

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto:

“DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE RED DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.

Autora: Cristina Isabel Tapia Jara

Tutora: MsC. Julia Guadalupe Calahorrano González

Riobamba – Ecuador

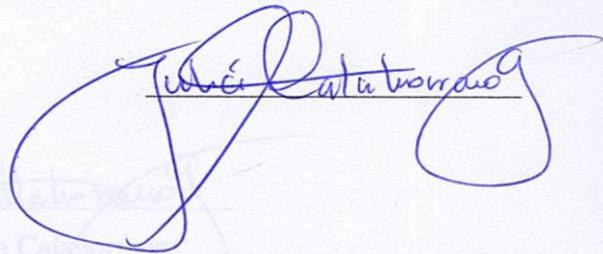
Año 2019

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de tema: **“DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE RED DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**. Presentado por: Cristina Isabel Tapia Jara y dirigida por: Dra. Julia Calahorrano G.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la facultad de Ingeniería de la UNACH. Para constancia de lo expuesto firman:

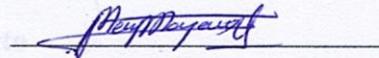
Dra. Julia Calahorrano

Tutor del Proyecto

A large, stylized handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line. The signature is highly cursive and loops around the line.

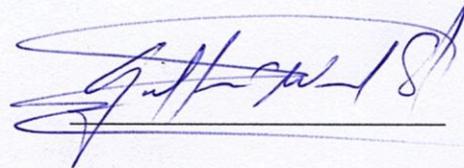
Dra. Mery Manzano

Miembro del Tribunal

A handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line. The signature is more compact and less stylized than the one above.

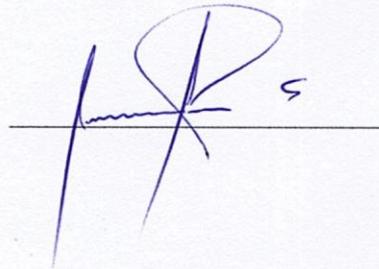
Dr. Guillermo Machado

Miembro del Tribunal

A handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line. The signature is very stylized and appears to be a mix of letters and symbols.

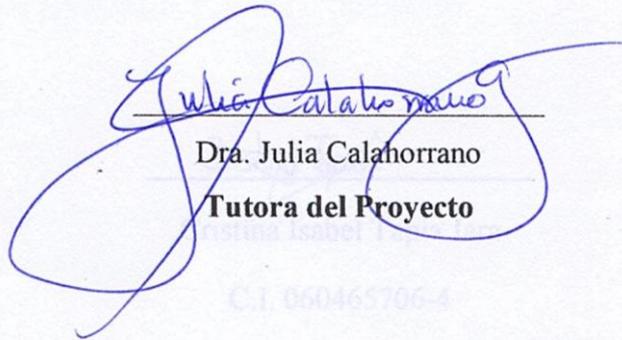
Ing. Iván Ríos

Delegado del Decano

A handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line. The signature is very stylized and appears to be a mix of letters and symbols.

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del grado de **INGENIERA AMBIENTAL**. Con el tema: **“DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE RED DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** ha sido elaborado por: **CRISTINA ISABEL TAPIA JARA**, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de tutora, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva. Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.

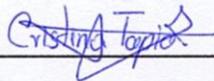


Dra. Julia Calahorrano
Tutora del Proyecto

C.I. 060465706-4

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, CRISTINA ISABEL TAPIA JARA, con C.I.060465706-4, estudiante de Ingeniería Ambiental soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas realizados en la presente investigación, titulada: “DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE RED DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA” dirigida por la tutora del proyecto, Dra. Julia Calahorrano. En virtud de ello, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de conclusiones, con el aporte de varios autores que se han referenciado adecuadamente en el contenido del documento.



Cristina Isabel Tapia Jara

C.I. 060465706-4

AGRADECIMIENTO

A la Dra. Julia Calahorrano, por haber dispuesto su tiempo para guiarme en la elaboración de este proyecto de investigación, de igual forma a los docentes, Dra. Mery Manzano y Dr. Guillermo Machado por su apoyo en el desarrollo del presente trabajo.

A la Dirección de Gestión y Calidad Ambiental del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, a nombre de la Ing. María Alexandra Salazar, directora, por su apoyo técnico.

A la Dirección de Control y Calidad Ambiental de la Municipalidad de Ambato, especialmente a la Ing. Fernanda Noboa, técnica de gestión ambiental y encargada de la estación de calidad de aire de Ambato por su ayuda técnica en esta investigación.

A mi cómplice, Fer, por ser luz, fuerza y energía, gracias por ser mi presente.

Y a todos quienes contribuyeron de una u otra forma para alcanzar un objetivo personal tan importante, como es mi titulación.

Cristina Isabel Tapia Jara

DEDICATORIA

Dedicado con mucho amor a mis padres, Martha y Fernando, por su ejemplo, apoyo y amor incondicional, gracias por darme libertad, confianza, cariño y sobre todo por el esfuerzo que hacen a diario por ver realizados a sus hijos. A mi hermano Daniel, por su generosidad, espero que el siguiente seas tú.

A mis abuelos, Blanquita, Aurora y Gonzalo por siempre tener los brazos abiertos para mí. A mi abuelito Manuel, un alquimista en el cielo. A mis tías y tíos que son segundos padres para mí.

Y a toda mi familia, porque la familia es donde la vida comienza y el amor nunca termina.

Los amo.

INDICE

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA.....	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.	2
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
3. ESTADO DEL ARTE RELACIONADA A LA TEMÁTICA.	3
3.1. Contaminantes del aire.....	3
3.2. Efectos sobre la salud	3
3.3. Fuentes de contaminación.....	6
3.3.1. Fuentes fijas.....	6
3.3.2. Fuentes móviles	6
3.4. Monitoreo Atmosférico.....	6
3.5. Red de Monitoreo Calidad de Aire.	6
3.6. Aspectos relevantes del diseño de una red de calidad de aire:	7
3.6.1. Objetivos del Monitoreo:.....	7
3.6.2. Escala del Monitoreo:.....	7
3.6.3. Parámetros a medir	7
3.6.4. Número y sitios de muestreo	8
3.6.5. Requisitos del sitio de muestreo	8
3.6.6. Tiempo de muestreo	8
3.6.7. Selección del equipo de muestreo	9
3.7. Tipos de muestreo	9
3.7.1. Muestreador pasivo	9
3.7.2. Muestreador activo	9
3.7.3. Muestreadores automáticos	9
3.7.4. Sensores Remotos.....	10

3.8. Monitoreo de calidad de aire en Ambato.....	10
4. METODOLOGÍA.....	11
4.1. Tipo de estudio	11
4.2. Área de estudio	11
4.3. Definición de los criterios de toma de decisión.....	11
4.3.1. Análisis meteorológico:.....	11
4.3.2. Aspectos topográficos.....	12
4.3.3. Fuentes de emisiones de contaminantes	13
4.3.4. Densidad poblacional	13
4.3.5. Monitoreo Actual.....	13
4.4. Método.....	14
4.4.1. Método de la cuadrícula:	14
4.4.2. Análisis multicriterio:.....	14
5. DISCUSIÓN Y RESULTADOS	15
5.1. Situación actual del monitoreo de calidad de aire en Cantón Ambato.....	15
5.1.1. Definición de actores.....	15
5.1.2. Monitoreo actual.....	17
5.2. Definición de criterios que determinan la ubicación de las estaciones de calidad del aire.....	19
5.2.1 Análisis meteorológico	19
5.2.1.1. Precipitación	19
5.2.1.2. Temperatura.....	21
5.2.1.3. Velocidad y Dirección del Viento	21
5.2.2. Aspectos topográficos.....	25
5.2.3. Fuentes de emisiones de contaminantes	27
5.2.3.1. Fuentes fijas.....	27
5.2.3.2. Fuentes móviles	28
5.2.4. Población	32
5.2.4.1. Densidad poblacional	33
5.2.4.2. Migración	34
5.2.5. Crecimiento urbano	34
5.2.6. Monitoreo Actual.....	35
5.3. Requerimientos mínimos para la conformación de la red de calidad del aire.....	37
5.3.1. Definición del área de monitoreo	37

