

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

3.1.1. Etapa 1 Definición de las características principales y Planeación IE:

En esta etapa lo primero que se realizó fue elaborar una ficha técnica del inventario, en la cual se definen las características del inventario, entre las cuales se destacan: el tipo de contaminantes, el tipo de fuentes, el ámbito temporal, método para estimar las emisiones, y las características espaciales; la Tabla 2 y Tabla 3 nos muestran la ficha técnica, el cronograma y presupuesto del actual inventario para el municipio de La Jagua de Ibirico.

Posteriormente se definieron las entidades que podrían suministrar información útil para el desarrollo del IE: CORPOCESAR, ANLA, MADS, empresas Mineras, secretaria de Salud, alcaldías municipales; también se identificó la necesidad de realizar trabajo de campo para complementar información de fuentes no convencionales, y fuentes móviles que son muy reportadas generalmente por el SEVCA_ZCC de CORPOCESAR.

Tabla 2. Ficha Técnica del inventario de Emisiones de La Jagua de Ibirico.

| CARACTERÍSTICA | | DESCRIPCIÓN |
|------------------------------|---------------------|---|
| PROPOSITO | | Cuantificar el aporte de especies químicas, emitidas a la atmosfera por fuentes diferentes a la minería en el municipio de La Jagua de Ibirico - Cesar, Colombia. |
| ALCANCES | | Permitir desarrollar indicadores de calidad de aire para fuentes de emisión no mineras en el municipio de La Jagua de Ibirico - Cesar, Colombia (asociación de posibles controles) |
| DOMINIO | | Área del casco urbano del municipio de La Jagua de Ibirico - Cesar, Colombia |
| SVCA ASOCIADO | | Sistema especial de vigilancia de calidad de aire de la zona carbonífera del cesar – SEVCAZCC. |
| AMBITO TEMPORAL | Año Base | 2014 |
| | Año Inicial | 2015 |
| | Resolución Temporal | Bi-Anual |
| CONTAMINANTES CONSIDERADOS | | PST, PM10, PM2.5, NOx, SOx, CO |
| METODOS ESTIMACIÓN EMPLEADOS | | Factores de Emisión |
| TIPOS DE FUENTES | | Fuentes Fijas, Fuentes Móviles, Fuentes Área (dispersas) |
| FUENTES CONSIDERADAS | NO | Fuentes Naturales, Fuentes de área de la Minería de carbón (se toman de inventarios ya realizados). |
| PARTICULARIDADES | | Aunque las fuentes de área tenidas en cuenta en este inventario se consideran no mineras, están relativamente asociadas debido al creciente aporte de estas por el desarrollo económico que genera la minería a gran escala en la región. |

Tabla 3. Cronograma de actividades y presupuesto

| ACTIVIDAD | MES | | | | | | | PRESUPUESTO |
|---|-----|---|---|---|---|---|---|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Definición de características y Planeación del Inventario | | | | | | | | 7'000.000 |
| Recopilación de la información y trabajo de campo | | | | | | | | 12'000.000 |
| Análisis de la información obtenida | | | | | | | | 13'500.000 |
| Estimación de las emisiones de FF y FM | | | | | | | | 7'000.000 |
| Evaluación y análisis de los resultados obtenidos | | | | | | | | 5'000.000 |

3.1.2. Etapa 2 Recopilación de la información y trabajo de campo:

Lo primero que se realizó fue la identificación de fuentes en la población de La Jagua de Ibirico, para ello se identificó en los informes del SEVCA_ZCC las eventualidades (fotos de actividades que inciden en la emisión de material particulado) registradas, luego se recopilaron los expedientes de las entidades identificadas en la planeación del IE, (es de mencionar que se encontraron muy pocos expedientes con datos realmente valiosos para este ejercicio).

Posteriormente se llevó a cabo la recolección de datos en campo, para la identificación de fuentes fijas no convencionales que se presentan en la población de La Jagua de Ibirico, dicha información se logró conseguir durante la segunda semana del mes de septiembre 2014 mediante el recorrido de las calles de la población por parte de dos técnicos ambientales durante siete (7) días anotando las fuentes evidenciadas y realizando encuestas relacionadas con las fuentes identificadas, en este caso se decidió recorrer toda la población debido a que es una población pequeña.

Para el caso de fuentes móviles se realizaron aforos vehiculares durante varios días teniendo en cuenta tres tipos de vías en la población: vía principal (Vía Tipo 1), vías secundarias pavimentadas (Vía Tipo 2) y vías sin pavimentar (Vía Tipo 3). Los aforos fueron realizados en distintos días de la semana durante las 24 horas del día por medio de cámaras de video evaluando flujos vehiculares en ambos sentidos de las vías, en un par de días en cada vía un técnico de campo midió la velocidad promedio de los vehículos en horario diurno. También se realizó un leve sondeo de la edad del parque automotor tomando una muestra aleatoria de vehículos en diferentes parqueaderos del municipio, preguntando a sus dueños por el cilindraje y el kilometraje recorrido por el vehículo.

a. Fuentes Fijas

En el municipio de La Jagua de Ibirico se identificaron diferentes tipos de fuentes fijas, las cuales se muestran a continuación:

Construcciones: generalmente las construcciones son una fuente de emisiones de polvo a la atmosfera, por lo cual se consideran una fuente de emisión de material particulado que tiene un impacto temporal significativo en la calidad de aire del entorno donde se desarrollan; estas emisiones varían día a día y dependen de las operaciones de cada construcción y la meteorología (US EPA, AP42 – capítulo 13) [14]. La US EPA recomienda dividir en componentes operacionales las construcciones para hallar un mejor cálculo de las emisiones.

En las visitas de campo se identificaron diferentes tipos de construcciones en el municipio de La Jagua de Ibirico (grandes y pequeñas), además de esto, no se evidenciaron métodos de control de emisiones en ninguna de las construcciones.



Ilustración 9. Fotografías de construcciones identificadas en La Jagua de Ibirico.

Ladrilleras: la manufactura de ladrillos y productos estructurales de arcilla, involucra diferentes actividades como la extracción de la materia prima, molienda, mezclado de materias primas, la cocción, enfriamiento, almacenamiento del producto y finalmente la distribución de este. Son precisamente las actividades de tratamiento de materia prima y de cocción las que mayores emisiones generan de acuerdo a la cantidad de material procesado y el tipo de horno empleado. (US EPA, AP42 – capítulo 11) [15].

Entre las emisiones típicas de contaminantes criterio en ladrilleras se pueden encontrar: el material particulado, SO₂, NO_x, CO, lo cual hace de esta actividad de gran interés para lograr el control de las emisiones al ambiente en cualquier zona donde se identifique una industria de este tipo.

Para el caso de La Jagua de Ibirico se evidenció que los hornos de las ladrilleras presentes en la población utilizan como combustible “carbón-leña” y no emplean ningún tipo de control aunque sus alrededores se encuentran altamente arborizados, lo cual es considerado un sumidero natural de emisiones.



Ilustración 10. Foto de ladrilleras identificadas en La Jagua de Ibirico.

Restaurantes: Los restaurantes y asaderos de comida son fuentes fijas de emisión, el tipo de combustible utilizado es muy importante para determinar el cálculo de la emisión, la US EPA de acuerdo a diferentes criterios ha determinado para varios tipos de combustibles los factores de emisión. Por lo general las emisiones más comunes son de material particulado, NOx, CO, SOx (US EPA, AP42 – capítulo 1) [16].

En el municipio de La Jagua de Ibirico es importante mencionar que los restaurantes son negocios sin mayores controles a las emisiones, y se ha identificado que muy pocos poseen chimeneas lo cual es un elemento a tener en cuenta en la elección de los factores de emisión, para este caso se consideró que los restaurantes no tienen ningún control.



Ilustración 11. Fotografías Restaurantes identificados en La Jagua de Ibirico.

Quemas de basura y vegetación: las emisiones generadas por las quemas de basuras y vegetación al nivel del suelo dependen de diferentes factores como son las variables ambientales, la composición y humedad de los residuos quemados, etc., generalmente las bajas temperaturas de la combustión de residuos a cielo abierto generan material particulado y monóxido de carbono, también generan óxidos de azufre según el contenido de este elemento en los residuos (US EPA, AP42 – capítulo 2) [17].

Las quemas de basura y vegetación son prácticas frecuentes realizadas en la población de La Jagua de Ibirico.



Ilustración 12. Fotografías de quemas al aire libre en La Jagua de Ibirico.

Vías: las vías tanto pavimentadas como sin pavimentar son consideradas fuentes de emisión, ya que con el paso de los vehículos se suspende el material depositado en la superficie de estas, además por efecto del viento se transportan las partículas generando contaminación del aire (US EPA, AP42 – capítulo 13) [18].

En el municipio de La Jagua de Ibirico se tienen gran cantidad de vías sin pavimentar por la cual transitan diariamente diferentes vehículos, además de esto, en las vías que se encuentran pavimentadas también es normal hallar cantidades importantes de polvo en la superficie.



Ilustración 13. Fotografías de vías en La Jagua de Ibirico.

A continuación se presenta la ubicación en un esquema de imagen satelital, mediante coordenadas WGS84 de las fuentes identificadas en la población de La Jagua de Ibirico, el detalle de las coordenadas y las fuentes identificadas se puede ver en los Anexos.

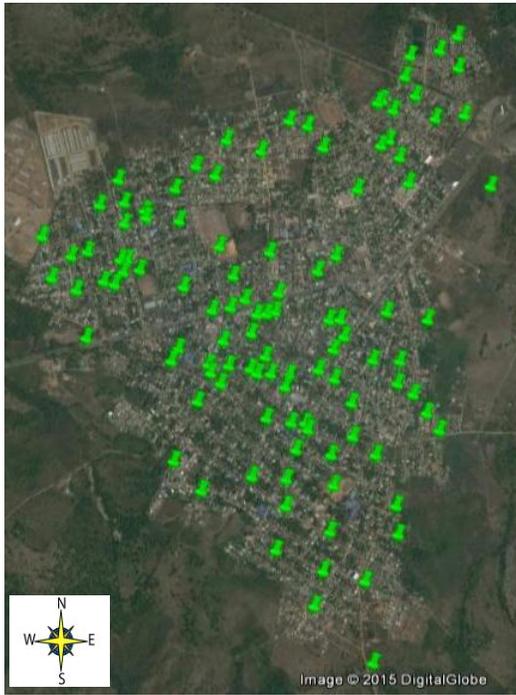


Ilustración 14. Ubicación de construcciones identificadas en el inventario de emisiones.

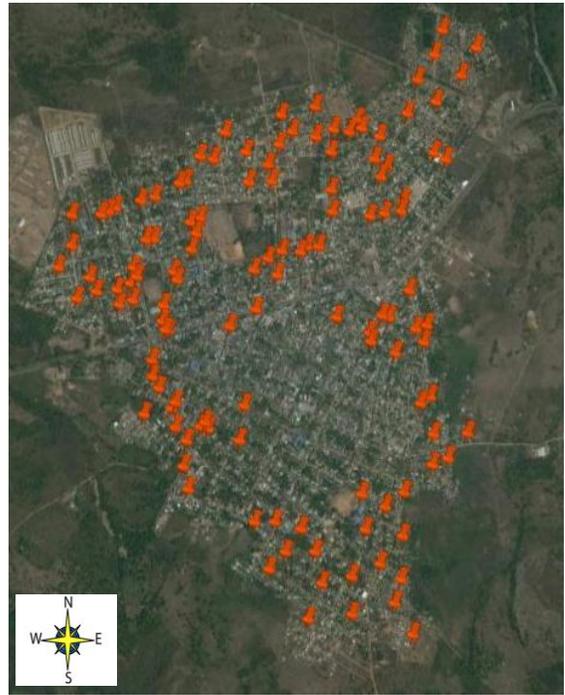


Ilustración 15. Ubicación quemas de basura y vegetación identificadas en el inventario de emisiones.



Ilustración 16. Ubicación de restaurantes identificados en el inventario de emisiones.



Ilustración 17. Ubicación de ladrilleras identificadas en el inventario de emisiones.

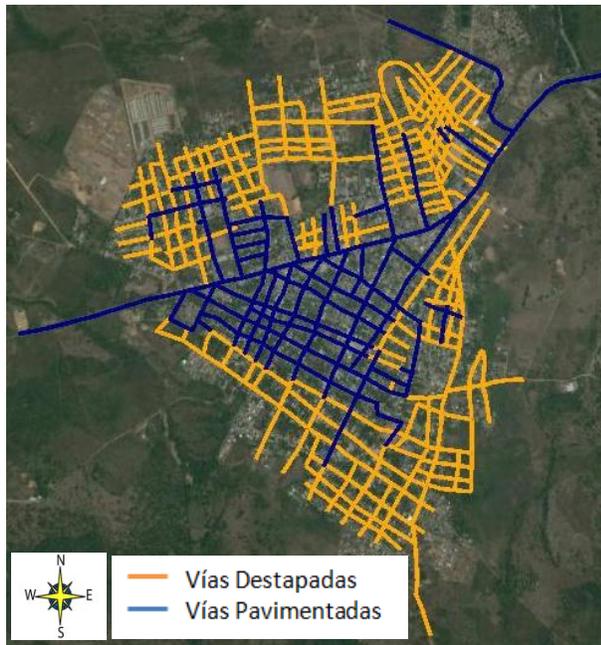


Ilustración 18. Ubicación de vías identificadas.

b. Fuentes Móviles

A continuación se presenta la ubicación de los puntos donde se realizaron los aforos vehiculares, los tipos de vehículos identificados se pueden consultar en el ANEXO A:

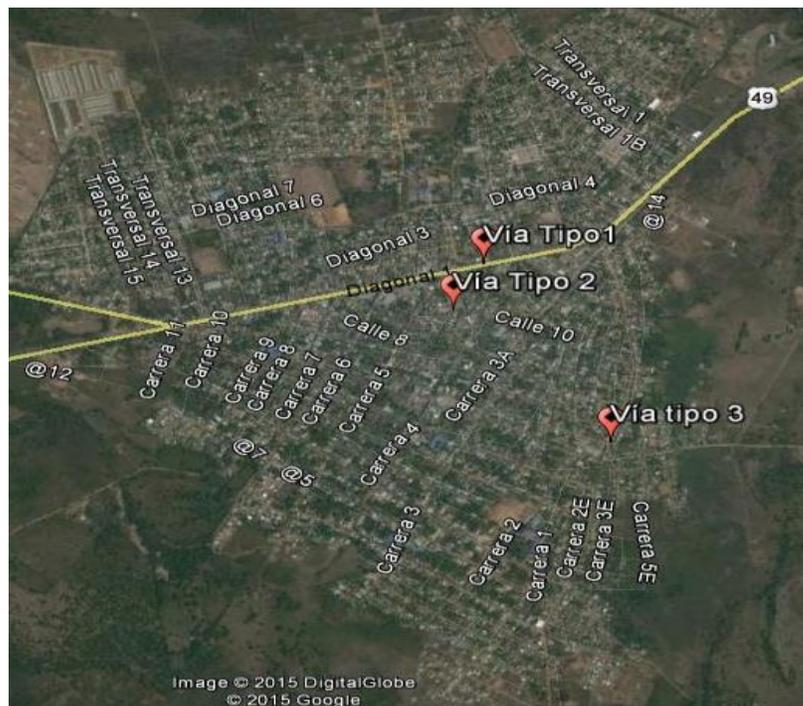


Ilustración 19. Ubicación puntos aforos vehiculares.

Tabla 4. Vías donde se realizaron los aforos vehiculares.

| Tipo de Vía | Ubicación del Aforo Vehicular | Coordenadas WGS84 - Aforo Vehicular | |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| Vía tipo 1 | Diagonal 1 # 10 | 9°33'55.22"N | 73°19'56.11"W |
| Vía Tipo 2 | Cra 4ª # 10 | 9°33'49.68"N | 73°19'58.63"W |
| Vía Tipo 3 | Calle 6 # 1B | 9°33'34.78"N | 73°19'44.24"W |

3.1.3. Etapa 3 Análisis de la información obtenida:

En esta etapa se reunió toda la información obtenida tanto en campo como expedientes, y se elaboraron bases de datos tanto para fuentes fijas y móviles, esta información puede ser consultada en los **ANEXO B**

ANEXO C cuyo resumen se puede ver en las siguientes tablas; además de esto se revisó la coherencia de datos significativos y se eliminaron aquellos datos que no tenían relación alguna con el inventario.

Tabla 5. Resumen Fuentes Fijas La Jagua de Ibirico.

| Fuente | Clasificación | Características de Emisión | Eventos Identificados | Cantidad Identificada |
|----------------|----------------|---|-----------------------|------------------------|
| Construcciones | Grandes | Materiales, demoliciones y remociones, uso de maquinaria. | 12 | 46.065 m ² |
| | Pequeñas | Materiales, demoliciones y remociones. | 97 | 5.236 m ² |
| Restaurantes | Carbón | Quema de combustible | 9 | 144 kg/día |
| | Gas Natural | Quema de combustible | 10 | 99 m ³ /día |
| | Gas Propano | Quema de combustible | 4 | 10 m ³ /día |
| Vías | Pavimentadas | Material suspendido en la superficie. | 28 | 12 km |
| | Sin Pavimentar | Material de la vía expuesto. | 34 | 14 km |
| Quemas | Basura | Combustión de compuestos varios. | 41 | 58 kg/semana |
| | Vegetación | Combustión de materiales. | 85 | 127 kg/semana |
| Ladrilleras | Rudimentarias | Hornos de cocción. | 2 | 20000 Bloques mes |

Tabla 6. Resumen Fuentes Móviles La Jagua de Ibirico.

| Fuente | Cantidad diaria Identificada Vía tipo 1 | Cantidad diaria Identificada Vía tipo 2 | Cantidad diaria Identificada Vía tipo 3 |
|---------------------|---|---|---|
| Motos | 15208 | 1844 | 1600 |
| Automóviles y Taxis | 2816 | 144 | 36 |
| Camioneta | 400 | 72 | 20 |
| Bus/Buseta | 248 | 0 | 0 |
| Camiones | 392 | 0 | 28 |

La distinción realizada en los parqueaderos permitió identificar el kilometraje recorrido para una muestra aleatoria de vehículos (50 vehículos livianos y 20 vehículos pesados), lo cual permitió realizar una distribución más representativa de los vehículos, tal como lo muestra la siguiente ilustración.

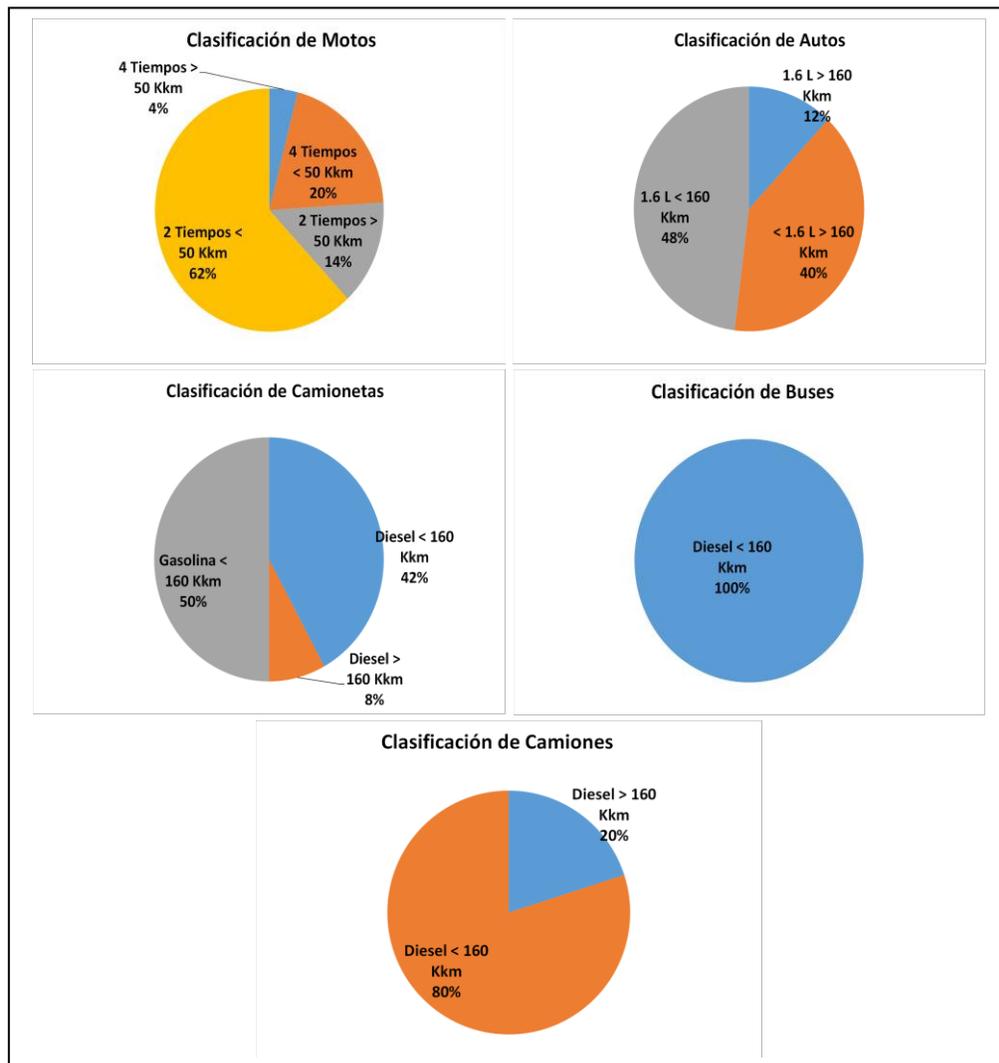


Ilustración 20. Identificación de vehículos según kilometraje y combustible utilizado.

3.1.4. Etapa 4 Estimación de las Emisiones de F.F y F.M:

Para el inventario actual de La Jagua de Ibirico se utilizaron factores de emisión tomados del AP42 de la US EPA de los Estados Unidos en fuentes fijas; para fuentes móviles se estimaron las emisiones utilizando el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares IVE, que es un modelo computacional desarrollado para ser usado en la estimación de las emisiones vehiculares en países en vía de desarrollo, y es de fácil acceso e interpretación [19].

a. Fuentes Fijas

Los factores de emisión elegidos para cada tipo de fuente se presentan a continuación:

Tabla 7. Factores de Emisión elegidos para Construcciones Grandes

| Operación | Actividad | Factor PST | Factor PM10 | Factor PM2.5 | Unidades |
|---------------------------------|---|---|--|---|----------------------------------|
| Demolición y Remoción escombros | Demolición (profundidad menor a 21m) | $0.00022(A)^{1.5}$ | Factor PST*0.52 | Factor PST*0.03 | kg emitido / demolición |
| | Remoción de escombros | $0.001184 \frac{(U/2.2)^{1.3}}{(M/2)^{1.4}}$ | $0.00056 \frac{(U/2.2)^{1.3}}{(M/2)^{1.4}}$ | $0.0000848 \frac{(U/2.2)^{1.3}}{(M/2)^{1.4}}$ | kg emitido / Mg removido |
| | Transporte escombros vías sin-pavimentar | $\frac{1.6914 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.3}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.3}} - 0.000132493$ | $\frac{0.50742 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.5}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.2}} - 0.000132493$ | $\frac{0.050742 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.5}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.2}} - 0.000101484$ | kg emitido / km viajado vehículo |
| | Transporte escombros vías pavimentadas | $0.00323(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | $0.00062(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | $0.00015(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | kg emitido / km viajado vehículo |
| Preparación del sitio | Compactación | $\frac{2.6(s)^{1.2}}{M^{1.3}}$ | Factor PST*0.75 | Factor PST*0.105 | kg emitido / hora trabajo equipo |
| | Uso retroexcavadora | 0.029 | ----- | ----- | kg emitido / Mg removido |
| | Movimiento retroexcavadora | 5.7 | ----- | ----- | kg emitido / km viajado vehículo |
| Construcción general | Transporte materiales vías sin-pavimentar | $\frac{1.6914 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.3}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.3}} - 0.000132493$ | $\frac{0.50742 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.5}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.2}} - 0.000132493$ | $\frac{0.050742 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.5}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.2}} - 0.000101484$ | kg emitido / km viajado vehículo |
| | Transporte materiales vías pavimentadas | $0.00323(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | $0.00062(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | $0.00015(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | kg emitido / km viajado vehículo |
| | Acopio de materiales | $0.001184 \frac{(U/2.2)^{1.3}}{(M/2)^{1.4}}$ | $0.00056 \frac{(U/2.2)^{1.3}}{(M/2)^{1.4}}$ | $0.0000848 \frac{(U/2.2)^{1.3}}{(M/2)^{1.4}}$ | kg emitido / Mg Materiales |

Tabla 8. Factores de Emisión elegidos para Construcciones Pequeñas

| Operación | Actividad | Factor PST | Factor PM10 | Factor PM2.5 | Unidades |
|----------------------|---|--|---|--|----------------------------------|
| Construcción general | Transporte materiales vías sin-pavimentar | $\frac{1.6914 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.3}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.3}}$ - 0.000132493 | $\frac{0.50742 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.5}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.2}}$ - 0.000132493 | $\frac{0.050742 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.5}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.2}}$ - 0.000101484 | kg emitido / km viajado vehículo |
| | Transporte materiales vías pavimentadas | $0.00323(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | $0.00062(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | $0.00015(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | kg emitido / km viajado vehículo |
| | Acopio de materiales | $0.001184 \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$ | $0.00056 \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$ | $0.0000848 \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$ | kg emitido / Mg Materiales |

Tabla 9. Factores de Emisión elegidos para Ladrilleras

| Actividad | Factor PST | Factor PM10 | Factor CO | Unidades |
|--------------------------|------------|-------------|-----------|-----------------------|
| Molienda materias primas | 4.25 | 0.265 | ----- | kg / Mg materia prima |
| Cocción de ladrillos | ----- | 8 | 70 | kg / Mg materia prima |

Tabla 10. Factores de Emisión elegidos para Vías

| Actividad | Factor PST | Factor PM10 | Factor PM2.5 | Unidades |
|----------------------------------|--|---|--|----------------------------------|
| Tránsito por vías sin-pavimentar | $\frac{1.6914 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.3}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.3}}$ - 0.000132493 | $\frac{0.50742 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.5}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.2}}$ - 0.000132493 | $\frac{0.050742 \left(\frac{S}{12}\right) \left(\frac{S}{30}\right)^{0.5}}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^{0.2}}$ - 0.000101484 | kg emitido / km viajado vehículo |
| Tránsito por vías pavimentadas | $0.00323(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | $0.00062(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | $0.00015(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$ | kg emitido / km viajado vehículo |

Tabla 11. Factores de Emisión elegidos para Restaurantes

| Actividad | Factor PM10 | Factor PM2.5 | Factor SOx | Factor NOx | Factor CO | Unidades |
|---|-------------|--------------|------------|------------|-----------|---------------------------------|
| Cocción de alimentos - Combustión Carbón | 15.3 | ----- | 0.2 | 1.4 | 115.4 | kg / Mg combustible |
| Cocción de alimentos - Combustión Gas Propano | 0.084 | ----- | 0.012 | 1.56 | 0.9 | kg / m ³ combustible |
| Cocción de alimentos - Combustión Gas Natural | ----- | 0.0001216 | 0.0000096 | 0.001504 | 0.000056 | kg / m ³ combustible |

Tabla 12. Factores de Emisión elegidos para Quemadas

| Actividad | Factor PM10 | Factor PM2.5 | Factor SOx | Factor NOx | Factor CO | Unidades |
|---------------------------|-------------|--------------|------------|------------|-----------|-------------------------|
| Quema de Residuos solidos | 8 | ----- | 0.5 | 3 | 42 | kg / Mg materia quemada |
| Quema de vegetación | 8 | ----- | ----- | ----- | 70 | kg / Mg materia quemada |

- + A = área horizontal (m^2) con demolición ≤ 21 m profundidad (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + U = velocidad del viento promedio (m/s). En La Jagua de Ibirico 1.7 m/s promedio anual (dato obtenido del SEVCAZCC CORPOCESAR)
- + M = contenido de humedad del material (%). En La Jagua de Ibirico 13% (dato obtenido del tecnológico de monterrey)
- + s = contenido de limo en la superficie (%). En La Jagua de Ibirico 5.5% (dato obtenido del tecnológico de monterrey)
- + S = promedio de la velocidad del vehículo (km/h). En La Jagua de Ibirico vehículo pesado (30km/h), vehículo liviano (40km/h) (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + sL = carga de limo en la superficie pavimentada (g/m^2). En La Jagua de Ibirico 0.2 g/m^2 (dato obtenido del tecnológico de monterrey)
- + W = peso promedio de los vehículos (Ton). En La Jagua de Ibirico vehículo pesado (8.3 Ton), vehículo liviano (3.5 Ton) (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Demoliciones por año por construcción =1 (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Mg escombros = dependiendo la construcción (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Mg materiales = dependiendo la construcción (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Distancia promedio recorrida por vehículos 3km/día para ambos tipos de vía en las construcciones grandes (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Días duración construcción grande promedio 270 días/año (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Horas trabajadas por retroexcavadoras 540 h/año (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Distancia recorrida por retroexcavadoras 0.2 km/día (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Días duración construcción pequeña promedio 180 días/año (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Mg materias primas utilizadas en elaboración de ladrillos = 240 Mg/año (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + El factor de emisión para la actividad de cocción de ladrillos fue tomado de quema de vegetación al aire libre (U.S EPA)
- + Distancia promedio recorrida por vehículos 0.4km/vehículo día para vía sin pavimentar (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Distancia promedio recorrida por vehículos 1.7km/vehículo día para vía pavimentada (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Mg carbón restaurantes = 50.4 Mg/año (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + m^3 propano restaurantes = 3500 m^3 /año (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + m^3 gas natural restaurantes = 34650 m^3 /año (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Mg materia quemada residuos sólidos = 3.016 Mg/año (dato obtenido en campo en el presente estudio)
- + Mg materia quemada vegetación = 6.604 Mg/año (dato obtenido en campo en el presente estudio)

+ Para el transporte en vías se aplicó el control sugerido por la US EPA, de acuerdo a la cantidad de lluvias registradas por año, en el 2014 se presentaron 87 días con lluvias superiores a 5mm, lo cual hace un control del 6% en vías pavimentadas y del 24% en vías sin pavimentar.

Con los factores de emisión elegidos, y las características encontradas para cada fuente en el municipio de La Jagua de Ibirico se estimaron los valores de emisión lo cuales se pueden consultar a continuación:

Tabla 13. Estimación de la Emisión.

| Fuente | Operación | Actividad | Ecuación Emisión | Emisión Total (kg/año) | |
|----------------------|---------------------------------|--|---|--|---|
| CONSTRUCCIÓN GRANDE | Demolición y Remoción escombros | Demolición (profundidad menor a 21m) | $E = FE * \text{Demoliciones/año}$ | PST = 1426.016 PM10 = 741.528 PM2.5 = 42.780 | |
| | | Remoción de escombros | $E = FE * \text{Mg Escombros}$ | PST = 0.017 PM10 = 0.008 PM2.5 = 0.001 | |
| | | Transporte escombros vías sin-pavimentar | $E = FE * \text{Kilómetros Viajados}$ | PST = 726.052 PM10 = 301.516 PM2.5 = 29.934 | |
| | | Transporte escombros vías pavimentadas | $E = FE * \text{Kilómetros Viajados}$ | PST = 19.700 PM10 = 3.781 PM2.5 = 0.915 | |
| | Preparación del sitio | Compactación | $E = FE * \text{Horas trabajadas}$ | PST = 4694.330 PM10 = 3520.747 PM2.5 = 492.905 | |
| | | Uso retroexcavadora | $E = FE * \text{Mg Escombros}$ | PST = 8.022 | |
| | | Movimiento retroexcavadora | $E = FE * \text{Kilómetros Viajados}$ | PST = 1231.200 PM10 = --- PM2.5 = --- | |
| | Construcción general | Transporte materiales vías sin-pavimentar | $E = FE * \text{Kilómetros Viajados}$ | PST = 2904.206 PM10 = 904.549 PM2.5 = 89.802 | |
| | | Transporte materiales vías pavimentadas | $E = FE * \text{Kilómetros Viajados}$ | PST = 78.799 PM10 = 11.344 PM2.5 = 2.745 | |
| | | Acopio de materiales | $E = FE * \text{Mg Materiales}$ | PST = 0.028 PM10 = 0.013 PM2.5 = 0.002 | |
| | CONSTRUCCIÓN PEQUEÑA | Construcción general | Transporte materiales vías sin-pavimentar | $E = FE * \text{Kilómetros Viajados}$ | PST = 11737.834 PM10 = 4874.515 PM2.5 = 483.931 |
| | | | Transporte materiales vías pavimentadas | $E = FE * \text{Kilómetros Viajados}$ | PST = 132.000 PM10 = 25.337 PM2.5 = 6.130 |
| Acopio de materiales | | | $E = FE * \text{Mg Materiales}$ | PST = 0.002 PM10 = 0.001 PM2.5 = 0.0001 | |
| LADRILLERAS | Molienda materias primas | $E = FE * \text{Mg materia prima por año}$ | PST = 2040 PM10 = 127.2 | | |
| | Cocción de ladrillos | $E = FE * \text{Mg materia prima por año}$ | PM10 = 3840 CO = 33600 | | |

| Fuente | Operación | Actividad | Ecuación Emisión | Emisión Total (kg/año) |
|--------------|-----------|---|--|---|
| VÍAS | | Tránsito por vías sin-pavimentar | $E = FE * \text{Kilómetros Viajados}$ | PST = 55095.662 PM10 = 22880.254 PM2.5 = 2271.502 |
| | | Tránsito por vías pavimentadas | $E = FE * \text{Kilómetros Viajados}$ | PST = 31062.938 PM10 = 5962.545 PM2.5 = 1442.551 |
| RESTAURANTES | | Cocción de alimentos - Combustión Carbón | $E = FE * \text{Mg combustible por año}$ | PM10 = 771.12 SOx = 10.08 NOx = 70.56 CO = 5816.16 |
| | | Cocción de alimentos - Combustión Gas Propano | $E = FE * \text{Mg combustible por año}$ | PM10 = 323.4 SOx = 42 NOx = 6006 CO = 3465 |
| | | Cocción de alimentos - Combustión Gas Natural | $E = FE * \text{Mg combustible por año}$ | PM2.5 = 4.256 SOx = 0.336 NOx = 52.640 CO = 1.960 |
| QUEMAS | | Quema de Residuos solidos | $E = FE * \text{Mg materia quemada por año}$ | PM10 = 24.128 SOx = 1.508 NOx = 9.048 CO = 126.672 |
| | | Quema de vegetación | $E = FE * \text{Mg materia quemada por año}$ | PM10 = 52.832 CO = 4102.28 |

Con estas ecuaciones y la base de datos descrita, se puede recalculan los valores de emisión si se detectan cambios en el inventario de emisiones.

b. Fuentes Móviles

Se calcularon las emisiones de fuentes móviles por medio del modelo internacional de emisiones IVE que utiliza factores de emisión; las siguientes ecuaciones describen los cálculos que realiza el modelo IVE:

$$Q_{[t]} = B_{[t]} * K_{(1)[t]} * K_{(2)[t]} * \dots * K_{(x)[t]}$$

Ecuación 2. Ecuación de ajuste de factores de emisión de acuerdo a características de tecnología de la flota vehicular.

$$Q_{\text{en ruta}} = \sum_t \{f_{[t]} * \sum_d [Q_{[t]} * \bar{U}_{\text{FTP}} * f_{[dt]} * K_{[dt]}]\} / \bar{U}_c$$

$$Q_{\text{partida}} = \sum_t \{f_{[t]} * Q_{[t]} * \sum_d [f_{[dt]} * K_{[dt]}\}$$

Ecuación 3. Ecuación general emisión, para flotas vehiculares en ruta y partidas (arranques) de vehículos.

Dónde:

| Variable | Descripción |
|-----------------|---|
| $B_{[t]}$ | Base de factores de emisión para cada tecnología (partida (g/partida) o en ruta (g/km)) |
| $Q_{[t]}$ | Factores de emisión ajustados para cada tecnología (partida (g/partida) o en ruta (g/km)) |
| $f_{[t]}$ | Fracción de viaje por tecnología específica |
| $f_{[dt]}$ | Fracción de tiempo por cada tipo de conducción o fracción de tiempo soak por tecnología específica |
| \bar{U}_{FTP} | Velocidad Promedio del ciclo de conducción LA4 (una constante (kph)) |
| \bar{U}_C | Velocidad Promedio del ciclo de conducción específico, valor ingresado por el usuario en el archivo Localidad (kph) |

Fuente: Manual inventario IVE.

Con los datos de composiciones de flota, y las demás características identificadas en campo se procedió a aplicar el modelo IVE, a continuación se pueden observar las características que más se ajustaron a la flota de vehículos en La Jagua de Ibirico.

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Cálculo Localidad **Flota** Ajustes Generales

Flota
Flota de Motos La Jagua

Agregar Tecnología Diesel Todas las mezclas AIR...
738 Ds: Auto/SmTk : Lt : Pre-Inj : None : None : <79K km

| Indice | Tecnología | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 1 AC | Grupo 2 AC |
|--------|---|---------|---------|------------|------------|
| 1170 | Pt: SmIEng : Lt : 2Cyc : None : None : <25K km | 4.0 | | | |
| 1172 | Pt: SmIEng : Lt : 2Cyc : None : None : >50K km | 20.0 | | | |
| 1208 | Pt: SmIEng : Lt : 4Cyc Carb : None : None : >50K km | 14.0 | | | |
| 1206 | Pt: SmIEng : Lt : 4Cyc Carb : None : None : <25K km | 62.0 | | | |

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Cálculo Localidad **Flota** Ajustes Generales

Flota
Flota Camionetas La Jagua

Agregar Tecnología Diesel Todas las mezclas AIR...
738 Ds: Auto/SmTk : Lt : Pre-Inj : None : None : <79K km

| Indice | Tecnología | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 1 AC | Grupo 2 AC |
|--------|--|---------|---------|------------|------------|
| 103 | Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI : none : PCV : 80-161K km | 50.0 | | 100.0 | |
| 779 | Ds: Auto/SmTk : Med : FI : Particulate/NOx : None : >161K km | 8.0 | | 100.0 | |
| 778 | Ds: Auto/SmTk : Med : FI : Particulate/NOx : None : 80-161K km | 42.0 | | 100.0 | |

Ilustración 21. Ejemplos características de las flotas de vehículos livianos identificados en La Jagua de Ibirico, creadas en el modelo IVE.