5.3.2. Preselección de los puntos de monitoreo:.....	38
5.3.3. Selección de lugares de ubicación:	40
5.3.3.1. Flujo vehicular	40
5.3.3.2. Seguridad.....	42
5.3.3.3. Influencia de fuentes fijas.....	43
5.3.4. Puntos de monitoreo seleccionados	44
5.3.5. Inclusión de la estación de monitoreo actual a los puntos seleccionados	46
5.3.6. Accesibilidad al sitio	47
5.3.7. Distancia a obstáculos	48
6. PROPUESTA DE RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE	49
6.1. Objetivos principales del monitoreo de la red de calidad de aire.....	49
6.2. Escala de monitoreo adecuada.....	50
6.3. Estrategias de monitoreo.	50
6.3.1. Parámetros ambientales a medir	50
6.3.2. Frecuencia de monitoreo	50
6.3.3. Metodología.....	50
6.3.4. Selección de equipos	51
6.4. Estaciones de monitoreo.....	51
6.5. Localización de los sitios de monitoreo	51
6.6. Red Óptima.....	52
6.7. Red Mínima.....	53
6.8. Administración de la red	54
6.8.1. Recurso Humano	54
6.8.2. Operaciones para el funcionamiento de la red.....	55
6.8.3. Reportes y uso de los datos	55
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
7.1. Conclusiones.....	56
7.2. Recomendaciones	57
8. BIBLIOGRAFÍA.....	58
9. ANEXOS	60
9.1. Anexo 1. Registro de entrevista a la Técnica de la Estación de Calidad de Aire.....	60
9.2. Anexo 2. Registro de industrias CEPIA y CAPIT.	61
9.3. Anexo 3. Ubicación de cámaras de conteo vehicular del Municipio de Ambato.....	66

9.4. Anexo 4. Registro de servicios de transporte público y comercial del Cantón Ambato.	68
9.5. Anexo 5. Priorización por fuentes móviles.	69
9.6. Anexo 6. Conformación de la Red Óptima.	70
9.7. Anexo 7. Conformación de la Red Mínima.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de actores.....	17
Figura 2. Vehículos matriculados en Ambato en 2017.	31
Figura 3. Porcentaje de vehículos de transporte urbano (incluido el transporte estudiantil).	32
Figura 4. Organigrama de la red.....	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contaminantes criterio, fuente y efectos sobre la salud.	4
Tabla 2. Escala del monitoreo	7
Tabla 3. Actores involucrados.....	15
Tabla 4. Características de la estación de calidad aire en el cantón Ambato	17
Tabla 5. Promedio mensual de precipitación del periodo 2013 -2017de la estación Aeropuerto de Ambato.	20
Tabla 6. Promedio anual de Precipitación de cada estación del periodo 2013 – 2017.....	20
Tabla 7. Promedio anual de temperatura en °C del periodo 2013 - 2017.....	21
Tabla 8. Promedio anual de velocidad y dirección del viento del periodo 2013 - 2017.	22
Tabla 9. Número de industrias de acuerdo al Sector Industrial dentro del cantón Ambato.	27
Tabla 10. Población de la ciudad de Ambato, proyección 2020 y 2030.	33
Tabla 11. Población por zona urbana / rural en el cantón Ambato.	33
Tabla 12. Proyección poblacional (2030) zona urbana / zona rural	33
Tabla 13. Promedio mensual de las mediciones de calidad de aire en Ambato, 2018.....	35
Tabla 14. Promedio mensual de PMS mg / cm ² *30 días, del año 2018.....	37
Tabla 15. Ubicación de puntos pre-seleccionados priorizados.....	42
Tabla 16. Ubicación de los puntos seleccionados.	52

Tabla 17. Registro de Industrias de CEPIA y CAPIT.	61
Tabla 18. Ubicación de cámaras de conteo vehicular del Municipio de Ambato	66

INDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas del Cantón Ambato	19
Mapa 2. Velocidad y Dirección del Viento en el cantón Ambato 2013.....	23
Mapa 3. Velocidad y Dirección del Viento en el cantón Ambato 2014.....	23
Mapa 4. Velocidad y Dirección del Viento en el cantón Ambato 2015.....	24
Mapa 5. Velocidad y Dirección del Viento en el cantón Ambato 2016.....	24
Mapa 6. Velocidad y Dirección del Viento en el cantón Ambato 2013.....	25
Mapa 7. Morfometría del terreno del Cantón Ambato.	26
Mapa 8. Ubicación de Industrias o Fuentes fijas en Ambato.	28
Mapa 9. Transito diario promedio anual del centro de Ambato.....	29
Mapa 10. Prospección urbana para 2020 de Ambato y las cabeceras parroquiales rurales.	35
Mapa 11. Ubicación del área de monitoreo.....	38
Mapa 12. Codificación de los lugares de preselección.....	39
Mapa 13. Lugares de preselección.	39
Mapa 14. Puntos preseleccionados.....	40
Mapa 15. Priorización por fuentes móviles (TDPA).....	41
Mapa 16. Priorización de los puntos de preselección por seguridad.....	43
Mapa 17. Priorización por la influencia de las fuentes fijas.....	44
Mapa 18. Ubicación de los puntos seleccionados, resultado de la priorización.....	45
Mapa 19. Cobertura de las estaciones	46
Mapa 20. Conformación de la red de monitoreo de calidad de aire.....	47
Mapa 21. Red optima de calidad de aire.	53
Mapa 22. Red mínima de calidad de aire.	54

RESUMEN

Este estudio busca diseñar una propuesta de red de monitoreo de calidad de aire para Ambato, para lo cual se levantó toda la información disponible del monitoreo de la calidad de aire en la ciudad, así como información de las fuentes de contaminación, características meteorológicas, topográficas y demográficas, que permiten la ubicación de puntos de monitoreo de las estaciones de la red. Primero se utilizó el método de la cuadrícula, que realiza una malla que divide el área de estudio en cuadrados de 1 km de lado. Posteriormente se asignan puntos a cada vértice y se realiza una pre-selección de puntos, descartando los puntos que se ubiquen en cuerpos de agua y zonas no pobladas. Mediante el análisis multicriterio se filtran los puntos de la pre-selección frente a varios criterios de ubicación y los requerimientos mínimos de las estaciones, obteniendo así los puntos definitivos de ubicación de las estaciones. Se determinó la existencia de una única estación de monitoreo de calidad de aire, que funciona desde 2016 midiendo cuatro parámetros ambientales. Como resultado del análisis multicriterio, donde se colocó los criterios de ubicación frente a los requerimientos mínimos de la red, se determinó dos redes. La primera, la red óptima de monitoreo que está conformada por once estaciones que permitirán identificar el estado de la calidad de aire de la ciudad con mayor disponibilidad de datos y la segunda, la red mínima de monitoreo que está conformada por cuatro estaciones, con esta última, se obtendrán datos representativos de la calidad de aire en la ciudad con una inversión menor. En ambos casos las estaciones cubren la zona de monitoreo de forma eficaz.

ABSTRACT

This research is intended to design a proposal for a network of air quality monitoring in Ambato city, for which was all available information on air quality monitoring in the aforementioned city was collected, as well as information on pollution sources meteorological, topographic and demographic characteristics, which allow the location of monitoring points of stations of the network. First, the grid method was applied, which makes a mesh that divides the study area into squares of 1 km on each side. After, these points are assigned to each vertex and a pre-selection is made, discarding the points that are located in bodies of water and unpopulated areas. Through of the multicriteria analysis, the pre-selection points are filtered against several location criteria and the minimum requirements of the stations, obtaining the definitive points of location of the stations. The existence of a single air quality monitoring station was determined, which works since 2016 measuring four environmental parameters. As a result of the multicriteria analysis, two networks were determined. The first is the optimal monitoring network, which is made up of eleven stations that will allow the identification of the air quality status of the city with the greatest availability of data and the second, the minimum monitoring network that is made up of four stations, with this last, representative data of the air quality in the city will be obtained with a lower investment. In both cases the stations cover the monitoring area effectively.

Reviewed by: Granizo, Sonia



Language Center Teacher

1. INTRODUCCIÓN.

La fuerte presencia del sector de la industria, el comercio y la manufactura constituyen unas de las actividades de mayor relevancia económica para el Cantón Ambato y de gran importancia a nivel regional, agrupa un buen número de plantas industriales y es el abastecedor de productos, en su mayoría agrícolas, a los mercados de la región; el flujo vehicular que estas actividades generan, representa mayor cantidad de emisiones contaminantes a la atmosfera.

El principal impacto de la contaminación del aire es el que existe sobre la salud de la población que puede verse afectada con efectos crónicos y/o agudos cuando la exposición, se lleva a cabo a elevadas concentraciones, dañando a personas en buen estado de salud e incrementando las afectaciones a los grupos vulnerables como son los niños/niñas, ancianos, mujeres en estado de gestación y personas con enfermedades respiratorias y cardíacas.

El problema de la calidad de aire en nuestro país cada vez es más preocupante, principalmente en grandes y medianas ciudades, que atraviesan presiones por el incremento del flujo vehicular. Ambato no es la excepción, el parque automotor del cantón incrementó de 61.454 vehículos matriculados en 2016 a 63.194 vehículos matriculados en 2017; Ambato posee una población de 329.856 habitantes de acuerdo al INEC (2010) quienes reciben el impacto de las emisiones vehiculares.

Por lo expuesto anteriormente, nace la necesidad de monitorear la calidad de aire de Ambato y cuyo interés principal es medir y caracterizar dichas emisiones, permitiendo utilizar la red de calidad de aire como métodos de verificación del cumplimiento de las normas, o bien sustentar la creación de nuevas que garanticen la salud de la población y del ambiente.