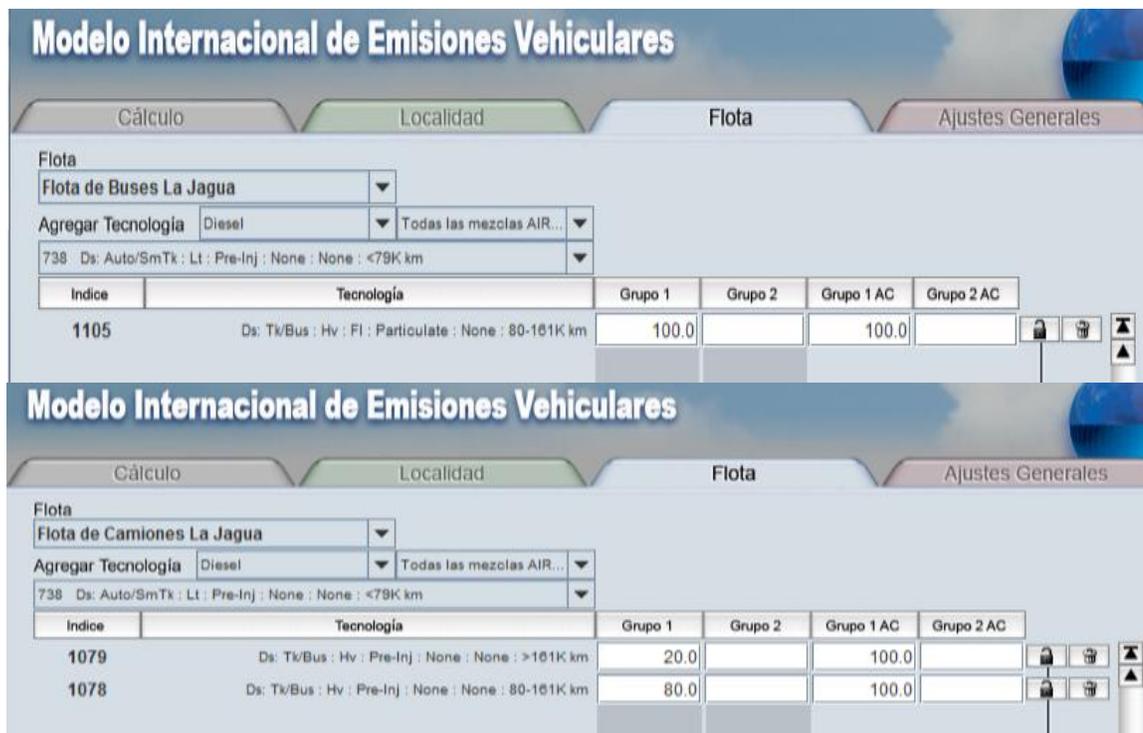


Ilustración 22. Características de las flotas de vehículos pesados identificados en La Jagua de Ibirico, creadas en el modelo IVE.

Posteriormente se crearon los tres tipos de vías identificadas en las revisiones de campo, uno de los principales insumos son los patrones de conducción (Bines), estos fueron obtenidos de acuerdo al ejercicio que se realizó para la Ciudad de Bogotá Colombia mediante IVE. Para la vía tipo 1 se tomaron los Bines de vías arteriales en Bogotá ya que representan en cantidad y velocidad de vehículos una aproximación importante a la vía tipo 1 de La Jagua de Ibirico, para las vías tipo 2 y tipo 3, se utilizaron los bines definidos en el estudio de Bogotá para las vías en zonas residenciales, debido a que son las que más se ajustaron de acuerdo a la cantidad y velocidades promedio de los vehículos.

La cantidad de veces que se encienden los vehículos fue estimada por medio de un porcentaje de acuerdo a las identificaciones realizadas en los parqueaderos.

Las variables climatológicas fueron definidas de acuerdo a la información meteorológica recolectada por el SEVCA_ZCC de CORPOCESAR, para el año 2014.

Las características del combustible se tomaron como moderadas debido a que en la zona existe el contrabando de este que no permite conocer las características correctas del combustible.

Ilustración 25. Características de las vías secundarias sin pavimentar en La Jagua de Iberico, introducidas en el modelo IVE.

Las estimaciones de las emisiones que se obtuvieron con el modelo se agruparon en una base de datos y se convirtieron a datos anuales ya que el modelo entrega la emisión diaria.

Tabla 14. Calculo Emisión para Fuentes Móviles.

| Tipo de Vía | Emisión Total (kg/año) |
|-------------------------|--|
| Vía Tipo 1 | PM10 = 1642.5 SOx = 69.35 NOx = 7460.6 CO = 125811.85 |
| Vía Tipo 2 | PM10 = 452.6 SOx = 7.3 NOx = 1284.8 CO = 42354.6 |
| Vía Tipo 3 | PM10 = 87.6 SOx = 0 NOx = 306.6 CO = 5902.05 |
| Total emisión FM | PM10 = 2182.7 SOx = 76.7 NOx = 9052.0 CO = 174068.5 |

3.1.5. Etapa 5 Análisis y Evaluación de los resultados obtenidos:

Finalmente en este inventario de emisiones se analizaron los resultados obtenidos, además se decidió comparar los resultados con otro inventario desarrollado en el país para un municipio similar a La Jagua de Ibirico, también se realizó el análisis de las emisiones promedio por cada tipo de fuente y la influencia que pueden tener sobre los monitores de calidad de aire del SEVCA_ZCC de CORPOCESAR, finalmente se analizaron tendencias de disminución de emisión de material particulado de acuerdo a controles para las fuentes más influyentes identificadas, esto último se hizo variando parámetros de los factores de emisión.

Los resultados se pueden consultar en el siguiente capítulo.

4. RESULTADOS

Los resultados se muestran a continuación compilados por contaminante, para poder identificar las fuentes sobre las cuales se deben ejercer mayores controles:

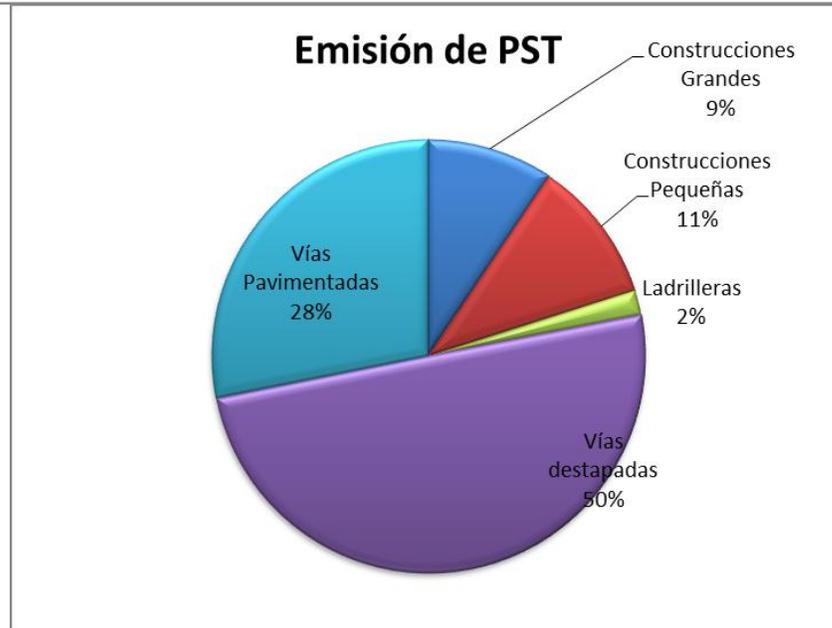
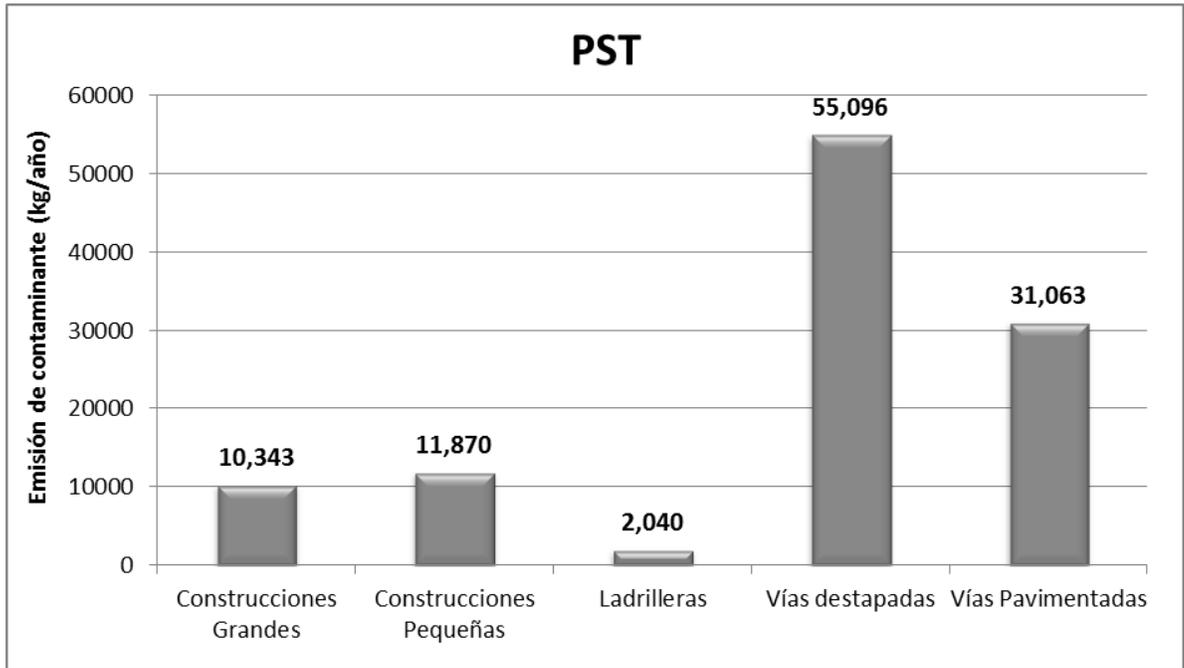


Ilustración 26. Resultados Emisiones PST.

En la emisión de material particulado grueso (PST) se están generando dentro la población aproximadamente 110000 kilogramos por año, fácilmente se puede identificar las vías como las principales fuentes de emisión, ya que generan cerca del 78% entre vías sin pavimentar y pavimentadas, luego se evidencian las construcciones con un 20% de emisión y finalmente las ladrilleras aportan un 2% a las emisiones totales de material particulado grueso (PST).

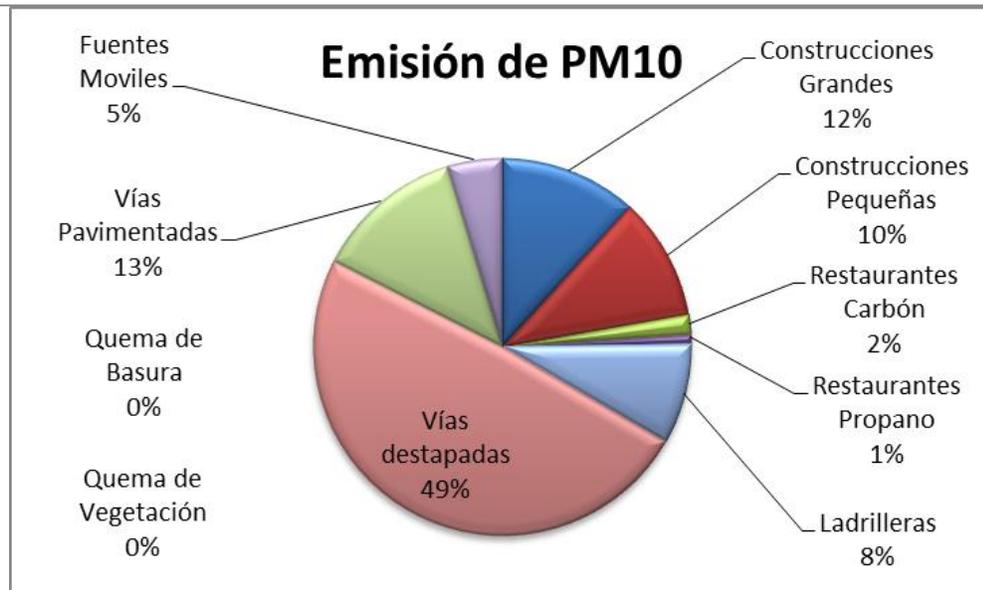
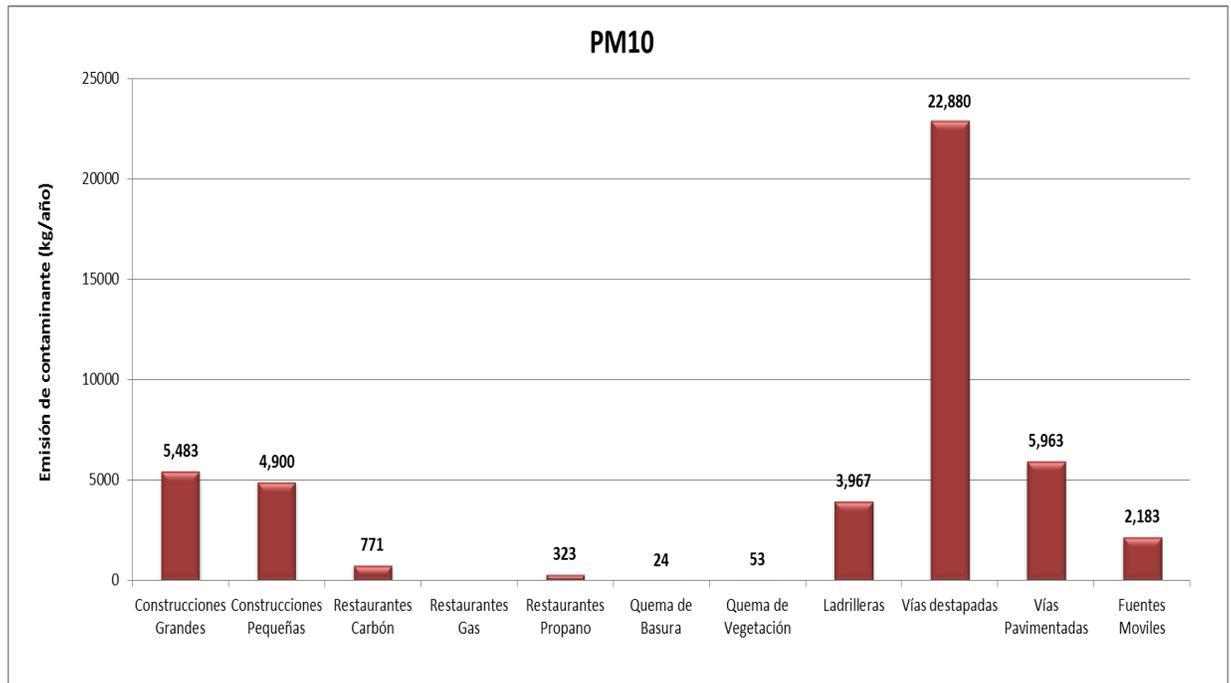


Ilustración 27. Resultados Emisiones PM10.

Los resultados de las emisiones de material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual a $10\mu\text{m}$ (PM10) muestran una emisión cercana a 46500 kilogramos por año de los cuales el 62% de emisiones se puede atribuir a las vías, el 22% a construcciones tanto grandes como pequeñas, un 8% a las ladrilleras, mientras que las fuentes móviles aportan un 5% de emisión y los restaurantes un 3% del total; algo muy importante que se puede analizar es que las quemas de basura no son una fuente significativa de generación de PM10.

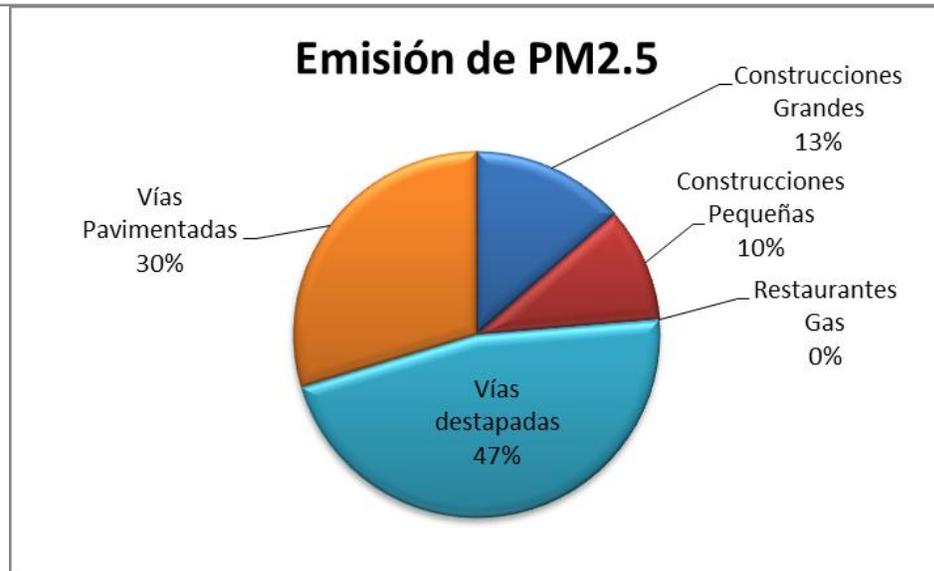
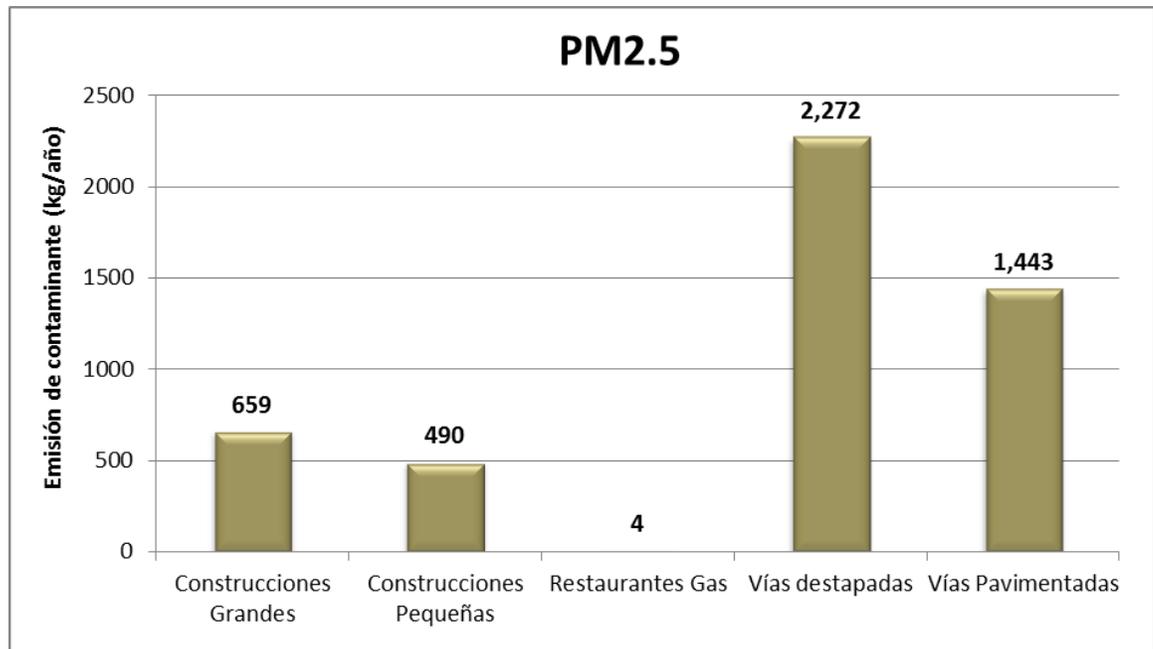


Ilustración 28. Resultados Emisiones PM2.5.

Los resultados de las emisiones de material particulado fino (PM2.5) evidencian cerca de 4800 kilogramos de emisión por año dentro de la población, un 77% de emisión es atribuible a las vías, las construcciones registran un 23% del total de las emisiones, mientras que la emisión de restaurantes que usan gas natural se puede considerar despreciable.

La coherencia en las emisiones de todas las fracciones de material particulado se puede observar en que se mantienen las mismas fuentes como predominantes en el nivel de emisión.

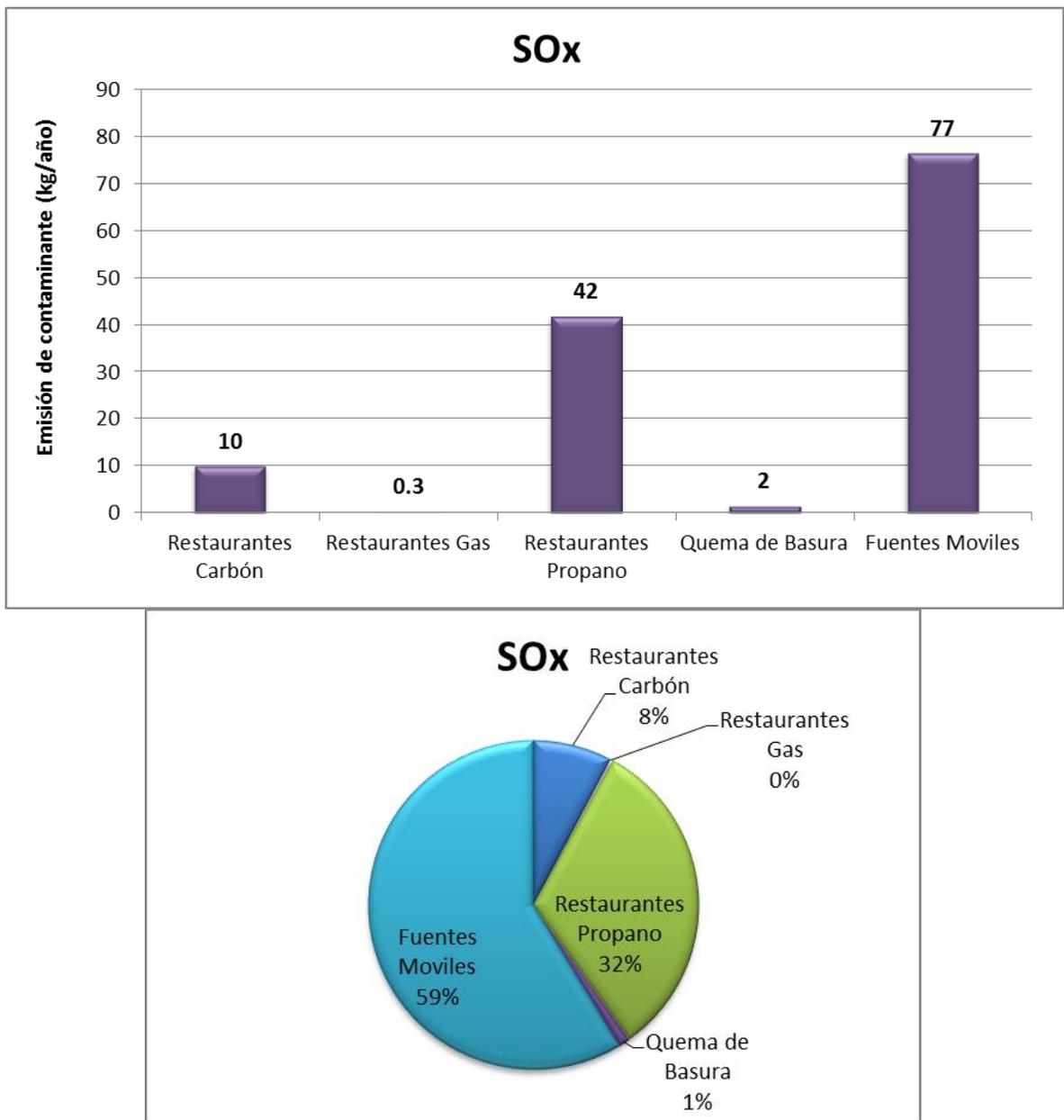


Ilustración 29. Resultados Emisiones SOx.

Los resultados obtenidos para la generación de SOx, nos permiten observar una generación aproximada de 131 kilogramos por año de este contaminante, la principal fuente son las fuentes móviles con 59% de la emisión, seguida por los restaurantes con un 40%, finalmente las quemas de basura generan el 1% restante de las emisiones. Es importante resaltar que las quemas de basura no contribuyen con un valor significativo a la generación de este contaminante.

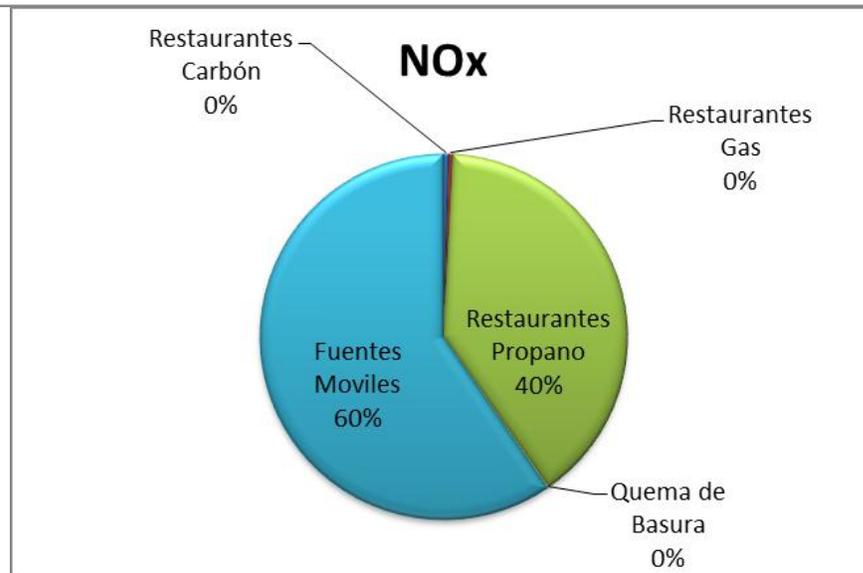
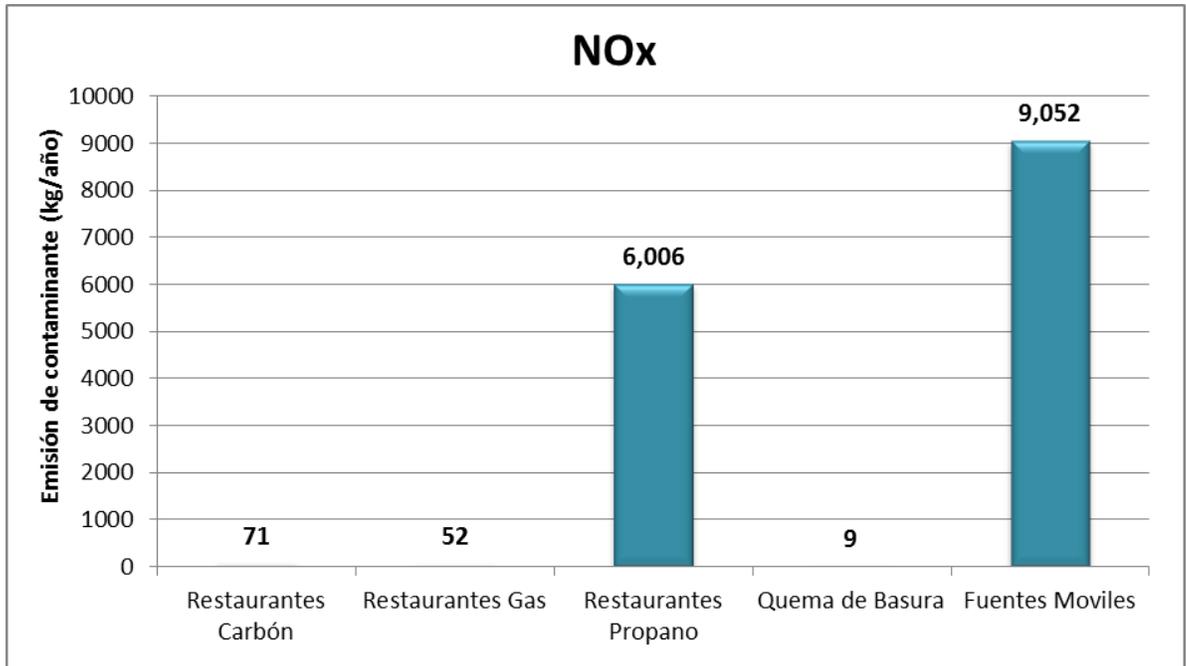


Ilustración 30. Resultados Emisiones NOx.

Las emisiones de NOx se pueden relacionar en su mayoría a dos tipos de fuentes, las fuentes móviles con un 60% y los restaurantes con un 40%, emitiendo un total de 15190 kilogramos por año dentro de la población en estudio.

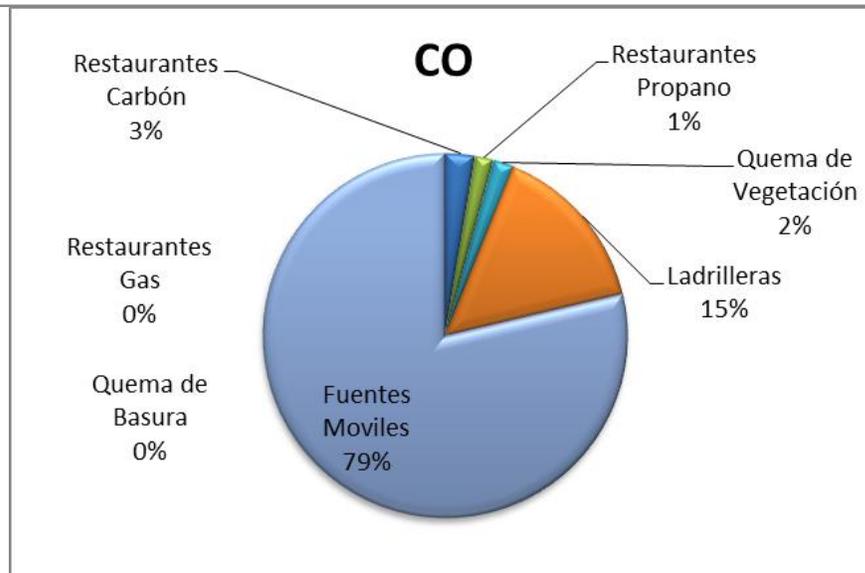
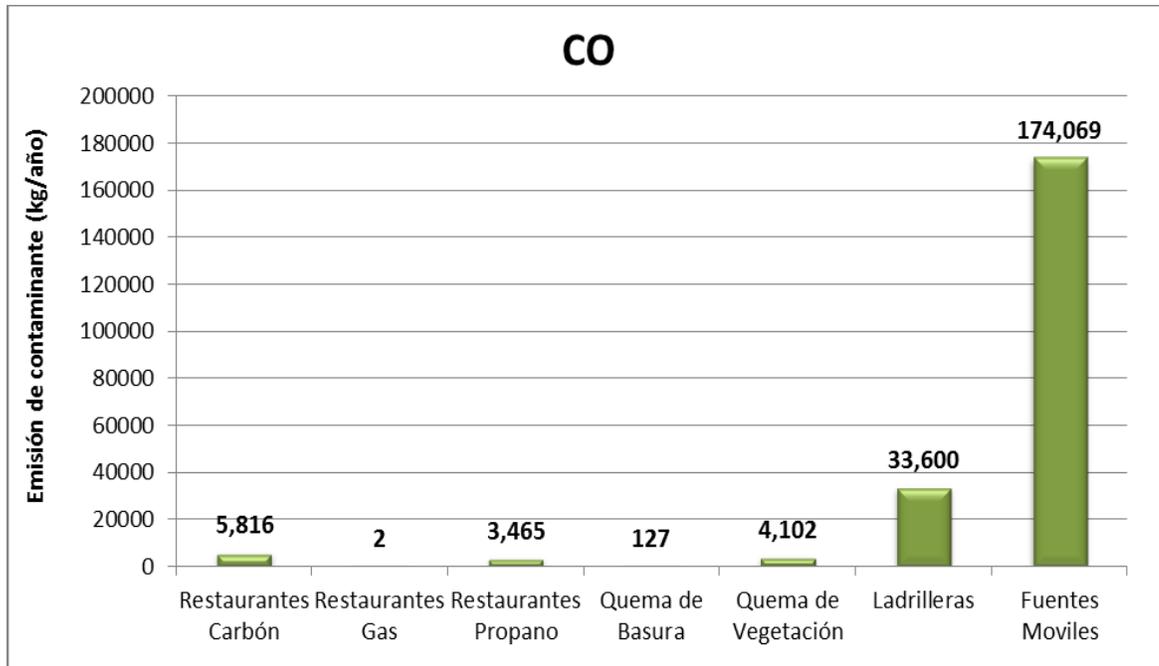


Ilustración 31. Resultados Emisiones CO.

Los resultados de emisión de monóxido de carbono (CO) se pueden relacionar a las fuentes móviles en un 79% de la emisión total, mientras que las ladrilleras generan un 15%, los restaurantes un 4% y las quemadas de vegetación un 2% respectivamente.

Los valores totales de contaminantes emitidos a la atmosfera se registran en la Tabla 15.

Tabla 15. Calculo Emisión Total Municipio de La Jagua de Ibirico.

| | Emisión PST (kg/año) | Emisión PM10 (kg/año) | Emisión PM2.5 (kg/año) | Emisión SOx (kg/año) | Emisión NOx (kg/año) | Emisión CO (kg/año) |
|--------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| TOTAL | 110411 | 46547 | 4867 | 130 | 15190 | 221180 |

Como ejercicio de validación del inventario de emisiones realizado para las fuentes no convencionales en el municipio de La Jagua de Ibirico se desarrollaron los siguientes análisis:

4.1.COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS INVENTARIOS DE EMISIONES DESARROLLADOS EN EL PAÍS

En Colombia se han desarrollado varios inventarios de emisiones de ciudades grandes; para poblaciones pequeñas, se han desarrollado muy pocos, en el año 2012 la corporación regional ambiental de La Guajira “CORPOGUAJIRA”, desarrolló un inventario de emisiones de material particulado en varias poblaciones del departamento de La Guajira, poblaciones similares a La Jagua de Ibirico, pues se encuentran cerca de proyectos de explotación minera a cielo abierto, donde se presentan varias fuentes dispersas atípicas (restaurantes, construcciones) (CORPOGUAJIRA, 2012) [20].

Los resultados totales de ambos estudios no son comparables, ya que la cantidad de eventos registrados en el inventario de los municipios de La Guajira son diferentes a la cantidad de eventos registrados en La Jagua de Ibirico. Sin embargo al analizar los resultados obtenidos para una fuente puntual se pueden hallar similitudes a pesar de que los factores de emisión escogidos en ambos estudios varían.

Tabla 16. Comparación Emisión para fuentes fijas por IE en La Guajira y Municipio de La Jagua de Ibirico en el Cesar.

| Actividad | Emisión PM10 La Guajira (kg/año unidad) | Emisión PM10 La Jagua de Ibirico (kg/año unidad) | % Diferencia |
|--------------------------------------|--|---|---------------------|
| Construcción Grande promedio | 326 | 457 | 29% |
| Construcción pequeña Promedio | 19 | 50 | 60% |
| Restaurantes Carbón | 89 | 91 | 3% |

Como se puede observar en la tabla anterior, la mayor diferencia se presentó en las emisiones calculadas para las construcciones, es muy probable que se deba al factor de emisión elegido en ambos casos, en el presente ejercicio como se mencionó anteriormente se eligió desglosar por operaciones la actividad de construcción lo cual da un estimado más ajustado de la generación de material particulado según la US EPA, mientras que en el ejercicio desarrollado en La Guajira se empleó un factor de emisión único para la actividad de construcción.

Para el caso de los restaurantes la similitud entre resultados es mayor debido a que el factor de emisión utilizado en ambos estudios es el mismo; del informe realizado por CORPOGUAJIRA se tomó el resultado del restaurante “Pare y Coma” el cual es el más parecido a los restaurantes identificados en La Jagua de Ibirico.

4.2. CALCULO DE EMISIÓN DE CADA FUENTE PROMEDIO Y SU POSIBLE INTERFERENCIA CON LOS MONITOREOS DEL SEVCA_ZCC DE CORPOCESAR.

Los resultados del inventario de emisiones se pueden calcular en actividades individuales, en este estudio se utilizó este cálculo para hallar la cantidad de material particulado emitido en un día que puede ser registrado en los monitoreos de la red de calidad de aire de CORPOCESAR.

Se tomó el valor promedio de emisión anual de cada una de las fuentes identificadas y se realizó el cálculo para la emisión diaria, obteniendo como resultado las emisiones presentadas en la Tabla 17.