La presente investigación busca diseñar una red de monitoreo de calidad de aire, que permita complementar y dar mayor cobertura al monitoreo de calidad de aire existente en el cantón, identificar y evaluar la exposición de la población a contaminantes comunes o criterio reconocido por la legislación ecuatoriana.

1.1.Planteamiento del Problema.

El estudio de las emisiones contaminantes en el Ecuador es reciente, se tienen datos en algunas ciudades desde hace dos décadas; Ambato destaca como una de las ciudades que retomó importancia a los temas de calidad de aire y ambiente (PNUMA, 2008); sin embargo la información sobre el monitoreo de la calidad de aire en años anteriores no se encuentra disponible o es limitada.

El monitoreo realizado en Ambato, busca mejorar el control de emisiones contaminantes a la atmosfera durante los últimos dos años, sin embargo presenta una baja cobertura, lo que genera el desconocimiento del estado actual de la calidad del aire en toda la ciudad y la continua contaminación atmosférica de la misma.

Es preciso analizar los criterios necesarios para el diseño de una red de calidad del aire, ya que en la actualidad no existe una propuesta similar a nivel cantonal. Es por esto que resulta relevante analizar los factores de toma de decisiones mediante un análisis multicriterio y, a través de varias herramientas de los Sistemas de Información Geográfica, definir los lugares potenciales de ubicación de las estaciones.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

Diseñar una propuesta de red de calidad del aire para el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

2.2. Objetivos específicos.

1. Diagnosticar la situación actual del monitoreo de calidad de aire del Cantón Ambato, como infraestructura de partida para la nueva red.
2. Definir los criterios que determinan los sitios más adecuados para la ubicación de las estaciones de calidad del aire.
3. Establecer los requerimientos mínimos para la conformación de la red de calidad del aire.

3. ESTADO DEL ARTE RELACIONADA A LA TEMÁTICA.

3.1. Contaminantes del aire.

El aire químicamente está compuesto por: nitrógeno (N₂) en un 78,09%, oxígeno (O₂) en un 20,94% y otros gases entre ellos el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄) en un 0,97%.

Y la contaminación del aire es la alteración de la composición normal del aire, por la presencia de sustancias ajenas a su naturaleza o a su concentración original, que lo hacen potencialmente dañino al hombre, plantas, animales, objetos y a sus propiedades (DM Quito, 2010).

También se define a la contaminación del aire como la presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente (NECA, 2011).

3.2. Efectos sobre la salud

Los efectos que los contaminantes causan en la salud son diferentes y el grado de afectación varía dependiendo de la edad de las personas. Los contaminantes comunes o criterio del aire ambiente, identificados en la legislación ecuatoriana, son los siguientes: partículas sedimentables, material particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 micrones (PM_{2.5}), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO) y ozono (O₃).

En la Tabla N°1. Se describen los contaminantes criterio, su origen y efectos sobre la salud.

Tabla 1. Contaminantes criterio, fuente y efectos sobre la salud.

Contaminante	Características	Fuente principal	Efectos sobre la salud
Monóxido de Carbono (CO).	El monóxido de carbono es un gas incoloro no irritante sin olor o sabor.	Proceso de combustión incompleta. Los vehículos a gasolina y diésel constituyen la fuente más importante	La exposición a altos niveles de monóxido de carbono puede llegar a ser letal e incluso respirar niveles más bajos de monóxido de carbono puede afectar la capacidad metabólica del cerebro y el corazón. (ATSDR, 2012)
Dióxido de Azufre (SO₂).	Gas incoloro de olor fuerte, puede oxidarse hasta SO ₃ y en presencia de agua formar H ₂ SO ₄ . Importante precursor de sulfatos e importante componente de partículas respirables.	Los procesos de combustión, centrales termoeléctricas, generadores eléctricos, procesos metalúrgicos, erupciones volcánicas y uso de fertilizantes.	La exposición a altas concentraciones produce dificultades para respirar y enfermedades como conjuntivitis, irritación de las vías respiratorias y los pulmones, también bronquitis, traqueítis y bronco espasmos (Oyarzúm M., 2010), agrava las enfermedades respiratorias existentes y cardiovasculares.
Óxidos de Nitrógeno (NO, NO₂, NO_x).	Es un gas rojizo marón, de olor fuerte y penetrante; el NO ₂ al entrar en contacto con el ambiente puede producir ácido nítrico, nitratos y compuestos orgánicos tóxicos.	Se origina de los procesos de combustión como los vehículos, plantas industriales, centrales térmicas e incineradores, entre otros.	Causa irritación pulmonar, bronquitis, pulmonía, reducción significativa de la resistencia respiratoria a las infecciones. Exposición continua a altas concentraciones incrementa la incidencia en enfermedades respiratorias en los niños, agrava afecciones en individuos asmáticos y enfermedades respiratorias crónicas (Oyarzúm M., 2010)

Material Particulado (PM₁₀).	Son materiales sólidos o gotas líquidas suspendidas en el aire, pueden presentarse como polvo, niebla, aerosoles, humo, hollín, etc.	Proviene de la erosión eólica, tráfico en vías sin pavimento y actividades de construcción procesos de combustión (industria y vehículos de automoción).	Produce irritación de las vías respiratorias, agrava el asma y favorece las enfermedades cardiovasculares. Se relaciona con la silicosis y asbestosis. Causa deterioro de la función respiratoria (corto plazo).
Material Particulado (PM₂₅).	Es el material particulado suspendido de diámetro menos a 2.5 µm.	Son generados por procesos de combustión (industrias, generación termoeléctrica), incendios forestales y quemas; purificación y procesamiento de metales	Las más pequeñas tienen la capacidad de ingresar al espacio alveolar o al torrente sanguíneo incrementando el riesgo de padecer enfermedades crónicas cardiovasculares y muerte prematura. (Oyarzúm M., 2010)

Fuente: (Secretaría de Ambiente, 2015)

Elaborado por: Cristina Tapia, 2018.

3.3. Fuentes de contaminación

3.3.1. Fuentes fijas

Las fuentes fijas se clasifican de acuerdo a las características físicas de la emisión en: Puntuales, que son las chimeneas de los equipos de combustión grandes; superficiales, tales como los depósitos de combustible y otros compuestos volátiles o rellenos sanitarios; y dispersas, en el caso de las canteras, incendios, procesos de tratamiento de materiales, uso doméstico de solventes o combustible (Páez C., 2008).

3.3.2. Fuentes móviles

Las fuentes móviles representan las emisiones provenientes de los vehículos, lo ideal sería clasificar las fuentes móviles en función del combustible que utilizan los vehículos, debido a que existen vehículos movidos por diésel, gasolina y otros combustibles denominados alternativos (Páez C., 2008).

3.4. Monitoreo Atmosférico

Se define como monitoreo atmosférico a todas las metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua las concentraciones de sustancias presente en el aire en un lugar establecido y durante un tiempo determinado (Guayasamín L., 2018).

El monitoreo del aire es un medio importante para identificar posibles problemas que impacten a la salud de la población y del ambiente causados por la alteración de la composición del aire (contaminación). Con el monitoreo del aire se obtienen bases científicas para desarrollar políticas y acciones de control de la contaminación, su uso es parte de la gestión de la calidad del aire, sumado a la realización de modelos de calidad del aire e inventarios de emisiones.

3.5. Red de Monitoreo Calidad de Aire.

Se reconoce como red de monitoreo de calidad de aire al conjunto de estaciones de muestreo, generalmente fijas y continuas, que se establecen para medir los parámetros ambientales necesarios para cumplir con los objetivos fijados y que cubren toda la extensión de un área determinada. Compara regularmente, concentraciones locales de parámetros ambientales con estándares de calidad del aire (Nava E. Simanacas R. & García C., 2014).

Una red de monitoreo de calidad de aire tiene como finalidad producir datos confiables sobre la concentración de contaminantes atmosféricos en el territorio que sirvan como insumo para la planificación, formulación, ejecución y evaluación de políticas y acciones orientadas al mejoramiento de la calidad del aire y difundir esta información en condiciones comprensibles para el público en general (Secretaría de Ambiente de Quito, 2011).

Estas definiciones tienen algo en común, sirven como instrumento que permite obtener datos confiables de parámetros ambientales ayudando a verificar el cumplimiento de la norma y parámetros establecidos, facilitando la toma de decisiones.

3.6. Aspectos relevantes del diseño de una red de calidad de aire:

3.6.1. Objetivos del Monitoreo:

Lo primero en el diseño e implementación de cualquier sistema de monitoreo es definir todos los objetivos que se pretenden y derivan de los requerimientos de los datos que se necesitan para llevarlos a cabo (Guayasamín L., 2018). Por lo general se contempla más de un objetivo.

3.6.2. Escala del Monitoreo:

La escala de monitoreo se refiere al área cubierta o representada por los datos capturados en el sitio (se puede variar según el contaminante objeto del monitoreo).

Tabla 2. Escala del monitoreo

Ubicación Conjunta de Equipos	1 a 10 m
Micro-Escala (cerca de la fuente)	10 a 100 m
Escala Media (gradientes referentes a fuentes como una carretera)	100 a 500 m
Escala Vecindario	500 m a 4 km
Escala Urbana	4 a 100 km
Escala Regional	100 a 1000 km

Fuente: (Landreneau J., 2009)

3.6.3. Parámetros a medir

Una vez establecidos los objetivos del monitoreo, se definirán los parámetros ambientales que se necesita medir para cumplirlos.

Existen muchos tipos de contaminantes que se descargan en el aire, la explicación se limita a los contaminantes atmosféricos comunes denominados criterio por la EPA: partículas, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono y ozono (Guayasamín L., 2018). Estos contaminantes se describen en la Tabla N°1.

3.6.4. Número y sitios de muestreo

Ya definidos los objetivos, parámetros y el área de estudio o escala de monitoreo, se deberá tomar como meta la localización temporal y distribución espacial de los puntos de monitoreo o de colección de muestras dentro del área de estudio, de manera que sean representativos de la calidad del aire de un lugar determinado para poder compararlos con parámetros de calidad de aire.

La ubicación de las estaciones se encontrará en función de los objetivos que se pretendan alcanzar y del área que se pretenda cubrir (Guayasamín L., 2018).

El número de estaciones se aplican dependiendo de la información con que se cuente cuando se va a implementar el estudio de monitoreo. Según, Martínez & Romieu (1997) citado por (Guayasamín L., 2018), en general el número final de estaciones se elige en función de: la población que habita el área de estudio, el tipo de zonas que conforman el área de estudio, los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles.

3.6.5. Requisitos del sitio de muestreo

Se toma en cuenta al seleccionar la ubicación de los sitios de muestreo, y principalmente cuando se pretenda instalar muestreadores activos o automáticos, algunas consideraciones prácticas que necesitan tener estos sitios como: fácil acceso, seguridad contra el vandalismo, infraestructura, estar libre de obstáculos Martínez & Romieu (1997) citado por (Guayasamín L., 2018).

3.6.6. Tiempo de muestreo

Martínez & Romieu (1997), menciona que el tiempo de muestreo dependerá del tipo de programa que se pretenda llevar a cabo. Lo primero que se tendrá que definir por cualquier tipo de programa de monitoreo será la duración del mismo. La frecuencia de muestreo y el tiempo de toma de muestra, se determinará para programas discontinuos en función de los

objetivos de monitoreo y de la calidad de los datos que se requiera. Citado en (Guayasamín L., 2018).

3.6.7. Selección del equipo de muestreo

WHO (199) Este puede variar en cuatro tipos, los cuales tienen un amplio rango de costos y niveles de precisión, por eso es importante elegir correctamente para no llegar a tener complicaciones innecesarias, como un pobre rendimiento de la red, limitada utilidad de datos y pérdida de dinero. Citado en (Guayasamín L., 2018).

3.7. Tipos de muestreo

3.7.1. Muestreador pasivo

El monitoreo pasivo se basa en la propiedad de difusión molecular de los gases, los cuales paran hacia el filtro sin aplicar la succión de aire, este filtro contiene una solución selectiva para cada contaminante. Posteriormente son analizados en el laboratorio (Guayasamín L., 2018).

3.7.2. Muestreador activo

Martinez & Romieu (1997) Este tipo de equipos requiere de energía eléctrica para bombear el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico. Citado en (Guayasamín L., 2018).

3.7.3. Muestreadores automáticos

Martinez & Romieu (1997) Utiliza métodos optoeléctricos, el aire muestreado entra en una cámara de reacción donde, ya sea por una propiedad óptica del gas que pueda medirse directamente o por una reacción química que produzca quimiluminiscencia, se mide esta luz por medio de un detector que produce una señal eléctrica proporcional a la concentración del contaminante. Citado en (Guayasamín L., 2018).

Estos equipos representan mayor costo y complejidad de operación, sin embargo facilitan la obtención de datos, requieren de infraestructura de apoyo y personal técnico necesario.

3.7.4. Sensores Remotos

Estos sensores proporcionan mediciones integradas de multicomponentes a lo largo de una trayectoria específica en la atmósfera y sistemas más complejos, pueden hasta proveer mediciones con rangos de resolución a lo largo de la trayectoria. Se los utiliza particularmente para investigaciones cerca de las fuentes de emisión, en las plumas de las chimeneas y para mediciones verticales de contaminantes gaseosos y aerosoles en la atmósfera (Guayasamín L., 2018).

3.8. Monitoreo de calidad de aire en Ambato

Ambato cuenta con un estudio de calidad de aire realizado en 2008 por la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador y la Unidad de Gestión Ambiental del Municipio de Ambato, financiado por Petroecuador, en el cual se reconoce que la contaminación es un proceso dinámico y varía en el tiempo y depende de muchos factores.

El municipio de Ambato en busca de conocer la calidad de aire urbano de su ciudad, previo al estudio y en medida de sus posibilidades, realizó estudios parciales, como evaluaciones de emisiones en tubos de escape, y cuantificación de ciertos contaminantes como: CO y SO_x (Estudio de la Calidad de Aire de la Ciudad de Ambato, 2008). Los resultados de dichos estudios parciales no se presentan en el estudio y en la actualidad no se encuentran disponible en el GADM de Ambato.

El estudio de calidad de aire realizado entre 2007 y 2008 comprendió tres fases: la evaluación de emisiones gaseosas producentes de tubos de escape, el muestreo y caracterización de combustibles y la evolución de los niveles de contaminación del aire urbano.

En lo relacionado a las emisiones fueron expresadas mediante el índice Oraqui, que es un número puro que resume el estado del aire urbano en función de las concentraciones de CO, SO₂, NO₂, PM y oxidantes (O₃ e Hidrocarburos). Los valores bajos, menores a 10, no representan contaminación significativa; mientras que los valores que se acercan a 100, reflejan problemas de contaminación.

Los valores resultantes del estudio varían entre 8 y 145, esto se debe a su compleja topografía y las construcciones de la ciudad. Estos resultados son válidos para los periodos analizados con sus correspondientes variables que tuvieron incidencia en el fenómeno de la contaminación. (Estudio de la Calidad de Aire de la Ciudad de Ambato, 2008)

4. METODOLOGÍA.

4.1. Tipo de estudio

El presente estudio se adscribe a la investigación cuantitativa ya que recoge, procesa y analiza datos cuantitativos sobre variables previamente determinadas; exploratoria, ya que pretenden darnos una visión general sobre el diseño de una red de monitoreo de calidad de aire en la ciudad de Ambato, al ser un tema poco explorado; y descriptiva porque caracteriza el fenómeno de la contaminación atmosférica y el diseño de la red de calidad de aire indicando sus rasgos más peculiares.

4.2. Área de estudio

El cantón Ambato es la capital de la provincia de Tungurahua, está limitado al norte por la Provincia de Cotopaxi, al sur con la Provincia de Chimborazo, al este con varios cantones de la Provincia de Tungurahua; y al oeste con la Provincia de Bolívar. Se ubica a 2678m.s.n.m misma que está implantada en una zona topográfica irregular y posee una superficie de 1.016,454 km²; su temperatura oscila entre 13,3°C y 14,7°C.

Ambato es considerada nodo de comercio con incidencia en todo el territorio nacional, tanto por su ubicación geográfica como por poseer un amplio sector industrial, comercial y de manufactura. El cantón además posee un territorio donde se realizan importantes prácticas agrícolas y ganaderas y es de donde los mercados mayoristas distribuyen los productos agrícolas a diversas provincias del país.

Esta importante característica comercial de la ciudad de Ambato, hace que el movimiento vehicular sea elevado, principalmente en las arterias que comunica a la ciudad con el resto de la región central del país y las rutas que comunican el área periurbana con el centro de comercio de la ciudad.

4.3. Definición de los criterios de toma de decisión

4.3.1. Análisis meteorológico:

La información meteorológica fue tomada de la red de estaciones del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua correspondiente al periodo 2013 – 2017. Mediante la cartografía

base y utilizando los sistemas de información geográfica se seleccionó únicamente las estaciones que se encuentran dentro del cantón Ambato, las cuales fueron 6.

Los datos obtenidos corresponden a los promedios diarios de mediciones realizadas cada 5 minutos por los sensores automáticos en cada estación. Para obtener las normales o promedios anuales se calculó la media de los 12 promedios mensuales, sin tener en cuenta la diferente duración de los meses. En el cálculo de las normales anuales no es posible incluir las normales mensuales faltantes (OMM, 2011).