Tabla 17. Emisión fuentes unitarias en el Municipio de La Jagua de Ibirico en el Cesar.

| Actividad | Emisión PST (g/día unidad) | Emisión PM10 (g/día unidad) | Emisión PM2.5 (g/día unidad) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Construcción Grande promedio | 2350 | 1249 | 150 |
| Construcción pequeña Promedio | 333 | 138 | 13 |
| Restaurantes Carbón | --- | 2112 | --- |
| Restaurante propano | --- | 884 | --- |
| Restaurante Gas Natural | --- | --- | 11 |
| Ladrilleras | 5589 | 1268 | 569 |
| Vía sin pavimentar (100 m) | 1078 | 448 | 44 |
| Vía pavimentada (100 m) | 377 | 72 | 1.8 |
| Quema de basura | --- | 66 | --- |
| Quema de vegetación | --- | 144 | --- |
| Fuentes móviles (km vía) | --- | 221 | --- |

La cantidad de emisión en g/día de un único evento por fuente identificada, denota por ejemplo que una construcción grande promedio genera al día 2350 g de PST que emite al aire, una construcción pequeña genera al día 333 g de PST, mientras que 100 metros de vía sin pavimentar generan cerca de 1078 g de PST, así se puede calcular para todas las fuentes que generan material particulado en alguna de sus fracciones, si esto se registra cerca del monitor de calidad de aire de CORPOCESAR, es muy probable que el monitor reciba parte de esta emisión y registre un aumento en las concentraciones, entre más cercana la fuente al monitor mayor va a ser la concentración.

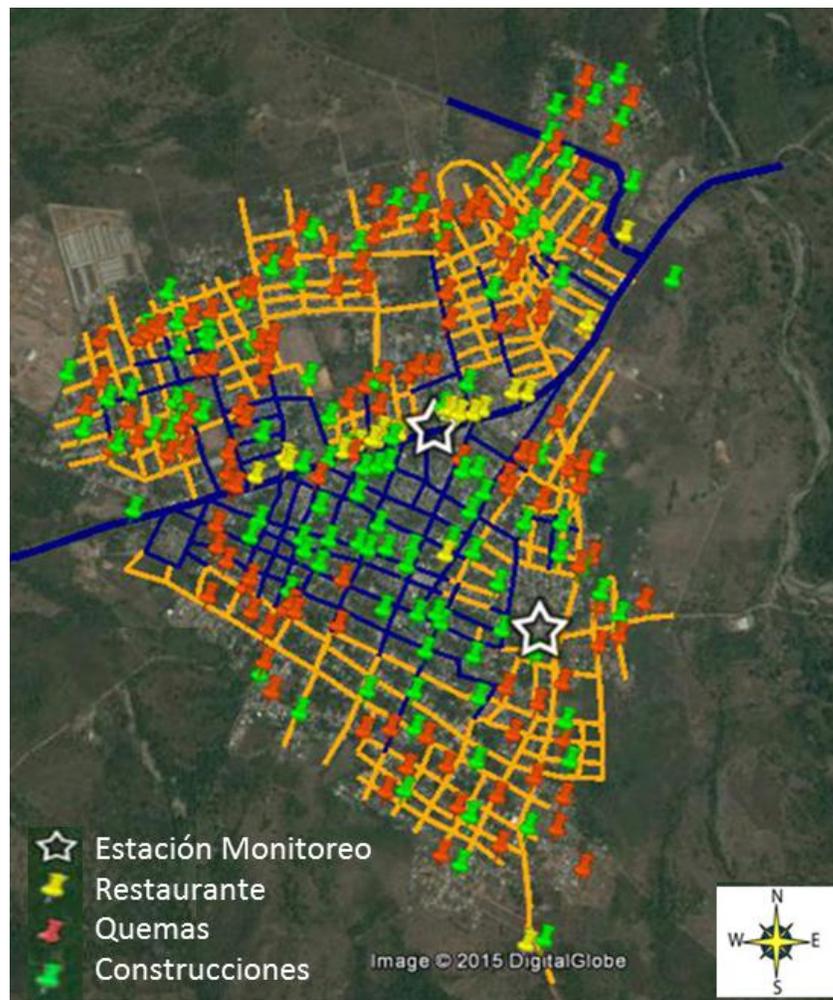


Ilustración 32. Ubicación de los monitores de calidad de aire de Corpocesar en La Jagua de Ibirico, y fuentes no mineras identificadas en el presente inventario de emisiones.

Como se observa en la Ilustración 32 los monitores de calidad de aire ubicados en el municipio de La Jagua de Ibirico, se encuentran rodeados de fuentes de emisión dispersas, lo cual da indicio de la posible influencia de estas fuentes en los monitoreos que realiza la Corporación; para obtener un aproximado de dicha

influencia de cada fuente, es recomendable realizar un modelo de dispersión, que permita calcular isopletas dentro de la población.

4.3. TENDENCIAS DE DISMINUCIÓN DE EMISIÓN DE ACUERDO A CONTROLES QUE SE PUEDEN IMPLEMENTAR.

El objetivo final de este inventario es permitir diseñar estrategias de control que se puedan aplicar a las fuentes no mineras identificadas en el municipio de La Jagua de Ibirico, por tal motivo se decidió analizar diferentes escenarios para las fuentes más influyentes en la generación de material particulado (Vías y Construcciones) cambiando los datos de entrada del inventario.

- Disminución en la cantidad de vías sin pavimentar, en este escenario se redujo la cantidad de kilómetros viajados en este tipo de vías asumiendo una posible pavimentación, se realizó el cálculo de acuerdo al factor de emisión que se registra en la Tabla 10. Es importante mencionar que la actividad de construcción también emplea actividad de transporte por vías, por lo cual el ajuste también se realizó en este tipo de fuentes según las Tabla 7 y Tabla 8, además se debe registrar un aumento en la emisión de vías pavimentadas.

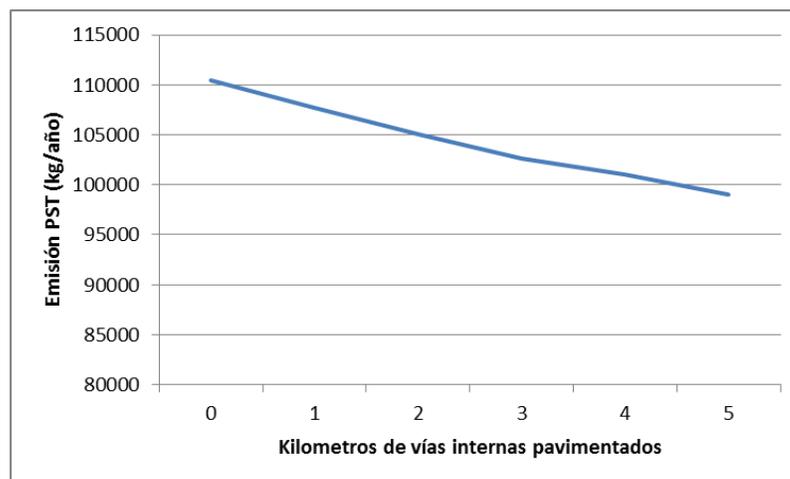


Ilustración 33. Tendencia de disminución PST – Control: Pavimentación de vías.

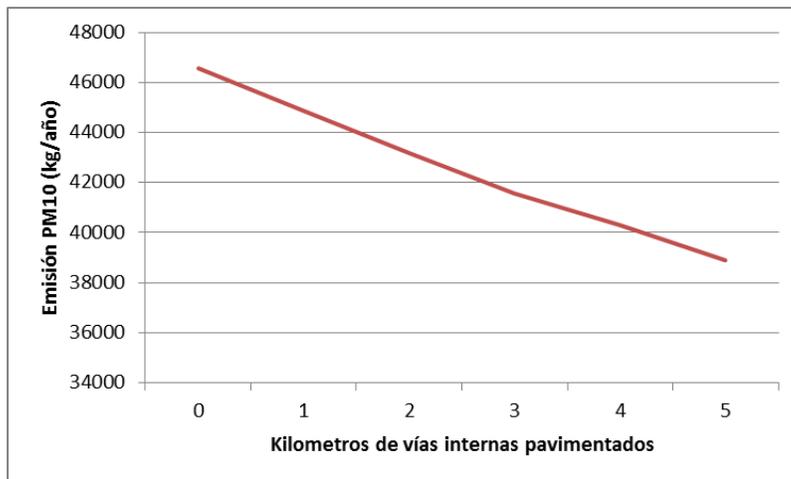


Ilustración 34. Tendencia de disminución PM10 – Control: Pavimentación de vías.

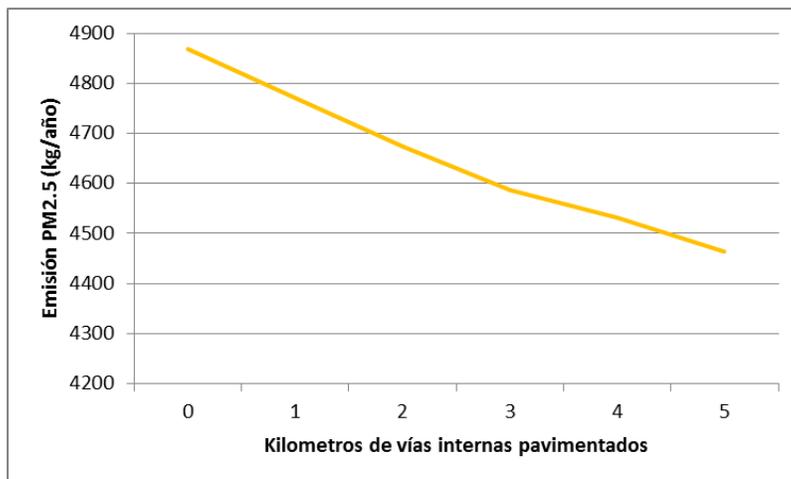


Ilustración 35. Tendencia de disminución PM2.5 – Control: Pavimentación de vías.

Se puede observar que pavimentar las vías internas del municipio de la Jagua de Ibirico reduciría la emisión de material particulado en gran medida, en la Ilustración 33, Ilustración 34, Ilustración 35 se muestra el cálculo de pavimentación de 5 km de vías sin pavimento, la reducción varía entre el 9% y 16% para todas las fracciones de material particulado; al realizar el cálculo para la pavimentación total de las vías se encontró una reducción de la emisión entre el 25% y 48%. Sin embargo el costo de implementar este tipo de control sería muy alto.

- Implementación de limpieza de vías pavimentadas, en este escenario se redujo la cantidad de finos contenidos en las vías que son re-suspendidos por el paso de los vehículos, se realizó el cálculo de acuerdo al factor de emisión que se presenta en la Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 10.

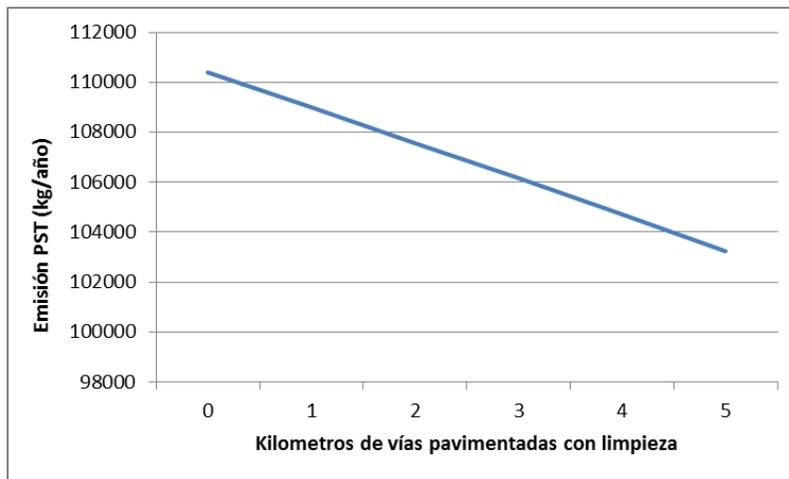


Ilustración 36. Tendencia de disminución PST – Control: Limpieza vías pavimentadas.

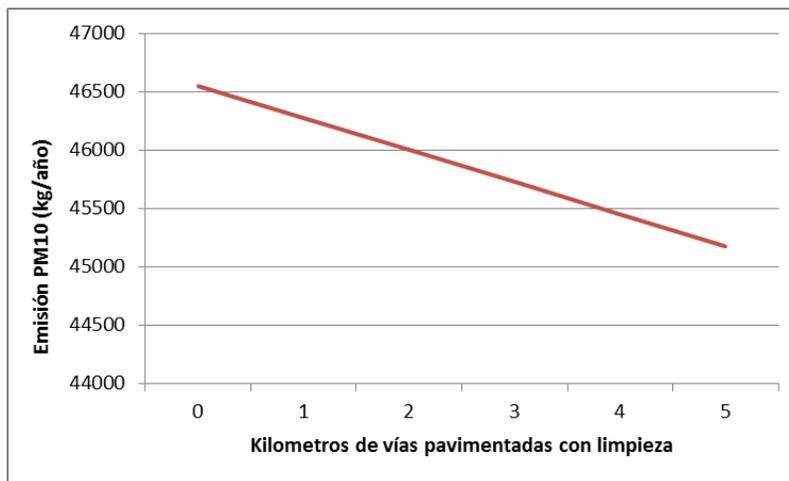


Ilustración 37. Tendencia de disminución PM10 – Control: Limpieza vías pavimentadas.

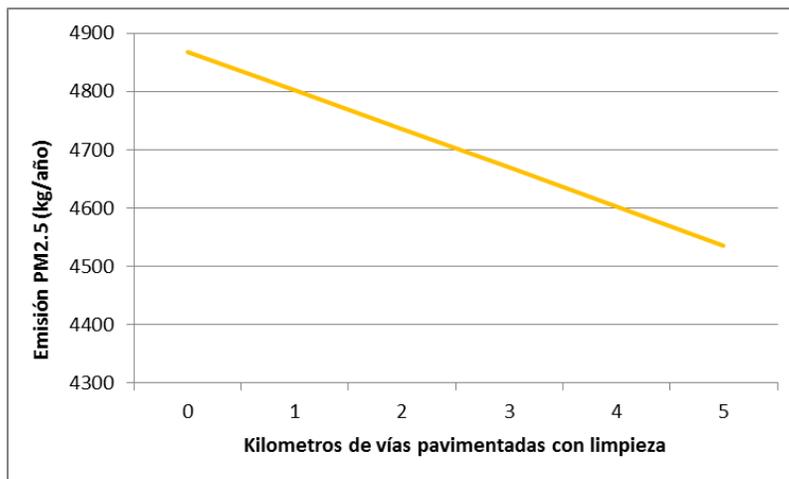


Ilustración 38. Tendencia de disminución PM2.5 – Control: Limpieza vías pavimentadas.

Para este control también se realizó un análisis de lo que sucedería al aplicar esta actividad en 5km de vía y se halló una reducción de 7%, al aplicar a todas las vías en el municipio se encontró que la emisión de material particulado puede reducir hasta en 18%, a un costo razonable.

- Reducción de la velocidad en vías sin pavimentar, en este escenario se redujo la velocidad promedio a la que transitan los vehículos en las vías del municipio de La Jagua de Ibirico, se realizó el cálculo de acuerdo al factor de emisión que se presenta en la Tabla 8 y Tabla 10.

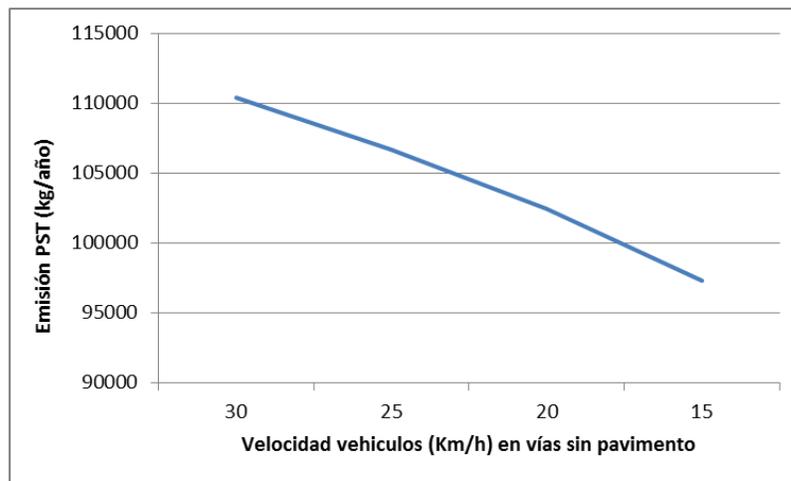


Ilustración 39. Tendencia de disminución PST – Control: reducción velocidad vehículos.

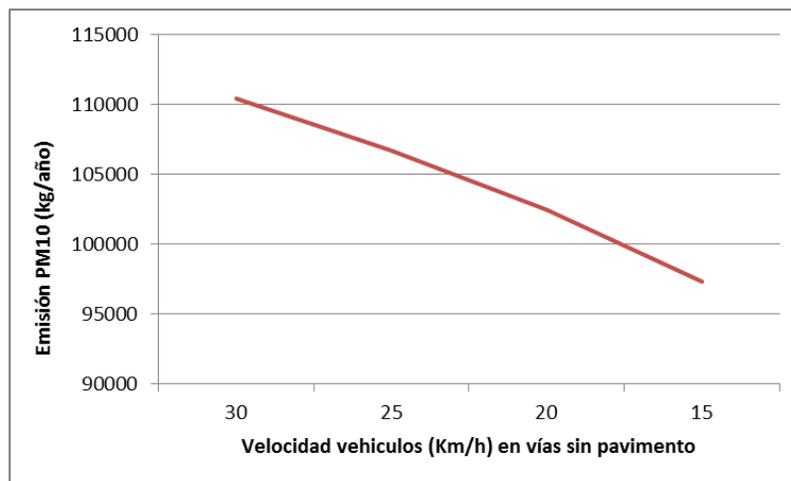


Ilustración 40. Tendencia de disminución PM10 – Control: reducción velocidad vehículos.

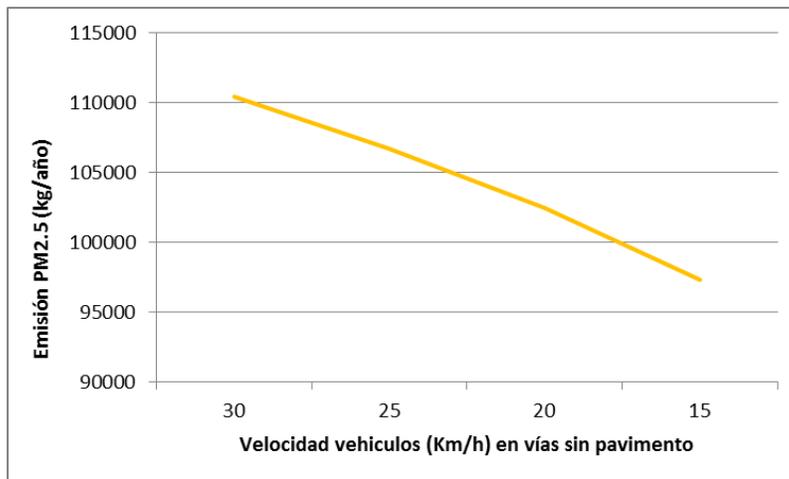


Ilustración 41. Tendencia de disminución PM2.5 – Control: reducción velocidad vehículos.

Aplicando una reducción de velocidad en las vías se puede lograr hasta un 12% de reducción de emisión de material particulado, con una velocidad adecuada para vías sin pavimentar, esta actividad también se puede implementar a un costo razonable, pero es más difícil de vigilar.