La OMM (2011) recomienda no calcular un valor mensual si faltan más de 10 valores diarios o 5 o más valores diarios consecutivos. En este caso los meses de enero y febrero de 2013 presentan datos faltantes de más de 10 días por lo que no se los tomará en cuenta para obtener las normales o promedios mensuales.

Los parámetros de mayor importancia para este estudio son: radiación solar, la velocidad y dirección del viento. La radiación solar, es un indicador de la estabilidad de la atmósfera (Turner, 1994); y promotor de las reacciones fotoquímicas que producen los contaminantes secundarios tales como el ozono.

La velocidad y dirección del viento indican la dirección de mayor afectación (dirección hacia dónde sopla) y el alcance de esta afectación (velocidad y distancia de acarreo de material contaminante). Empleando estas variables y con la ayuda de los sistemas de información geográfica a través del método de interpolación IDW, se realizó un modelo de dispersión para identificar el área probable de afectación.

4.3.2. Aspectos topográficos.

La topografía de un lugar juega un papel importante en la selección de sitios de ubicación para realizar monitoreos atmosféricos, ya que afecta las condiciones locales de viento y la estabilidad (mezclado vertical) de la zona. Para obtener la forma del terreno del cantón Ambato se utilizó la cartografía base y mediante los SIG a través de la herramienta ArcToolbox / 3D Analyst Tools se obtuvo las diferentes elevaciones que representan a la ciudad de Ambato.

Hay que tomar en cuenta que entre más complejo es el terreno se necesita un mayor número de estaciones de monitoreo (Guzman & Aguirre, 2000).

4.3.3. Fuentes de emisiones de contaminantes

Se partió de la información obtenida de la Coordinación Zonal 3 del Ministerio de Industria y Productividad la cual posee un registro de industrias ubicadas en la provincia de Tungurahua; de estas industrias se seleccionó las asentadas en la ciudad de Ambato. Mediante SIG se georreferenció las principales actividades productivas que son consideradas como fuentes de contaminación atmosférica significativa, pudiendo así observar las áreas influenciadas por estas actividades.

4.3.4. Densidad poblacional

La densidad poblacional es un factor preponderante a la hora de diseñar la ubicación más adecuada para las estaciones de calidad del aire, por lo que se recopila del INEC la población censada en 2010 y las proyecciones realizadas por la SEMPLADES para 2020 y 2013; las proyecciones por sexos para 2020 y 2030 se obtuvo a través de la siguiente fórmula aplicando la tasa de crecimiento poblacional de Ambato (1,93 %) según la actualización del PDOT de Ambato (2015).

$$Pf = Pa \times (1 + r)^n$$

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Tasa de crecimiento

n = Número de periodos

A demás se identificó a través de herramientas SIG las zonas urbanas, las zonas industriales y la dinámica de la población se describió de acuerdo su ubicación y la relación que existe entre ellas.

4.3.5. Monitoreo Actual

Se identificó las características y funcionamiento del monitoreo actual basándonos en la información que se encuentra disponible en el portal web de la municipalidad de Ambato y de la información obtenida de la Dirección de Control y Gestión Ambiental del GADM de Ambato, evaluamos si su ubicación es adecuada o no, además se analizó las herramientas de monitoreo y el uso que se da a los datos que se recaba con dicha red.

4.4. Método

Para la determinación a la ubicación de estaciones de calidad en la zona de estudio se aplicaran dos tipos de análisis:

4.4.1. Método de la cuadrícula:

Consiste en pre-seleccionar puntos de monitoreo mediante la construcción de una cuadrícula que divide a las zonas, colocando puntos de muestreo en las intersecciones de cada cuadrícula, cuyos lados se recomienda mida 1 Km, para la mayoría de parámetros ambientales. Martinez & Romieu (1997) citado por (Guayasamín L., 2018).

El siguiente paso es definir los factores que contribuyan a escoger algunos de los sitios preseleccionados, teniendo en cuenta el nivel de inversión económica. Dentro de estos criterios se considera: (1) flujo vehicular, (2) seguridad, (3) Influencia de fuentes fijas, (4) accesibilidad al sitio, (5) distancia a obstáculos y (6) el estado actual de la calidad de aire. Para lo cual se aplicó el análisis multicriterio que se describe a continuación.

4.4.2. Análisis multicriterio:

Se compone de la realización de varias capas temáticas que representen cada una un aspecto o condición necesaria para el establecimiento de la localización óptima, en nuestro caso se representan todos los criterios de toma de decisión. Las dos modalidades que hacen que tome este nombre son la booleana y la de análisis categorizado.

El análisis booleano ofrece áreas en las que no es posible colocar la estación (por ejemplo, láminas de agua) y otras en las que sí es posible. Cuantos más sean estos criterios, más afinado será el análisis. Utilizaremos los Sistemas de Información Geográfica para crear todas las capas, estas se trasponen entre ellas para encuadrar áreas con distinta valoración. Las áreas en las que no se pueda instalar contarán con valor 0. Las áreas en las que sí, tendrán valor 1, con lo que la multiplicación transversal de las mismas nos dará como resultado una capa final donde sólo los valores 1 habrán sobrevivido, eliminando de la ecuación todos aquellos lugares en los que no es posible la instalación. Para esto se deberá determinar los objetivos principales del monitoreo, identificar la escala de monitoreo adecuada, observar los criterios de ubicación y analizar la ubicación de los equipos junto con los equipos de medición complementarios.

5. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

5.1. Situación actual del monitoreo de calidad de aire en Cantón Ambato.

5.1.1. Definición de actores.

Una red de calidad de aire en una ciudad es responsabilidad y competencia de diversos actores nacionales y locales. En el caso del presente estudio, se realizó la identificación de actores en función de las disposiciones y obligaciones contempladas en la legislación ecuatoriana.

En la constitución ecuatoriana de 2008, en su artículo 263 numeral 4, establece, dentro del régimen de competencias, a los gobiernos autónomos provinciales la competencia exclusiva de la gestión ambiental (Constitución de la República del Ecuador, 2008). Así mismo el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD) en su artículo 136, atribuye a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales gobernar, dirigir, ordenar, disponer u organizar la gestión ambiental, la defensoría del ambiente y la naturaleza, en el ámbito de su territorio (COOTAD, 2010).

El Concejo Nacional de Competencias organismo técnico del sistema nacional de competencias, mediante la resolución No. 005-CNC-2014, del 6 de noviembre de 2014, otorga el ejercicio de competencias de gestión ambiental, a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, metropolitanos, municipales y parroquiales rurales .

Estas competencias permitieron definir los actores primarios y secundarios. Se identificó a las instituciones que están involucradas en el control de la contaminación ambiental, ya sean instituciones a nivel nacional o local. A continuación se definió actores primarios y secundarios, en función de las competencias y jurisdicciones que posee cada una de ellas como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Actores involucrados.

Institución	Competencia	Jurisdicción	Actores
Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato	Corresponde las facultades de planificación local, regulación local, control local y gestión local. Estos deberán efectuar y mantener la coordinación necesaria con los demás niveles de gobierno. A demás en el artículo 54 del	Cantonal	Primario

	COOTAD establece como función de los gobiernos autónomos descentralizados municipales, en su índice k) Regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal, de conformidad con lo dispuesto en la ley.		
Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Tungurahua	Corresponde las facultades de rectoría local, planificación local, regulación local, control local y gestión en su respectiva circunscripción territorial. Dentro del control provincial se ejercerá el control del cumplimiento de los parámetros ambientales en agua, suelo, aire, ruido, establecidos por la autoridad ambiental nacional	Provincial	Secundario
Dirección Provincial de Ambiente	Pertenece al nivel provincia de la estructura orgánica institucional de Ministerio del Ambiente. Su competencia en la gestión y control técnico local.	Provincial	Secundario
Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE)	El nivel central del Ministerio de Ambiente posee la facultad de rectoría, regulación, planificación y control ambiental.	Nacional	Secundario

Elaborado por: Cristina Tapia

Del análisis de la legislación, se determina que son los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales tienen la mayor responsabilidad respecto de la calidad del aire en sus cantones. En este caso, la municipalidad del Ambato se constituye en el actor primario que debe liderar la política ambiental respecto de este tema.

Mientras que se estableció al H. Gobierno Provincial de Tungurahua y a la Dirección Provincial de Ambiente de Tungurahua como actores secundarios al estar involucrados en la gestión ambiental de la provincia.

El MAE también es considerado un actor secundario al ser el encargado de crear políticas a nivel nacional que ayuden a la prevención y control de la contaminación ambiental.

Es importante destacar que el Concejo Nacional de Competencias establece que la coordinación entre los distintos niveles de gobierno permitirá garantizar el ejercicio

adecuado de competencias, por esto en la Figura 1., podemos observar a los actores y la coordinación que debe existir entre ellos.

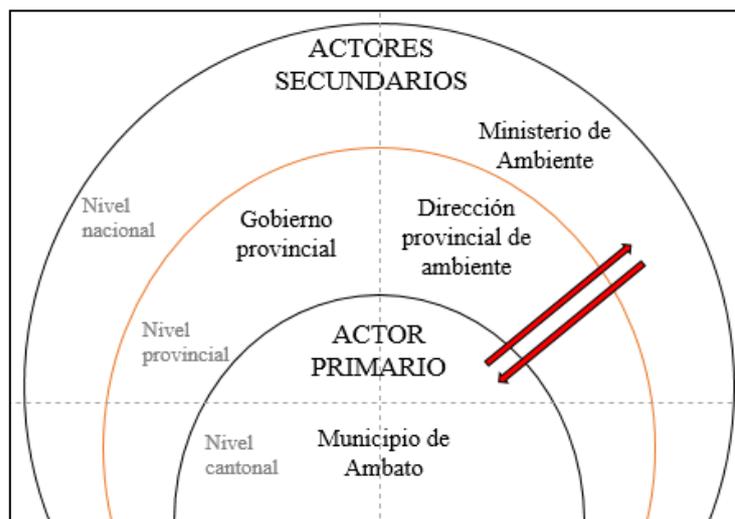


Figura 1. Mapa de actores.
Elaborado por: Cristina Tapia

5.1.2. Monitoreo actual.

Para la determinar la existencia de una red de monitoreo de calidad aire en el cantón Ambato, se buscó información en la Dirección de Control y Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Ambato. Se aplicó la técnica de la entrevista a la técnico responsable (ver Anexo 1), mediante la cual se determinó que en la actualidad existe únicamente una estación automática de monitoreo de calidad de aire y no una red.

Las características de la estación de monitoreo de calidad del aire son las siguientes.

Tabla 4. Características de la estación de calidad aire en el cantón Ambato

Área de cobertura.	El área de cobertura de la estación, en terrenos planos y con un patrón de viento estable, es de 5 km a la redonda de la estación.
Tipo de estación.	Es una estación automática, actualmente la estación cuenta con sensores automáticos para la determinación de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, y un muestreador semiautomático para la medición de PM2.5.
Especificaciones técnicas de equipo.	Marca: TELEDYNE API Año de fabricación: 2015 Origen: Estados Unidos

<p>Parámetros que mide.</p>	<p>La estación mide cuatro parámetros, monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃) y material particulado PM_{2.5}. A demás cuenta con el equipo para medir material particulado PM₁₀ sin embargo no se encuentra en funcionamiento.</p> <p>Junto con estos parámetros la estación también mide la dirección del viento, velocidad del viento, temperatura, presión barométrica y precipitación.</p>
<p>Frecuencia de monitoreo</p>	<p>Los datos de la estación automática pueden obtenerse en función de los periodos de medición que establece la normativa para cada parámetro, es decir cada 8 horas para CO, cada hora para NO₂, cada 24 horas para el Ozono y PM_{2.5}. Sin embargo todos los datos son registrados de forma horaria en la base de datos de la estación.</p>
<p>Ubicación.</p>	<p>La Estación se encuentra ubicada en el edificio matriz Sur del GAD Municipal de Ambato construido en 2016. Esta ubicación obedece a que es un lugar seguro y cuenta con la accesibilidad a los servicios necesarios para el funcionamiento de la estación.</p> <p>Dirección: Avenida Atahualpa y Rio Cutuchi.</p> <p>Coordenadas: 763908.38 X; 9859637.81 Y.</p>
<p>Tipo de procesamiento de datos.</p>	<p>Con los datos que se registra del monitoreo de la estación se obtiene un promedio mensual para cada parámetro, promedio con el cual se elaboración de un informe anual. Los resultados de los informes sirven para comunicar a la población sobre el estado de la calidad de aire de la ciudad a través de la página web del municipio, adicionalmente sirve de instrumento para generar políticas públicas ambientales en caso de ser necesario.</p>

Fuente: GAD municipal Ambato, 2018.

Elaborado por: Cristina Tapia

5.2. Definición de criterios que determinan la ubicación de las estaciones de calidad del aire.

5.2.1 Análisis meteorológico

La información de las variables climatológicas (temperatura, precipitación, velocidad y dirección del viento) de los años 2013 - 2017, se obtuvo de 6 estaciones de la red hidrometeorológica del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, cabe recalcar que la estación Calamaca y la estación Cunchibamba son compartidas con el INAMHI, su ubicación en el cantón Ambato se muestra en el Mapa 1.



Mapa 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas del Cantón Ambato

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

5.2.1.1. Precipitación

La precipitación influye de diferente forma en los contaminantes. En el material particulado cumple la función de arrastre cuando este posee un tamaño determinado, en los contaminantes gaseosos ejerce una absorción, siendo este un problema en zonas cercanas a las fuentes de contaminación por la probable formación de lluvia ácida.

Los periodos lluviosos en esta zona de la sierra ecuatoriana se presentan en los meses de abril y octubre. En general la provincia de Tungurahua recibe una precipitación baja entre 0 y 100 mm comparado con la precipitación que reciben otras provincias pertenecientes a la cuenca del río Pastaza de acuerdo a un artículo publicado en la Revista Sinergia (2016).

En la Tabla 5., presentamos el promedio de las precipitaciones mensual de los 5 años medidos por la estación Aeropuerto de Ambato, así como el pico máximo y mínimo. Estas mediciones confirman que en volumen de precipitación en esta zona se mantiene bajo.

Tabla 5. Promedio mensual de precipitación del periodo 2013 -2017de la estación Aeropuerto de Ambato.

Promedio mensual de precipitación del periodo 2013 -2017 (mm)	
Promedio mensual de los 5 años	28,15
Max	122,20
Min	0,00

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

En la Tabla 6., presentamos el promedio de precipitación anual de cada estación. El volumen de precipitación en la estación Chiquiurco es relativamente más elevado, esto se debe a que la estación se ubicada en la zona de páramo del Cantón. Mientras que la estación Aeropuerto de Ambato que se ubica en la zona urbana del cantón presente un volumen de precipitación más bajo.

Tabla 6. Promedio anual de Precipitación de cada estación del periodo 2013 – 2017.

Estaciones	Promedio de precipitación anual (mm)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Chiquiurco	2,35	3,08	3,19	2,93	3,06
Hacda. Cunchibamba	2,50	2,70	3,08	2,64	3,31
Aeropuerto Ambato	0,50	0,92	1,04	1,18	0,93
Calamaca Convenio	1,36	1,96	1,80	1,87	2,23
Mula Corral	2,08	2,78	2,87	2,62	2,89
Quisapincha	1,94	2,51	2,19	2,40	3,06

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

En general la zona de estudio posee niveles bajos de precipitación, lo que ocasionaría que el arrastre de las partículas en suspensión sea reducido, dejando esas partículas libres, contribuyendo a la contaminación ambiental.

5.2.1.2. Temperatura

La temperatura es un parámetro importante, tiene relación directa con difusión de contaminantes. La gradiente de temperatura que se produce en la atmosfera favorece ésta difusión ya que el aire caliente al ser menos denso tiende a ascender, el ascenso de aire caliente produce la expansión del gas porque la presión disminuye con la altura y el aire se enfría.

En la Tabla 7., se puede observar el promedio anual de temperatura del cantón. Los valores más elevados, entre 14,07 y 14,82 °C, se midieron en la estación Aeropuerto de Ambato. La estación se ubica en la zona baja del cantón donde se asienta el área urbana. Cabe mencionar que la difusión de contaminantes será mucho mejor en el día y en días despejados, que por la noche o en días nublados.

Tabla 7. Promedio anual de temperatura en °C del periodo 2013 - 2017.

Estaciones	PROMEDIO ANUAL DE TEMPERATURA °C				
	2013	2014	2015	2016	2017
Chiquiurco	6,64	6,73	6,81	7,19	6,71
Hcda. Cunchibamba	13,37	13,51	13,30	13,77	13,50
Aeropuerto Ambato	14,41	14,07	14,12	14,74	14,82
Calamaca Convenio	8,38	7,50	8,50	9,03	8,54
Mula Corral	6,03	6,11	6,21	6,80	6,26
Quisapincha	7,58	7,54	7,10	7,64	7,23

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

5.2.1.3. Velocidad y Dirección del Viento

El viento es el factor que tiene mayor incidencia en la ubicación geográfica de las estaciones, además es un parámetro clave para la dispersión de contaminantes.

La velocidad del viento junto con la radiación afecta al gradiente térmico vertical que en presencia de velocidades bajas o elevadas puede generar o no actividad convectiva, que es la responsable de la difusión de contaminantes. Con bajas velocidades de vientos y fuerte radiación ingresante, se produce una intensa actividad convectiva y fuerte mezclado. Mientras que con baja radiación ingresante y velocidades de vientos más altas, se corresponden con una actividad convectiva moderada o una actividad ligeramente convectiva, disminuyendo la difusión de los contaminantes.

La dirección del viento nos indicará hacia donde se dirigen con mayor tendencia los contaminantes, haciendo que sea más fácil la identificación de puntos de posible afectación.