- Reducción de días para realizar construcciones, en este escenario se redujo la cantidad de días empleados para llevar a cabo las construcciones en el municipio de La Jagua de Ibirico, el cálculo se llevó de acuerdo al factor de emisión que se presenta en la Tabla 7 y Tabla 8.

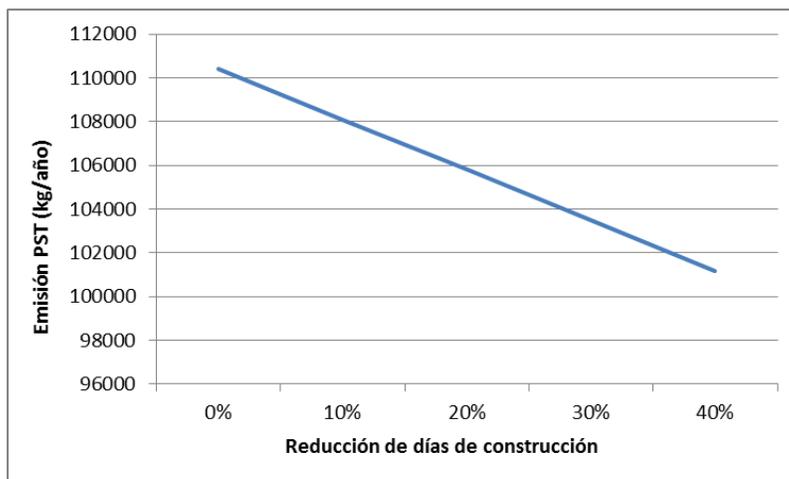


Ilustración 42. Tendencia de disminución PST – Control: reducción días de construcción.

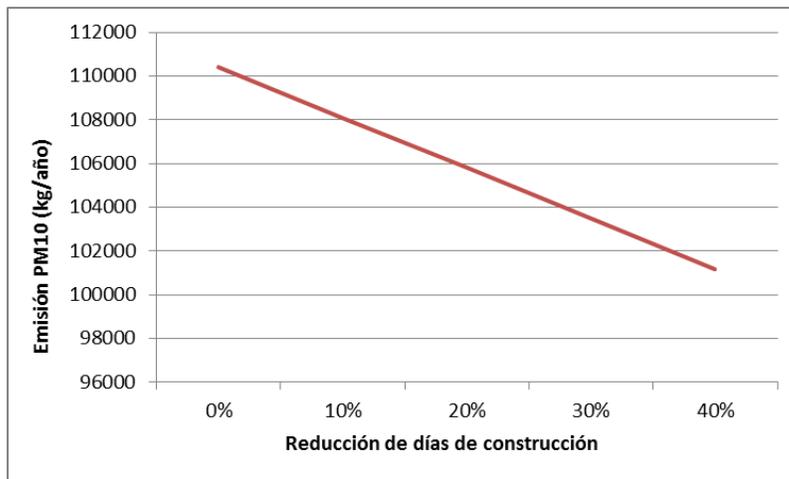


Ilustración 43. Tendencia de disminución PM10 – Control: reducción días de construcción.

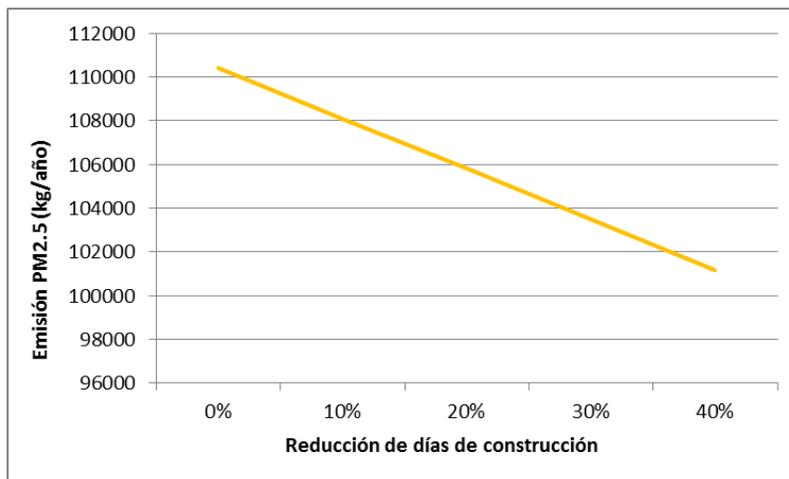


Ilustración 44. Tendencia de disminución PM2.5 – Control: reducción días de construcción.

Al reducir los días en los que se realizan las construcciones en el municipio, se puede mejorar las emisiones de material particulado hasta en un 10%, esta actividad requiere una mayor supervisión y vigilancia para lograr el objetivo de reducir los días empleados en el desarrollo de construcciones.

5. CONCLUSIONES

Se realizó la identificación de fuentes fijas, fuentes de área, fuentes móviles y fuentes no convencionales, distintas a la actividad minera a cielo abierto, que se presentan en el casco urbano del municipio de La Jagua de Ibirico. Los valores de emisión asociados a las fuentes identificadas se calcularon mediante factores de emisión obtenidos de la agencia ambiental de los Estados Unidos (US EPA) y del modelo internacional de emisiones vehiculares IVE. Los criterios para ajustar y calcular cada factor de emisión fueron obtenidos de la revisión de estudios previamente desarrollados en la población y del trabajo en campo desarrollado en este estudio.

El inventario de emisiones del municipio de La Jagua de Ibirico evidencio claramente que las fuentes de mayor influencia en la generación de material particulado son las vías y las construcciones, para el caso de la emisión de gases las fuentes móviles son las de mayor influencia, lo cual era de esperarse en un municipio como el actualmente estudiado.

El inventario de emisiones dejo como producto la base de datos y la metodología que puede usar la Corporación Autónoma Regional del Cesar para realizar este tipo de ejercicios en su jurisdicción tal como lo exige la normatividad colombiana, con estos resultados se pueden evaluar estrategias de control, en el presente estudio se evaluaron diferentes estrategias de control para el material particulado dentro de la población, dejando claro que la mejor estrategia de reducción es la pavimentación de vías, pero su costo económico es muy alto, otras opciones más viables son la limpieza de vías pavimentadas, la reducción de la velocidad y la disminución en los días de ejecución de construcciones.

6. RECOMENDACIONES

Es recomendable realizar modelamiento de la dispersión con los resultados obtenidos en este inventario de emisiones, para lograr identificar inicialmente el aporte que puedan estar generando las fuentes no convencionales del municipio de La Jagua de Ibirico a las mediciones de calidad de aire realizadas por el SEVCA_ZCC de CORPOCESAR.

Así mismo es importante expandir el alcance del inventario de emisiones a todos los corregimientos del municipio y realizar una identificación más detallada de la flota vehicular que permita profundizar más el uso de las herramientas de modelación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Departamento Nacional de Planeación (DNP). Documento Visión Colombia II Centenario 2019. Agosto 2005.

[2] Sistema de información minero colombiano (SIMCO) <http://www.simco.gov.co/> Última vez consultada 03/04/2015 – 08:20 p.m.

[3] Higginbotham N, et al. Environmental injustice and air pollution in coal affected communities, Hunter Valley, Australia. Health & Place. 2010; 16: 259-266.

[4] Departamento administrativo nacional de estadística (DANE). Boletín Censo General 2005, perfil La Jagua de Ibirico. <https://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/censos>. Última vez consultada 05/03/2015 - 09:05 a.m.

[5] Corporación autónoma regional del Cesar. Informe anual de calidad de aire de la zona carbonífera del Cesar 2014. 2015

[6] Organización mundial de la salud (OMS). Búsqueda inventario de emisiones [.http://search.who.int/search?q=inventarios+de+emisiones&ie=utf8&site=who&client=es&hl=lang_es&lr=lang_es&proxystylesheet=es&output=xml_no_dtd&oe=utf8](http://search.who.int/search?q=inventarios+de+emisiones&ie=utf8&site=who&client=es&hl=lang_es&lr=lang_es&proxystylesheet=es&output=xml_no_dtd&oe=utf8). Última vez consultada el 07/05/2015 – 10:31 a.m.

[7] Weng Z. et al. Pollutant loads from coal mining in Australia: Discerning trends from the national pollutant Inventory(NPI). Environmental science & Policy. 2012; 19-20: 78-89.

[8] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 610 de 2010. Modificación a la resolución 601 “Norma nacional de calidad de aire o nivel de inmisión”. 2010.

[9] Alcaldía de La Jagua de Ibirico: Información General. <http://www.lajaguadeibirico-cesar.gov.co/index.shtml> Última vez consultada: 02/04/2015 10:30 p.m.

[10] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Manual de Fundamentos y planeación de inventarios de emisiones (borrador). 2008.

[11] Borge R, et al. Emission inventories and modeling requirements for the development of air quality plans. Application to Madrid (Spain). Science of the total environment. 2014; 466-467: 809-819.

[12] Alyuz U. & Alp K. Emission inventory of primary air pollutants in 2010 from industrial processes in Turkey. *Science of the total environment*. 2014; 488-489: 369-381.

[13] Peñaloza N. Distribución especial y temporal del inventario de emisiones provenientes de las Fuentes móviles y fijas de la ciudad de Bogotá, D.C. Tesis. 2010.

[14] EPA, US. Office of Air Quality and Standards. (1995). Revision of Emission Factor for AP-42. Chapter 13: Miscellaneous Sources. Section 13.2.3: Heavy Construction Operations. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html>. Última vez consultada 30/03/2015 08:35 p.m.

[15] EPA, US. Office of Air Quality and Standards. (1995). Revision of Emission Factor for AP-42. Chapter 11: Mineral Products Industry. Section 11.3: Bricks and Related Clay Products. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/index.html>. Última vez consultada 30/03/2015 09:20 p.m.

[16] EPA, US. Office of Air Quality and Standards. (1995). Revision of Emission Factor for AP-42. Chapter 1: Introduction to External Combustion Sources. Section 1.1: Bituminous and Subbituminous Coal Combustion; 1.4: Natural Gas Combustion; 1.5: Liquefied Petroleum Gas Combustion. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/index.html>. Última vez consultada 30/03/2015 09:40 p.m.

[17] EPA, US. Office of Air Quality and Standards. (1995). Revision of Emission Factor for AP-42. Chapter 2: Solid Waste Disposal. Section 2.5: Open Burning. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02/index.html>. Última vez consultada 30/03/2015 10:05 p.m.

[18] EPA, US. Office of Air Quality and Standards. (1995). Revision of Emission Factor for AP-42. Chapter 13: Miscellaneous Sources. Section 13.2.1: Paved Roads; 13.2.2. Unpaved Road. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html>. Última vez consultada 30/03/2015 10:25 p.m.

[19] Centro para la Investigación y Tecnología Ambiental (CE-CERT), Escuela de Ingeniería de la Universidad de California en Riverside (UCR), Investigación de Sistemas Sustentables Globales (GSSR), Centro de Investigación de Sistemas Sustentables Internacionales (ISSRC). Agencia de Protección del Medioambiente de Estados Unidos (EPA). Manual del Usuario Modelo IVE. Versión 2.0. 2008

[20] CORPOGUAJIRA. Inventario de emisiones de precursores de ozono y fuentes de área de material particulado en los municipios de Maicao, Albania, Riohacha y

Barrancas y modelo de dispersión de contaminantes para el municipio de Barrancas – Departamento de La Guajira. 2012. Pág. 58 – 77.

[21] Lepers C. et al. Mutagenicity and clastogenicity of native airborne particulate matter samples collected under industrial, urban or rural influence. *Toxicology in Vitro*. 2014; 28: 866-874.

[22] Rohr A. & Wyzga R. Attributing health effects to individual particulate matter constituents. *Atmospheric Environment*. 2012; 62: 130-152.

[23] Cheng Z. et al. Characteristics and health impacts of particulate matter pollution in China (2001-2011). *Atmospheric Environment*. 2013; 65: 186-194.

ANEXOS

ANEXO A. Identificación de fuentes

Tabla 18. Vehículos identificados en el aforo.

| TIPO DE VEHÍCULO | CARACTERÍSTICA | |
|----------------------|--|--|
| Automóviles |  |  |
| Camionetas |  |  |
| Camiones |  |   |
| Buses/Busetas |  |  |
| Motocicletas |  |  |