En la Tabla 8., se presenta el promedio anual de velocidad y dirección del viento en Ambato.

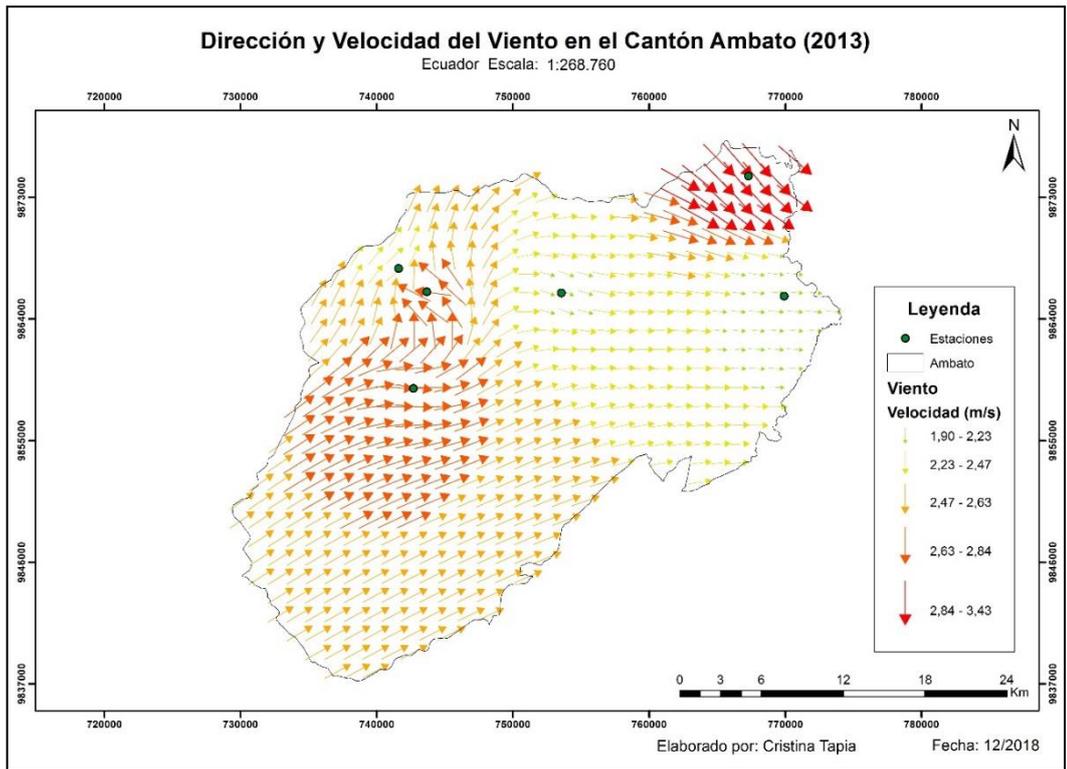
La dirección del viento en la parte baja del cantón en la estación Aeropuerto de Ambato, tiende a ir hacia el oeste del cantón, con velocidades más bajas entre 2,42 y 2,27 m/s.

Tabla 8. Promedio anual de velocidad y dirección del viento del periodo 2013 - 2017.

PROMEDIO ANUAL DE VELOCIDAD (m/s) Y DIRECCIÓN DEL VIENTO							
AÑO	ESTACIÓN	Chiqui urco	Hcda. Cunchibamba	Aeropuerto Ambato	Calamaca Convenio	Mula Corral	Quisapin cha
2013	Velocidad	2,8	3,46	1,89	2,78	2,32	2,17
	Dirección	92,47	321,43	274,45	278,6	235,88	292,87
2014	Velocidad	2,64	3,35	1,67	2,46	2,23	1,85
	Dirección	117,62	323,41	287,65	297,87	258,75	300,42
2015	Velocidad	2,9	3,65	1,76	2,97	2,5	1,93
	Dirección	130,96	328,1	297,83	283,1	256,27	194,87
2016	Velocidad	2,73	3,29	1,8	2,67	2,28	1,85
	Dirección	119,44	198,22	292,79	279	253,77	294,55
2017	Velocidad	2,6	3,03	1,69	2,45	2,17	1,77
	Dirección	81,72	162,92	282,19	274,24	256,04	293,66

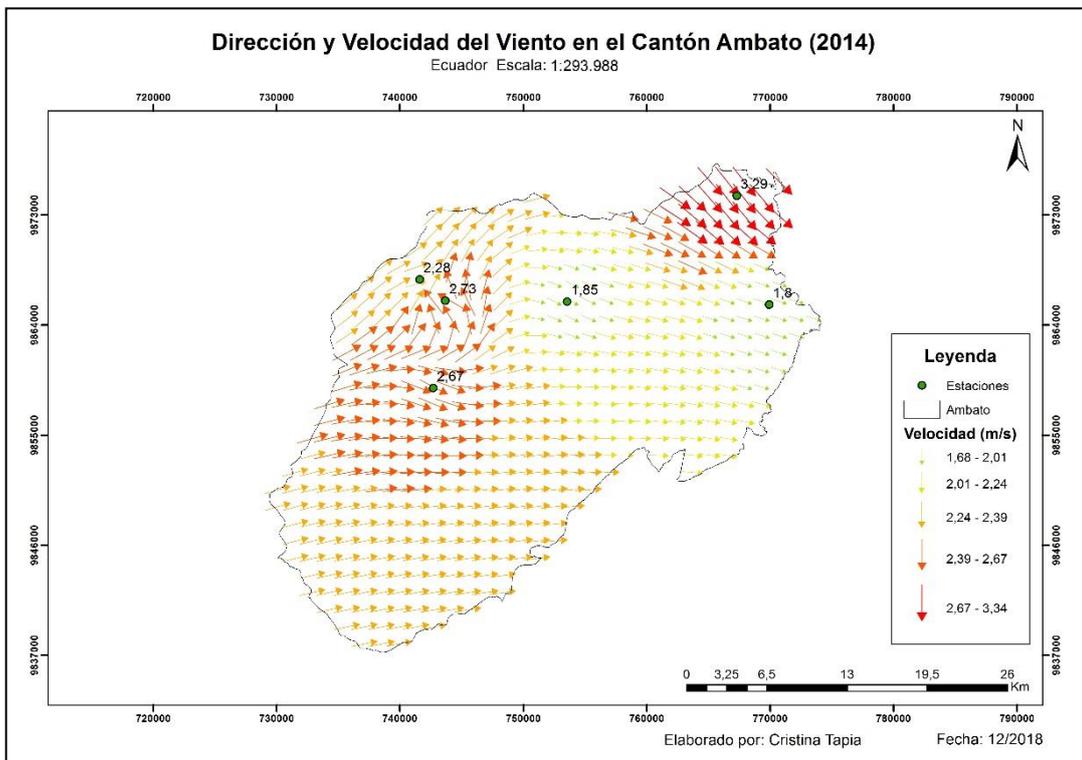
Elaborado por: Cristina Tapia Jara

El modelo del comportamiento del viento por años en la ciudad de Ambato se presenta en los Mapas 2, 3, 4, 5 y 6., donde se puede observar que el viento tiene mayor velocidad en la parte nororiental del cantón, pero presenta diferente dirección a lo largo de los 5 años. Mientras que en las cotas bajas (ver Mapa 7.) se presenta menor velocidad del viento y la dirección se mantiene hacia el oriente de la ciudad en los 5 años.



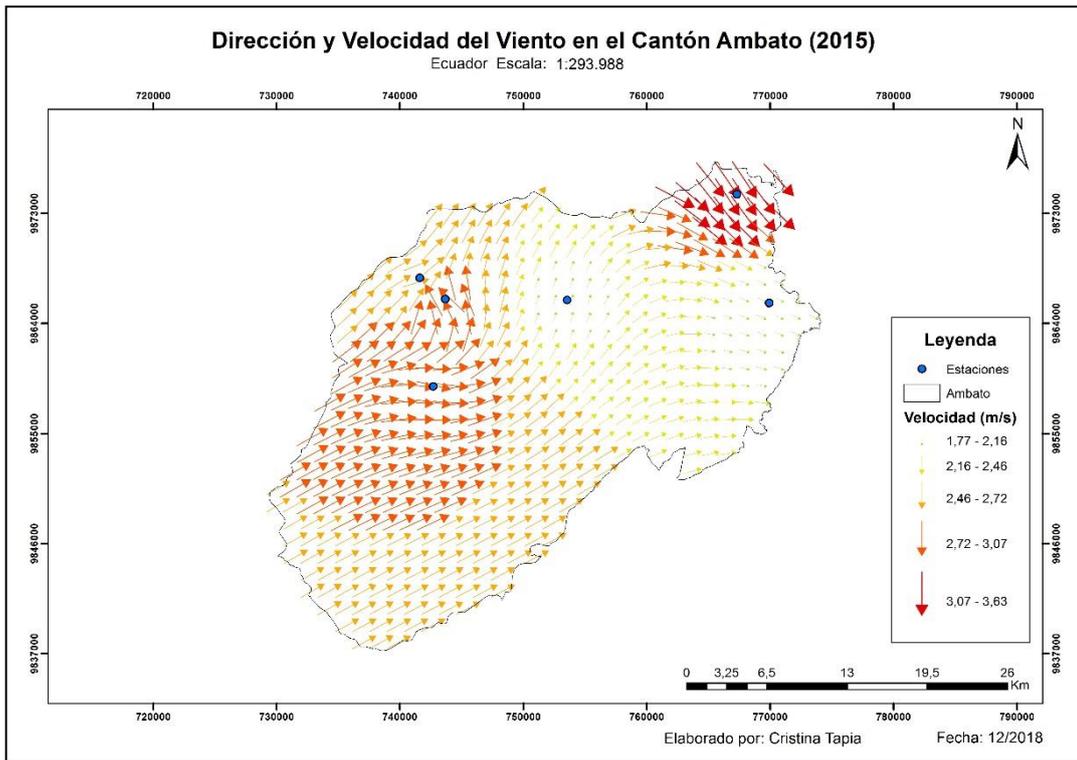
Mapa 2. Velocidad y Dirección del Viento en el cantón Ambato 2013.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara.



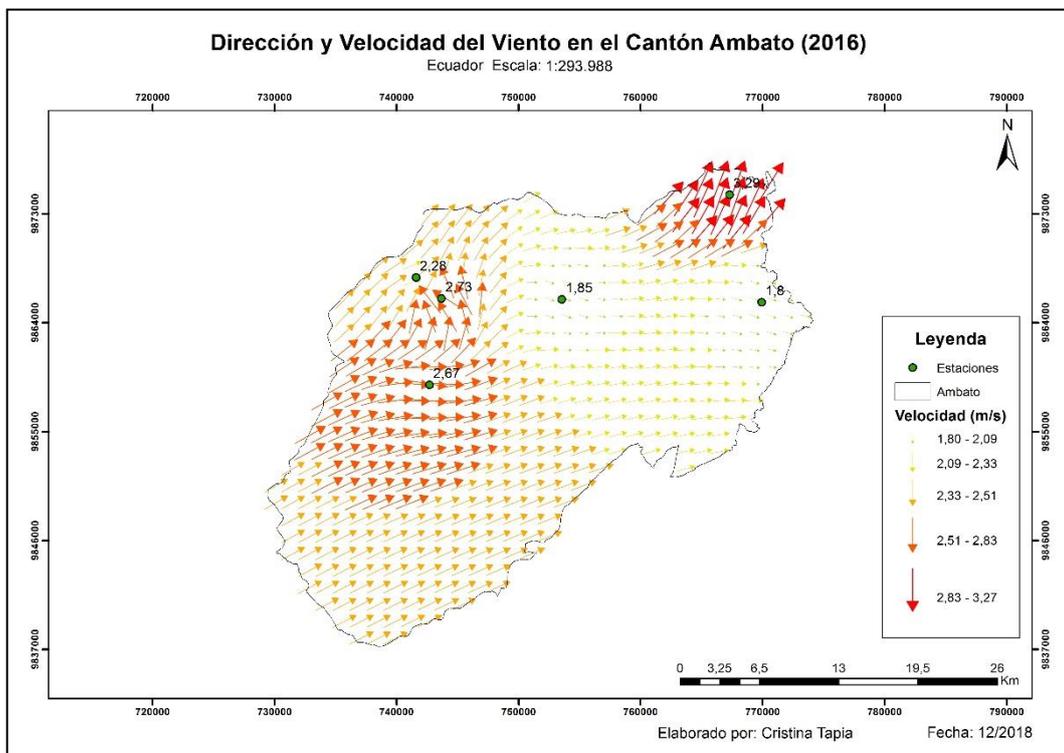
Mapa 3. Velocidad y Dirección del Viento en el cantón Ambato 2014.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara.



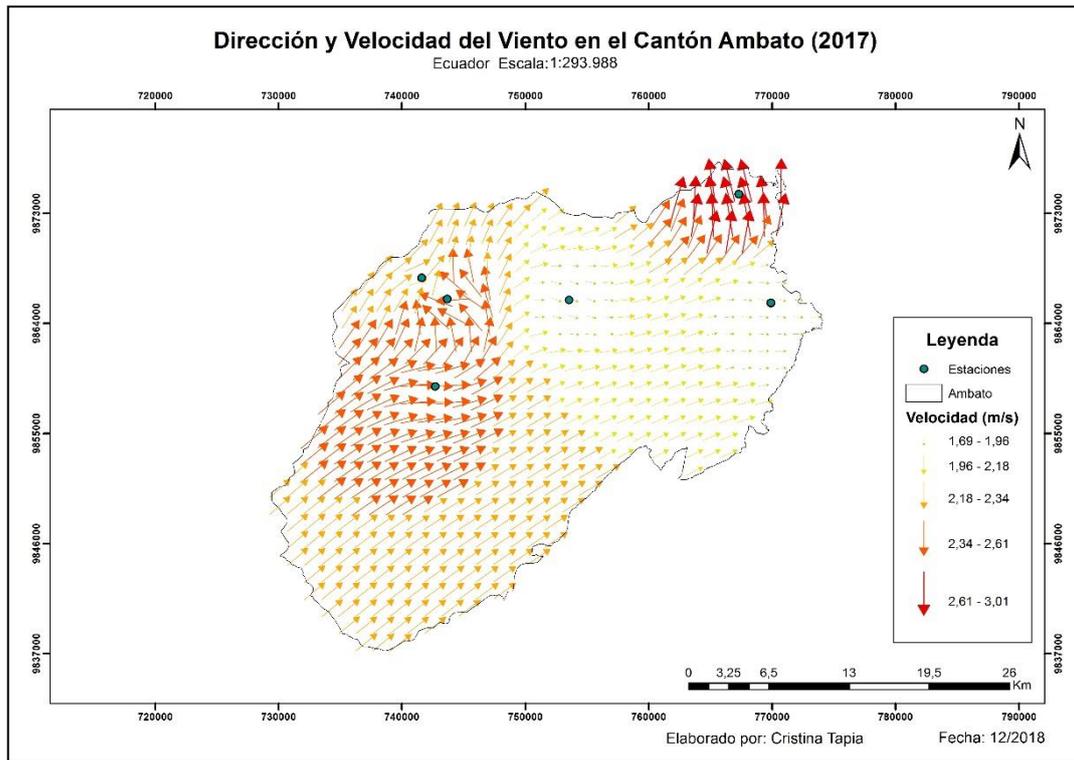
Mapa 4. Velocidad y Dirección del Viento en el cantón Ambato 2015.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara.



Mapa 5. Velocidad y Dirección del Viento en el cantón Ambato 2016.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara.



Mapa 6. Velocidad y Dirección del Viento en el cantón Ambato 2013.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara.

En general podemos decir que el viento proviene de las cotas más elevadas, donde el páramo predomina, hacia el centro de la ciudad, reduciendo la velocidad en las cotas más bajas.

A mayor velocidad del viento se reducen las concentraciones de contaminantes a nivel de suelo al existir mayor dilución y mezcla. También puede producirse circulaciones cerradas de viento, donde se produce la acumulación progresiva de contaminantes. Esto ocurre cuando los fuertes vientos inciden perpendicularmente en las crestas de montañas o valles y en edificios. Este tipo de circulación cerrada puede generarse en el centro de la ciudad por sus características topográficas y construcciones.

5.2.2. Aspectos topográficos

La topografía del terreno puede afectar el transporte y dispersión de los contaminantes. La forma del relieve influye en la circulación de aire, a medida que la superficie presenta mayor accidentalidad, la velocidad del viento disminuye y su dirección cambia.

El relieve en el cantón Ambato, de acuerdo a la actualización del PDOT (2015), es sumamente accidentado por una serie de lomas, colinas, quebradas y barrancos, los que limitan con la existencia de amplios valles.

5.2.3. Fuentes de emisiones de contaminantes

5.2.3.1. Fuentes fijas

Al no existir datos sobre mediciones en las fuentes fijas como la altura de chimeneas, el caudal de gases, características de los gases, entre otros, se utilizó un registro de las industrias para tener los puntos de probable contaminación por fuentes fijas.

Este registro se obtuvo de MIPRO (Ministerio de Industrias y Productividad) que si bien no cuenta con un registro de todas las industrias del Cantón, posee registros de varias agrupaciones como CEPIA (Corporación de Empresas e Instituciones del Parque Industrial Ambato) y CAPIT (Cámara de la Pequeña Industria de Tungurahua) (ver Anexo 2.), a continuación en la Tabla 9., se presentan las industrias que han sido agrupadas de acuerdo al sector de la industria al que pertenece.