ANEXO B. Base de datos fuentes fijas

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|----|---|----------------|----------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------|---|
| 1 | Construcción 1 (Grande Contrato de obra N° 00000368.) | 09°32'59,7"N | 73°19'47,5"W | --- | Aprox 4000 m ² - -- | vía 1.3 km | Construcción de pavimento flexible, puentes y obras de arte en el casco urbano vía a la vereda Buenos Aire: En esta construcción se genera polución en el descargue y manipulación de arena, canto rodado, cemento y excavaciones para alcantarillado. |
| 2 | Ladrilleras | 09°32'59,7" N | 73°19'49,31" W | --- | --- | 20 ton/mes (10000 bloques) | Ladrilleras: hay dos ladrilleras donde utilizan madera para hornear los ladrillo, además, se realizan excavaciones para extraer arcilla del subsuelo para la traficación artesanal de ladrillos. Está ubicada a la salida asía la vereda Sal Si Puedes. 2 Hornos colmena. |
| 3 | Quema 1 | 09°34'16,39" N | 73°19'56,51" W | Hojas secas | --- | 3 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 4 | Construcción 2 (Grande Contrato de obra N° 326 del 26 de septiembre 2013) | 09°33'45,3" N | 73°20'29,2" W | --- | Aprox 400 m ² | 4 edificaciones | Base militar de la Jagua De Ibirico: Construcción y adecuaciones de alojamiento, oficinas y comando de la base militar. Está ubicada en la AV principal salida a Las Palmitas, en esta obra se genera escombro y polución al ambiente por la utilización y manipulación de material de construcción como cemento, canto rodado y arena. (En esta propiedad está prohibido tomar foto) |
| 5 | Construcción 3 (Grande Contrato de obra N° 223 de 2013) | 09°33'59,1" N | 73°20'10,9" W | --- | Aprox 10000 m ² | --- | Remodelación y construcción de obras complementarias de la villa deportiva (Estadio): Está ubicada en la transversal 9 con diagonal 5, barrio Comunero, en esta obra se genera escombro y polución producto de las actividades realizadas en la Construcción, se utiliza cemento, arena canto rodado y maquinaria. |
| 6 | Construcción 4 (Grande Obra de contrato N° 071 de 2013) | 09°33'59,9" N | 73°20'36" W | --- | Aprox 30000 m ² | --- | Viviendas de interés social: Barrio Nuevo Milenio y Progreso. Se están construyendo 628 viviendas y ya hay construidas 382 para un total de 1010 viviendas. En esta mega obra se genera escombro y polución por descargue de material, manipulación de cemento, arena, gravilla, ladrillo, y maquinaria. |
| 7 | Construcción 5 (Grande) | 09°33'40,7" N | 73°20'11,5" W | --- | 150 m ² | --- | Construcción de una iglesia testigo de Jehová: Barrio Centro, carrera 7 con calle 6, no muestra licencia de contrato de obra. En esta construcción utilizan un trompo mecánico para la mezcla de |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|----|--------------------------|----------------|----------------|----------------------|--------|---------------------|--|
| | | | | | | | arena cemento y gravilla, se genera escombros y polución debo a la actividad. |
| 8 | Quema 2 | 09°34'13,18" N | 73°19'56.72" W | Hojas secas | --- | 3 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 9 | E.D.S TERPEL | 09°34'19,3" N | 73°19'31,1" W | --- | --- | --- | Venta de ACPM y Gasolina, está ubicada a la salida asía Becerril con un gran flujo de tracto mulas |
| 10 | Quema 3 | 09°34'16,07" N | 73°19'54,3" W | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 11 | Venta Gasolina | 09°34'22,6" N | 73°19'37,4" W | --- | --- | --- | Salida asía la Loma, se tiene en cuenta la tensión de vapor de la gasolina ya que es bastante elevada a la temperatura ambiente y permite que esta se evapore con facilidad por lo que se tiene un notable y continuo desprendimiento de vapores y toxicidad apreciable de esas emanaciones. |
| 12 | Restaurante 1 (pequeño) | 09°34'14" N | 73°19'37,9" W | Carbón y Gas Natural | --- | 12 kg/día - 6m3/día | Restaurante El Rancho: Ubicado en la salida asía la Loma, en este restaurante utilizan gas natural y carbón con un promedio de 12 kg/día, no tienen chimenea y la hora pico es de 12:00 AM a 2:00 PM. |
| 13 | Construcción 6 (Grande) | 09°34'19,4" N | 73°19'37" W | --- | 140 m2 | --- | Material de esponjamiento de suelo: Descargue de material para esponjamiento de suelo, ubicado en la salida a la Loma. |
| 14 | Construcción 7 (Pequeña) | 09°34'09,8" N | 73°19'33" W | --- | 90 m2 | --- | Obra en remodelación: Ubicada en el barrio Galán, Diagonal 1 con transversal 1C. En esta fuente se genera polución por el uso y manipulación de cemento y arena, |
| 15 | Restaurante 2 (pequeño) | 09°34'04,4" N | 73°19'42" W | Carbón | --- | 12 kg/día | Restaurante Donde Leidy: Barrio Galán, diagonal 1 # transversal 1C-175, en este restaurante utilizan carbón (12 kg/día en promedio) para la preparación de alimento, la hora pico es de 11:30 AM a 2:00 PM y se observa la cenizas que se genera en la combustión del carbón. |
| 16 | Restaurante 3 (Grande) | 09°33'57" N | 73°19'48,3" W | Gas Natural | --- | 18m3/día | Restaurante Menú Urbano: Dedicado la preparación y venta de alimentos, ubicado en la Av. Diagonal 1 # 1F-92 en este restaurante utilizan gas natural, la hora pico es de 11:00 AM a 2:00 PM. |
| 17 | Quema 4 | 9°34'17.78"N | 73°19'53.17"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 18 | E.D.S Jorge E. Ricardo | 09°33'56,5" N | 73°19'50" W | --- | --- | --- | E.D.S. Jorge. E. Ricardo: Venta de ACPM, Gasolina, taller y lavadero de vehículos, ubicado en la AV diagonal 1 frente al restaurante Don Alfonso barrio la Y. |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|----|----------------------------|---------------|---------------|------------------|------|-----------|---|
| 19 | Restaurante 4 (pequeño) | 09°33'55,4" N | 73°19'53" W | Gas Natural | --- | 8 m3/día | Restaurante Lily: Dedicado la preparación y venta de alimentos, ubicado en el barrio la Y diagonal 1 con calle 12 esquina, en este restaurante utilizan gas natural, la hora pico es de 11:00 AM a 2:00 PM. |
| 20 | Restaurante 5 (pequeño) | 09°33'55" N | 73°19'54" W | Carbón | --- | 10 kg/día | Restaurante Doña Flor: Dedicado la preparación y venta de alimentos, ubicado en el barrio la Y diagonal 1 # 12-37, en este restaurante utilizan carbón generando cenizas y humo al ambiente, la hora pico es de 12:00 AM a 2:00 PM. |
| 21 | Restaurante 6 (pequeño) | 09°33'55" N | 73°19'55,4" W | Gas Natural | --- | 10 m3/día | OSLY: Dedicado la preparación y venta de comidas rápidas, ubicado en el barrio la Y diagonal 1 # 12-63, en este restaurante utilizan gas natural, no tienen chimenea, la hora pico es de 6:00 a 11:00 pm |
| 22 | Quema 5 | 9°34'7.89"N | 73°19'56.52"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 23 | Restaurante 7 (pequeño) | 09°33'55,4" N | 73°19'56,6" W | Gas Propano | --- | 2 m3/h | Frutera y restaurante El Paraíso: Diagonal 1 # transversal 2-64 al lado de la policía, para la preparación de alimentos utilizan gas propano (Tanque de gas de 40 libras) |
| 24 | Restaurante 8 (pequeño) | 09°33'53,4" N | 73°20'03,5" W | Gas Propano | --- | 1 m3/día | Asadero La Jagua: Diagonal 1 # 5-24, tipo de combustible gas propano de 100 lbs, tienen una chimenea de 3m de alto de 30cm ² la hora pico de preparación de alimento es de 11:30 AM a 2:00 PM y 6:00 PM a 11:00 PM. |
| 25 | Restaurante 9 (pequeño) | 09°33'52,4" N | 73°20'04,4" W | Carbón | --- | 15 kg/día | Venta de comidas en espacio público: Diagonal 1 con calle 6, en esta actividad se observa el humo y la ceniza que origina la combustión de carbón utilizado para la preparación de alimento con un promedio de 15 kg/día, con hora pico de 10:00 AM a 1:00 PM. |
| 26 | Quema 6 | 9°34'16.65"N | 73°19'52.57"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 27 | Restaurante 10 (Grande) | 09°33'52" N | 73°20'06" W | Gas Natural | --- | 18 m3/día | Restaurante El Paisa: Diagonal 1 # 6-23, barrio Ovelio Giménez, utilizan gas natural tienen extractor para los asados a la plancha, en este restaurante las actividades tienen hora pico de 07:00 AM a 9:00 AM de 10:30 AM a 2:00 PM y de 6:00 a 8:00 PM. |
| 28 | Restaurante 11 (pequeño)*4 | 09°33'51,2" N | 73°20'07,6" W | Carbón | --- | 32 kg/día | Venta de comidas en espacio público: Diagonal 1 # 6-47 Barrio Ovelio Giménez, hay 4 puestos seguidos de preparación de alimentos, en esta actividad se observa el humo y la ceniza que origina la combustión del carbón utilizado para la preparación de alimento con un promedio de 12 |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|----|--------------------------|---------------|---------------|----------------------|--------|---------------------|--|
| | | | | | | | kg/día C/U, con hora pico de 10:00 AM a 1:00 PM. |
| 29 | Quema 7 | 9°34'15.59"N | 73°19'50.06"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 30 | Restaurante 12 (Grande) | 09°33'50,5" N | 73°20'13,4" W | Carbón | --- | 18 kg/día | Asadero Oasis: diagonal 1 con carrera 9, se utiliza carbón para la preparación de alimentos, se observa la ceniza que se origina por la combustión del carbón tiene una chimenea de 3,5 m por 30cm ² y la hora pico es de 10:00 AM a 1:00 PM. |
| 31 | Restaurante 13 (pequeño) | 09°33'50,7" N | 73°20'13,5" W | Carbón y Gas Natural | --- | 10 kg/día - 6m3/día | Restaurante San Brass: Preparación y ventas de comidas rápidas ubicado en la Av. diagonal 1 con carrera 9, este restaurante funciona en las horas de la noche y utilizan gas natural y carbón para la preparación de asados (10 kg/día), tienen una chimenea de 3,5 en el patio. |
| 32 | Restaurante 14 (pequeño) | 09°33'48,7" N | 73°20'16,5" W | Gas Natural | --- | 12 m3/día | Restaurante y panadería el Portón paisa: Diagonal 1 con transversal 11, utilizan gas natural y tienen extractores. |
| 33 | Construcción 8 (Grande) | 09°33'42,3" N | 73°20'17,1" W | --- | 150 m2 | --- | Venta de material de construcción: Calle 5 con carrera 9, en esta actividad hay cargue y descargue de gravilla y ladrillos que emiten polución al ambiente. |
| 34 | Quema 8 | 9°34'13.54"N | 73°19'42.42"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 35 | Construcción 9 (pequeña) | 09°33'39" N | 73°20'01" W | --- | 86 m2 | --- | Construcción de local: Barrio Ovelio Giménez calle 6 # 4-40, manipulación de material de construcción, remoción de escombros y descargue de material. |
| 36 | Restaurante 15 (pequeño) | 09°33'40,1" N | 73°19'57" W | Gas Propano | --- | 2 m3/día | Restaurante y comidas rápidas Beraka: Preparación y ventas de comidas rápidas ubicado en carrera 3ª # 7 Av. Las palmas, este restaurante funciona en las horas de la noche y utilizan gas propano (40 lbs), la hora pico es de 6:00 PM a 11:00 PM. |
| 37 | Restaurante 16 (grande) | 09°33'53" N | 73°20'01,6" W | Carbón | --- | 20 kg/día | Restaurante el Sazón Costeño: Diagonal 1 con kra 5 av. Principal, utilizan carbón (20 kg/día en promedio) en anafes en la calle generando cenizas y humo, la hora pico de esta combustión es de 11:00 AM a 2:00 PM y de 5:30 PM a 9:30 PM. |
| 38 | Restaurante 16 (grande) | 09°33'53" N | 73°20'01,6" W | Carbón | --- | 20 kg/día | Restaurante el Sazón Santandereano: Diagonal 1 con kra 5 av. Principal, utilizan carbón (20 kg/día en promedio) en anafes en la calle generando cenizas y humo, la hora pico de esta combustión es de 11:00 AM a 2:00 PM y de 5:30 PM a 9:30 PM. |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|----|---------------------------|----------------|----------------|----------------------|-------|---------------------|---|
| 39 | Construcción 10 (pequeña) | 09°33'52,56" N | 73°20'02,39" W | --- | 80 m2 | --- | Construcción de vivienda: calle 11 # 5 - 57, generan escombros y contaminación por descargas y manipulación de material de construcción, no muestra licencia de contrato de obra. |
| 40 | E.D.S. La esperanza | 09°33'37,9" N | 73°20'56,8" W | --- | --- | --- | E.D.S. La Esperanza: está ubicada en la salida de la Jagua de Ibirico así como Las Palmitas. En esta estación de servicio hay un gran tráfico de tractomulas que generan contaminación porque el lugar está destapado y además hay derrame en la manipulación de ACPM por la actividad mecánica o llenado de combustible ACPM y Gasolina. |
| 41 | Construcción 11 (pequeña) | 09°33'55,9" N | 73°19'57" W | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda: tras la policía diagonal 2 transversal 3, esta fuente está ubicada al frente de una estación de monitoreo Hi-Vol PST y PM10 y por los descargos de material, utilizar cemento y arena para la construcción alteran las muestras de los monitoreos para esta estación |
| 42 | E.D.S. Serviminas | 09°34'17,1" N | 73°19'32" W | --- | --- | --- | E.D.S. SEVIMINAS: Venta de ACPM y Gasolina, está ubicada a la salida así como Becerril con un gran flujo de tractomulas |
| 43 | Quema 9 | 9°34'4.41"N | 73°19'51.06"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 44 | Restaurante 17 (grande) | 09°33'57,2" N | 73°19'49,8" W | Carbón y Gas Natural | --- | 15 kg/día - 9m3/día | Restaurante Donde Alfonso: Dedicado a la preparación y venta de alimentos, ubicado en la Av. Diagonal 1 con transversal 1H, en este restaurante utilizan gas natural y carbón, la hora pico es de 11:00 AM a 2:00 PM y de 6:00PM a 10:00 PM. |
| 45 | Restaurante 18 (grande) | 09°33'55,4" N | 73°19'56,2" W | Gas Propano | --- | 5 m3/día | Asadero Molí Broaster: Diagonal 1 # transversal 2-88, para la preparación de alimentos utilizan gas propano (Tanque de gas de 100 libras), tienen una chimenea de 3,5 m por 20cm ² |
| 46 | Restaurante 19 (pequeño) | 09°33'52,3" N | 73°20'04" W | Gas Natural | --- | 6 m3/día | Restaurante Doña Marta: Diagonal 1 # 6-03, barrio Ovelio Giménez, utilizan gas natural y no tienen chimenea, hora pico de 11:00 AM a 1:30 PM. |
| 47 | Construcción 12 (grande) | 09°33'49,8" N | 73°20'11,6" W | --- | 170m2 | --- | Acopio de Comerciantes: Mercado nuevo calle 8 con kra 8, se utiliza material de construcción como arena gravilla, cemento y maquinaria generando contaminación y escombros, también se nota el cargue y descargue de material. |
| 48 | Restaurante 20 (pequeño) | 09°33'39" N | 73°20'01" W | Gas Natural | --- | 6 m3/día | Restaurante y comidas rápidas Bless: Preparación y ventas de comidas rápidas ubicado en el barrio Ovelio Giménez calle 6 # 4-37, este restaurante funciona en las horas de la noche y utilizan gas natural, en el momento está en remodelación. |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|----|---------------------------|--------------|---------------|------------------|--------|----------|---|
| 49 | Construcción 13 (pequeña) | 9°34'8.05"N | 73°19'51.77"O | --- | 85 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 50 | Construcción 14 (pequeña) | 9°34'14.56"N | 73°19'48.67"O | --- | 55 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 51 | Construcción 15 (pequeña) | 9°34'15.39"N | 73°19'47.51"O | --- | 55 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 52 | Construcción 16 (pequeña) | 9°34'12.87"N | 73°19'45.96"O | --- | 65 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 53 | Construcción 17 (grande) | 9°34'9.19"N | 73°19'44.58"O | --- | 300 m2 | --- | Construcción parque recreativo |
| 54 | Quema 10 | 9°34'4.84"N | 73°19'49.06"O | Desechos urbanos | --- | 2 kg | Quema de basura domestica |
| 55 | Quema 11 | 9°34'9.92"N | 73°19'49.72"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 56 | Quema 12 | 9°34'11.38"N | 73°19'48.96"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 57 | Quema 13 | 9°34'5.25"N | 73°19'46.78"O | Desechos urbanos | --- | 2 kg | Quema de basura domestica |
| 58 | Quema 14 | 9°34'12.40"N | 73°19'50.67"O | Hojas secas | --- | 3 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 59 | Quema 15 | 9°34'6.71"N | 73°19'46.49"O | Hojas secas | --- | 3 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 60 | Construcción 18 (pequeña) | 9°33'56.77"N | 73°20'24.77"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 61 | Construcción 19 (pequeña) | 9°33'55.40"N | 73°20'22.01"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 62 | Quema 16 | 9°33'55.05"N | 73°20'23.16"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 63 | Quema 17 | 9°33'54.10"N | 73°20'24.01"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 64 | Construcción 20 (pequeña) | 9°33'54.97"N | 73°20'24.31"O | --- | 60 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 65 | Quema 18 | 9°33'53.20"N | 73°20'25.85"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 66 | Construcción 21 (pequeña) | 9°33'53.58"N | 73°20'27.03"O | --- | 60 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 67 | Quema 19 | 9°33'52.84"N | 73°20'28.72"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 68 | Quema 20 | 9°33'51.14"N | 73°20'25.47"O | Desechos urbanos | --- | 2 kg | Quema de basura domestica |
| 69 | Construcción 22 (pequeña) | 9°33'56.83"N | 73°20'23.86"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 70 | Quema 21 | 9°33'54.76"N | 73°20'29.75"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 71 | Construcción 23 (pequeña) | 9°33'54.85"N | 73°20'8.83"O | --- | 65 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 72 | Quema 22 | 9°33'56.47"N | 73°20'6.93"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 73 | Construcción 24 (grande) | 9°33'58.46"N | 73°20'3.79"O | --- | 250 m2 | --- | Construcción de parque |
| 74 | Quema 23 | 9°33'59.19"N | 73°20'3.14"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|----|---------------------------|--------------|---------------|------------------|--------|----------|---|
| | | | | | | | de desechos urbanos. |
| 75 | Quema 24 | 9°33'58.11"N | 73°20'5.01"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 76 | Quema 25 | 9°33'55.85"N | 73°20'3.71"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 77 | Quema 26 | 9°33'59.13"N | 73°20'0.58"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 78 | Quema 27 | 9°33'59.98"N | 73°19'58.03"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 79 | Quema 28 | 9°33'59.93"N | 73°19'59.68"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 80 | Construcción 25 (pequeña) | 9°33'58.17"N | 73°19'54.50"O | --- | 80 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 81 | Construcción 26 (pequeña) | 9°34'14.00"N | 73°19'56.78"O | --- | 80 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 82 | Quema 29 | 9°33'37.84"N | 73°20'17.14"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 83 | Quema 30 | 9°33'36.97"N | 73°20'17.71"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 84 | Quema 31 | 9°33'35.18"N | 73°20'12.94"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 85 | Quema 32 | 9°33'34.59"N | 73°20'13.59"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 86 | Quema 33 | 9°33'34.33"N | 73°20'12.53"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 87 | Quema 34 | 9°33'32.86"N | 73°20'8.12"O | Hojas secas | --- | 3 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 88 | Quema 35 | 9°33'37.65"N | 73°20'7.64"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 89 | Construcción 27 (pequeña) | 9°33'40.80"N | 73°20'4.97"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 90 | Construcción 28 (grande) | 9°33'43.31"N | 73°20'3.90"O | --- | 225 m2 | --- | Construcción de biblioteca municipal |
| 91 | Construcción 29 (pequeña) | 9°33'41.45"N | 73°20'5.95"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 92 | Quema 36 | 9°33'51.01"N | 73°20'6.48"O | Desechos urbanos | --- | 2 kg | Quema de basura domestica |
| 93 | Construcción 30 (pequeña) | 9°33'39.24"N | 73°20'10.04"O | --- | 40 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 94 | Construcción 31 (pequeña) | 9°33'49.38"N | 73°20'5.36"O | --- | 40 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 95 | Construcción 32 (pequeña) | 9°33'36.54"N | 73°20'13.18"O | --- | 65 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 96 | Construcción 33 (pequeña) | 9°33'45.40"N | 73°20'9.90"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de negocio |
| 97 | Construcción 34 | 9°33'50.28"N | 73°20'9.03"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|-----|---------------------------|--------------|---------------|------------------|-------|----------|---|
| | (pequeña) | | | | | | |
| 98 | Construcción 35 (pequeña) | 9°33'44.10"N | 73°20'16.16"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 99 | Quema 37 | 9°33'41.28"N | 73°20'20.52"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 100 | Construcción 36 (pequeña) | 9°33'36.94"N | 73°19'51.66"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 101 | Construcción 37 (pequeña) | 9°33'40.33"N | 73°19'54.14"O | --- | 40 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 102 | Quema 38 | 9°33'47.00"N | 73°19'50.39"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 103 | Quema 39 | 9°33'48.19"N | 73°19'50.63"O | Desechos urbanos | --- | 2 kg | Quema de basura domestica |
| 104 | Quema 40 | 9°33'50.64"N | 73°19'48.96"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 105 | Quema 41 | 9°33'50.39"N | 73°19'48.01"O | Desechos urbanos | --- | 3 kg | Quema de basura domestica |
| 106 | Construcción 38 (pequeña) | 9°33'50.27"N | 73°19'47.14"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 107 | Quema 42 | 9°33'48.93"N | 73°19'44.24"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 108 | Quema 43 | 9°33'47.15"N | 73°19'43.08"O | Desechos urbanos | --- | 2 kg | Quema de basura domestica |
| 109 | Quema 44 | 9°33'49.51"N | 73°19'42.71"O | Desechos urbanos | --- | 3 kg | Quema de basura domestica |
| 110 | Quema 45 | 9°33'39.63"N | 73°19'41.96"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 111 | Quema 46 | 9°33'38.68"N | 73°19'43.27"O | Hojas secas | --- | 3 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 112 | Construcción 39 (pequeña) | 9°33'49.29"N | 73°19'41.33"O | --- | 90 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 113 | Construcción 40 (pequeña) | 9°33'38.45"N | 73°19'43.02"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 114 | Construcción 41 (pequeña) | 9°33'43.25"N | 73°19'48.84"O | --- | 60 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 115 | Construcción 42 (pequeña) | 9°33'39.96"N | 73°19'45.30"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 116 | Construcción 43 (pequeña) | 9°33'43.20"N | 73°19'45.08"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 117 | Quema 47 | 9°33'45.51"N | 73°19'46.96"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 118 | Quema 48 | 9°33'54.22"N | 73°19'45.28"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 119 | Construcción 44 (pequeña) | 9°33'40.76"N | 73°20'0.47"O | --- | 60 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 120 | Construcción 45 (pequeña) | 9°33'40.82"N | 73°20'3.08"O | --- | 80 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 121 | Construcción 46 | 9°33'41.83"N | 73°20'9.00"O | --- | 80 m2 | --- | Construcción de vivienda |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|-----|---------------------------|--------------|---------------|------------------|-------|----------|---|
| | (pequeña) | | | | | | |
| 122 | Construcción 47 (pequeña) | 9°33'41.58"N | 73°19'56.40"O | --- | 60 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 123 | Construcción 48 (pequeña) | 9°33'41.93"N | 73°20'11.84"O | --- | 60 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 124 | Quema 49 | 9°33'47.82"N | 73°20'18.91"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 125 | Quema 50 | 9°33'47.68"N | 73°20'18.50"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 126 | Construcción 49 (pequeña) | 9°33'44.60"N | 73°19'54.42"O | --- | 65 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 127 | Construcción 50 (pequeña) | 9°33'46.61"N | 73°20'6.00"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 128 | Quema 51 | 9°33'48.54"N | 73°20'10.02"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 129 | Construcción 51 (pequeña) | 9°33'46.53"N | 73°19'52.99"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 130 | Construcción 52 (pequeña) | 9°33'49.86"N | 73°20'2.81"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 131 | Construcción 53 (pequeña) | 9°33'49.51"N | 73°20'3.95"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 132 | Construcción 54 (pequeña) | 9°33'51.52"N | 73°20'7.05"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 133 | Construcción 55 (pequeña) | 9°33'48.88"N | 73°19'55.16"O | --- | 90 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 134 | Construcción 56 (pequeña) | 9°33'48.97"N | 73°19'53.65"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 135 | Quema 52 | 9°33'50.22"N | 73°19'55.28"O | Desechos urbanos | --- | 3 kg | Quema de basura domestica |
| 136 | Construcción 57 (pequeña) | 9°34'8.48"N | 73°20'25.55"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 137 | Construcción 58 (pequeña) | 9°34'5.18"N | 73°20'24.54"O | --- | 55 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 138 | Construcción 59 (pequeña) | 9°34'2.08"N | 73°20'24.43"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 139 | Quema 53 | 9°34'3.60"N | 73°20'28.50"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 140 | Construcción 60 (pequeña) | 9°34'4.72"N | 73°20'28.02"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 141 | Quema 54 | 9°34'4.07"N | 73°20'27.49"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 142 | Quema 55 | 9°34'4.58"N | 73°20'26.53"O | Desechos urbanos | --- | 2 kg | Quema de basura domestica |
| 143 | Quema 56 | 9°34'3.41"N | 73°20'32.60"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|-----|---------------------------|--------------|---------------|------------------|-------|----------|---|
| | | | | | | | de desechos urbanos. |
| 144 | Quema 57 | 9°34'5.70"N | 73°20'23.06"O | Desechos urbanos | --- | 2 kg | Quema de basura domestica |
| 145 | Quema 58 | 9°34'6.25"N | 73°20'21.06"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 146 | Construcción 61 (pequeña) | 9°34'7.37"N | 73°20'17.45"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 147 | Quema 59 | 9°34'8.25"N | 73°20'17.74"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 148 | Quema 60 | 9°34'8.58"N | 73°20'16.85"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 149 | Construcción 62 (pequeña) | 9°34'4.03"N | 73°20'21.60"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 150 | Construcción 63 (pequeña) | 9°33'57.86"N | 73°20'29.48"O | --- | 95 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 151 | Quema 61 | 9°34'0.24"N | 73°20'22.12"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 152 | Quema 62 | 9°34'0.39"N | 73°20'21.04"O | Desechos urbanos | --- | 2 kg | Quema de basura domestica |
| 153 | Quema 63 | 9°34'2.85"N | 73°20'16.00"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 154 | Quema 64 | 9°34'3.50"N | 73°20'14.66"O | Hojas secas | --- | 3 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 155 | Quema 65 | 9°34'1.29"N | 73°20'15.12"O | Hojas secas | --- | 3 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 156 | Quema 66 | 9°33'59.07"N | 73°20'15.71"O | Hojas secas | --- | 1 Kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 157 | Quema 67 | 9°33'55.85"N | 73°20'18.06"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 158 | Quema 68 | 9°33'54.76"N | 73°20'17.53"O | Desechos urbanos | --- | 2 kg | Quema de basura domestica |
| 159 | Quema 69 | 9°33'48.96"N | 73°20'19.41"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 160 | Quema 70 | 9°33'51.76"N | 73°20'23.58"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 161 | Quema 71 | 9°33'56.29"N | 73°20'23.71"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 162 | Construcción 64 (pequeña) | 9°34'2.71"N | 73°20'16.71"O | --- | 90 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 163 | Construcción 65 (pequeña) | 9°33'53.11"N | 73°20'15.76"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 164 | Construcción 66 (pequeña) | 9°34'3.07"N | 73°20'21.39"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 165 | Construcción 67 (pequeña) | 9°33'53.17"N | 73°20'25.45"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 166 | Construcción 68 (pequeña) | 9°33'57.12"N | 73°20'31.76"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|-----|---------------------------|--------------|---------------|------------------|-------|----------|---|
| 167 | Construcción 69 (pequeña) | 9°33'53.87"N | 73°20'34.40"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 168 | Construcción 70 (pequeña) | 9°33'52.21"N | 73°20'30.82"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 169 | Quema 72 | 9°33'59.13"N | 73°20'32.45"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 170 | Quema 73 | 9°33'56.07"N | 73°20'34.18"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 171 | Quema 74 | 9°33'51.80"N | 73°20'31.44"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 172 | Quema 75 | 9°33'51.17"N | 73°20'19.30"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 173 | Quema 76 | 9°34'8.64"N | 73°20'8.05"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 174 | Quema 77 | 9°34'8.87"N | 73°20'4.87"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 175 | Quema 78 | 9°34'11.13"N | 73°20'5.45"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 176 | Quema 79 | 9°34'11.70"N | 73°20'13.09"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 177 | Quema 80 | 9°34'12.11"N | 73°20'14.99"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 178 | Quema 81 | 9°34'15.53"N | 73°20'11.63"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 179 | Quema 82 | 9°34'12.89"N | 73°20'8.57"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 180 | Quema 83 | 9°34'4.86"N | 73°19'56.27"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 181 | Quema 84 | 9°34'14.08"N | 73°20'4.02"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 182 | Quema 85 | 9°34'15.91"N | 73°20'2.23"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 183 | Quema 86 | 9°34'18.20"N | 73°20'3.87"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 184 | Quema 87 | 9°34'12.30"N | 73°19'59.19"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 185 | Quema 88 | 9°34'15.26"N | 73°19'58.96"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 186 | Construcción 71 (pequeña) | 9°34'9.43"N | 73°20'11.88"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 187 | Construcción 72 (pequeña) | 9°34'10.82"N | 73°20'14.62"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 188 | Construcción 73 (pequeña) | 9°34'14.70"N | 73°20'10.48"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 190 | Construcción 74 (pequeña) | 9°34'13.23"N | 73°20'5.55"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|-----|---------------------------|--------------|---------------|------------------|-------|----------|---|
| 191 | Construcción 75 (pequeña) | 9°34'17.83"N | 73°20'1.70"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 192 | Construcción 76 (pequeña) | 9°34'17.13"N | 73°19'59.09"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 193 | Construcción 77 (pequeña) | 9°34'21.21"N | 73°19'48.68"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 194 | Construcción 78 (pequeña) | 9°34'20.84"N | 73°19'49.31"O | --- | 60 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 195 | Construcción 79 (pequeña) | 9°34'19.78"N | 73°19'47.08"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 196 | Construcción 80 (pequeña) | 9°34'22.03"N | 73°19'44.00"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 197 | Construcción 81 (pequeña) | 9°34'24.76"N | 73°19'45.55"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 198 | Construcción 82 (pequeña) | 9°34'27.85"N | 73°19'44.91"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 199 | Construcción 83 (pequeña) | 9°34'28.83"N | 73°19'40.78"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 200 | Construcción 84 (pequeña) | 9°34'31.03"N | 73°19'38.28"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 201 | Construcción 85 (pequeña) | 9°34'26.32"N | 73°19'38.03"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 202 | Construcción 86 (pequeña) | 9°34'18.78"N | 73°19'41.10"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 203 | Quema 89 | 9°34'18.95"N | 73°19'46.30"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 204 | Quema 90 | 9°34'12.67"N | 73°19'40.74"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 205 | Quema 91 | 9°34'23.71"N | 73°19'44.98"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 206 | Quema 92 | 9°34'20.70"N | 73°19'42.33"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 207 | Quema 93 | 9°34'27.31"N | 73°19'42.73"O | Hojas secas | --- | 3 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 208 | Quema 94 | 9°34'30.78"N | 73°19'41.71"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 209 | Quema 95 | 9°34'28.47"N | 73°19'36.94"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 210 | Quema 96 | 9°34'24.51"N | 73°19'38.91"O | Desechos urbanos | --- | 2 kg | Quema de basura domestica |
| 211 | Quema 97 | 9°33'34.47"N | 73°19'41.34"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 212 | Quema 98 | 9°33'34.76"N | 73°19'36.64"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|-----|----------------------------|--------------|---------------|------------------|--------|----------|---|
| 213 | Quema 99 | 9°33'31.22"N | 73°19'39.28"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 214 | Quema 100 | 9°33'30.29"N | 73°19'41.38"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 215 | Construcción 87 (pequeña) | 9°33'33.35"N | 73°19'39.21"O | --- | 40 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 216 | Construcción 88 (pequeña) | 9°33'35.80"N | 73°19'41.09"O | --- | 65 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 217 | Construcción 89 (pequeña) | 9°33'32.08"N | 73°19'51.31"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de negocio |
| 218 | Construcción 90 (pequeña) | 9°33'33.84"N | 73°19'58.04"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 219 | Construcción 91 (pequeña) | 9°33'33.85"N | 73°19'59.97"O | --- | 80 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 220 | Construcción 92 (grande) | 9°33'34.41"N | 73°20'3.47"O | --- | 280 m2 | --- | Pavimentación de carretera |
| 221 | Construcción 93 (pequeña) | 9°33'32.90"N | 73°19'57.59"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 222 | Construcción 94 (pequeña) | 9°33'29.96"N | 73°19'59.20"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 223 | Construcción 95 (pequeña) | 9°33'29.37"N | 73°19'54.27"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 224 | Construcción 96 (pequeña) | 9°33'24.99"N | 73°19'53.81"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 225 | Construcción 97 (pequeña) | 9°33'22.31"N | 73°19'44.96"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 226 | Construcción 98 (pequeña) | 9°33'18.21"N | 73°19'44.56"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 227 | Construcción 99 (pequeña) | 9°33'29.55"N | 73°19'48.04"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 228 | Construcción 100 (pequeña) | 9°33'11.36"N | 73°19'48.97"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 229 | Construcción 101 (pequeña) | 9°33'18.34"N | 73°19'54.09"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 230 | Construcción 102 (pequeña) | 9°33'12.65"N | 73°19'54.86"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 231 | Construcción 103 (pequeña) | 9°33'15.45"N | 73°20'1.55"O | --- | 60 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 232 | Construcción 104 (pequeña) | 9°33'7.59"N | 73°19'55.94"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 233 | Construcción 105 (pequeña) | 9°33'25.71"N | 73°20'0.39"O | --- | 70 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 234 | Construcción 106 (pequeña) | 9°33'27.84"N | 73°20'16.24"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|-----|----------------------------|--------------|---------------|------------------|-------|----------|---|
| 235 | Construcción 107 (pequeña) | 9°33'23.71"N | 73°20'12.23"O | --- | 50 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 236 | Construcción 108 (pequeña) | 9°33'25.93"N | 73°20'5.22"O | --- | 30 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 237 | Construcción 109 (pequeña) | 9°33'21.82"N | 73°20'0.38"O | --- | 45 m2 | --- | Construcción de vivienda |
| 238 | Quema 101 | 9°33'43.53"N | 73°20'20.62"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 239 | Quema 102 | 9°33'39.73"N | 73°20'19.54"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 240 | Quema 103 | 9°33'36.08"N | 73°20'21.50"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 241 | Quema 104 | 9°33'34.37"N | 73°20'17.09"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 242 | Quema 105 | 9°33'32.58"N | 73°20'15.45"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 243 | Quema 106 | 9°33'29.05"N | 73°20'15.79"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 244 | Quema 107 | 9°33'25.96"N | 73°20'15.04"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 245 | Quema 108 | 9°33'21.71"N | 73°20'5.69"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 246 | Quema 109 | 9°33'21.84"N | 73°20'2.88"O | Hojas secas | --- | 3 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 247 | Quema 110 | 9°33'15.31"N | 73°20'3.47"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 248 | Quema 111 | 9°33'17.75"N | 73°20'1.27"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 249 | Quema 112 | 9°33'20.99"N | 73°19'59.24"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 250 | Quema 113 | 9°33'17.90"N | 73°19'57.21"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 251 | Quema 114 | 9°33'13.60"N | 73°19'56.14"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 252 | Quema 115 | 9°33'8.66"N | 73°19'57.86"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 253 | Quema 116 | 9°33'9.51"N | 3°19'51.85"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 254 | Quema 117 | 9°33'14.64"N | 73°19'52.06"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 255 | Quema 118 | 9°33'11.17"N | 3°19'46.03"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 256 | Quema 119 | 9°33'6.98"N | 73°19'43.43"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 257 | Quema 120 | 9°33'14.44"N | 73°19'45.25"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 258 | Quema 121 | 9°33'16.50"N | 73°19'48.21"O | Hojas secas | --- | 2 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |

| No | Fuente | Coordenadas | | Tipo combustible | Área | Cantidad | Observaciones |
|-----|-----------|--------------|---------------|------------------|------|----------|---|
| 259 | Quema 122 | 9°33'21.13"N | 73°19'50.37"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 260 | Quema 123 | 9°33'25.99"N | 73°19'51.05"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 261 | Quema 124 | 9°33'24.32"N | 73°19'47.74"O | Desechos urbanos | --- | 1 kg | Quema de basura domestica |
| 262 | Quema 125 | 9°33'20.42"N | 73°19'45.24"O | Hojas secas | --- | 3 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |
| 263 | Quema 126 | 9°33'26.37"N | 73°19'45.20"O | Hojas secas | --- | 1 kg | Quema de vegetación seca, no se observan cenizas de desechos urbanos. |

ANEXO C. Base de datos fuentes móviles

Vía tipo 1 (aforo promedio diario)

| Cada 15 minutos | Vehículos livianos | | | Vehículos medianos | | Vehículos pesados | | | |
|-----------------|--------------------|-------------|-------|--------------------|------------|-------------------|----------|------------|-------------------|
| | Motos | Automóviles | Taxis | Camionetas | Camionetas | Bus/Buseta | Camiones | Tractomula | Maquinaria pesada |
| 00:15 - 00:30 | 72 | 10 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 | 1 | 0 |
| 01:00 - 01:15 | 49 | 18 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 02:15 - 02:30 | 44 | 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 03:15 - 03:30 | 14 | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 04:30 - 04:45 | 39 | 17 | 0 | 3 | 1 | 15 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 - 05:45 | 58 | 23 | 1 | 1 | 2 | 0 | 7 | 4 | 0 |
| 06:00 - 06:15 | 115 | 35 | 0 | 1 | 5 | 2 | 6 | 3 | 0 |

| Cada 15 minutos | Vehículos livianos | | | Vehículos medianos | | Vehículos pesados | | | |
|-----------------|--------------------|-------------|-------|--------------------|----------------|-------------------|----------|------------|-------------------|
| | Motos | Automóviles | Taxis | Camionetas | Camioneta mina | Bus/Buseta | Camiones | Tractomula | Maquinaria pesada |
| 07:15 - 07:30 | 197 | 42 | 0 | 2 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| 08:15 - 08:30 | 182 | 40 | 0 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 0 |
| 09:00 - 09:15 | 205 | 47 | 0 | 3 | 1 | 4 | 2 | 3 | 0 |
| 10:00 - 10:15 | 236 | 30 | 0 | 3 | 4 | 1 | 4 | 1 | 0 |
| 11:30 - 11:45 | 263 | 46 | 1 | 2 | 1 | 0 | 7 | 1 | 0 |
| 12:15 - 12:30 | 259 | 51 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 | 0 |
| 13:15 - 13:30 | 198 | 36 | 0 | 4 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| 14:30 - 14:45 | 175 | 35 | 1 | 2 | 0 | 3 | 5 | 1 | 0 |
| 15:30 - 15:45 | 221 | 27 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 |
| 16:30 - 16:45 | 210 | 25 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 |
| 17:00 - 17:15 | 203 | 34 | 0 | 3 | 4 | 5 | 2 | 1 | 0 |
| 18:15 - 18:30 | 238 | 42 | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| 19:30 - 19:45 | 220 | 38 | 0 | 4 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| 20:45 - 20:00 | 189 | 33 | 0 | 4 | 1 | 3 | 5 | 1 | 0 |

| Cada 15 minutos | Vehículos livianos | | | Vehículos medianos | | Vehículos pesados | | | |
|-----------------|--------------------|-------------|-------|--------------------|----------------|-------------------|----------|------------|-------------------|
| | Motos | Automóviles | Taxis | Camionetas | Camioneta mina | Bus/Buseta | Camiones | Tractomula | Maquinaria pesada |
| 21:00 - 21:15 | 175 | 25 | 0 | 3 | 3 | 1 | 4 | 0 | 0 |
| 22:15 - 22:30 | 138 | 20 | 0 | 5 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 23:30 - 23:45 | 102 | 13 | 0 | 2 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 |

Vía tipo 2 (aforo promedio diario)

| Cada 15 minutos | Vehículos livianos | | | | | Vehículos pesados | | | |
|-----------------|--------------------|-------------|-------|------------|----------------|-------------------|----------|------------|-------------------|
| | Motos | Automóviles | Taxis | Camionetas | Camioneta mina | Bus/Buseta | Camiones | Tractomula | Maquinaria pesada |
| 00:30 - 00:45 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01:45 - 01:00 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:00 - 02:15 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:15 - 03:30 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:30 - 04:45 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:30 - 05:45 | 5 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:30 - 06:45 | 9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:30 - 07:45 | 20 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08:30 - 08:45 | | | | | | | | | |

| Cada 15 minutos | Vehículos livianos | | | | | Vehículos pesados | | | | |
|-----------------|--------------------|-------------|-------|------------|----------------|-------------------|----------|------------|-------------------|--|
| | Motos | Automóviles | Taxis | Camionetas | Camioneta mina | Bus/Buseta | Camiones | Tractomula | Maquinaria pesada | |
| | 23 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 09:30 - 09:45 | 25 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 10:30 - 10:45 | 31 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 11:30 - 11:45 | 31 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 12:30 - 12:45 | 21 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 13:30 - 13:45 | 33 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 14:30 - 14:45 | 25 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 15:30 - 15:45 | 22 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 16:30 - 16:45 | 27 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 17:30 - 17:45 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 18:30 - 18:45 | 39 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 19:30 - 19:45 | 35 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 20:30 - 20:45 | 32 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 21:30 - 21:45 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

| Cada 15 minutos | Vehículos livianos | | | | | Vehículos pesados | | | |
|-----------------|--------------------|-------------|-------|------------|----------------|-------------------|----------|------------|-------------------|
| | Motos | Automóviles | Taxis | Camionetas | Camioneta mina | Bus/Buseta | Camiones | Tractomula | Maquinaria pesada |
| 22:00 - 22:15 | 12 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23:15 - 23:30 | 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Vía tipo 3 (aforo promedio diario)

| Cada 15 minutos | Vehículos livianos | | | | | Vehículos pesados | | | |
|-----------------|--------------------|-------------|-------|------------|----------------|-------------------|----------|------------|-------------------|
| | Motos | Automóviles | Taxis | Camionetas | Camioneta mina | Bus/Buseta | Camiones | Tractomula | Maquinaria pesada |
| 00:15 - 00:30 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01:15 - 01:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02:30 - 02:45 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 03:30 - 03:45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04:00 - 04:15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05:15 - 05:30 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06:15 - 06:30 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07:00 - 07:15 | 16 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 08:00 - 08:15 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 09:30 - 09:45 | | | | | | | | | |

| Cada 15 minutos | Vehículos livianos | | | | | Vehículos pesados | | | | |
|-----------------|--------------------|-------------|-------|------------|----------------|-------------------|----------|------------|-------------------|--|
| | Motos | Automóviles | Taxis | Camionetas | Camioneta mina | Bus/Buseta | Camiones | Tractomula | Maquinaria pesada | |
| | 22 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 10:15 - 10:30 | 19 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 11:15 - 11:30 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 12:30 - 12:45 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 13:30 - 13:45 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 14:30 - 14:45 | 10 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 15:00 - 15:15 | 29 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 16:15 - 16:30 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 17:30 - 17:45 | 36 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 18:45 - 18:00 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 19:00 - 19:15 | 19 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 20:15 - 20:30 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 21:30 - 21:45 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 22:30 - 22:45 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

| Cada 15 minutos | Vehículos livianos | | | | | Vehículos pesados | | | |
|-----------------|--------------------|-------------|-------|------------|----------------|-------------------|----------|------------|-------------------|
| | Motos | Automóviles | Taxis | Camionetas | Camioneta mina | Bus/Buseta | Camiones | Tractomula | Maquinaria pesada |
| 23:30 - 23:45 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |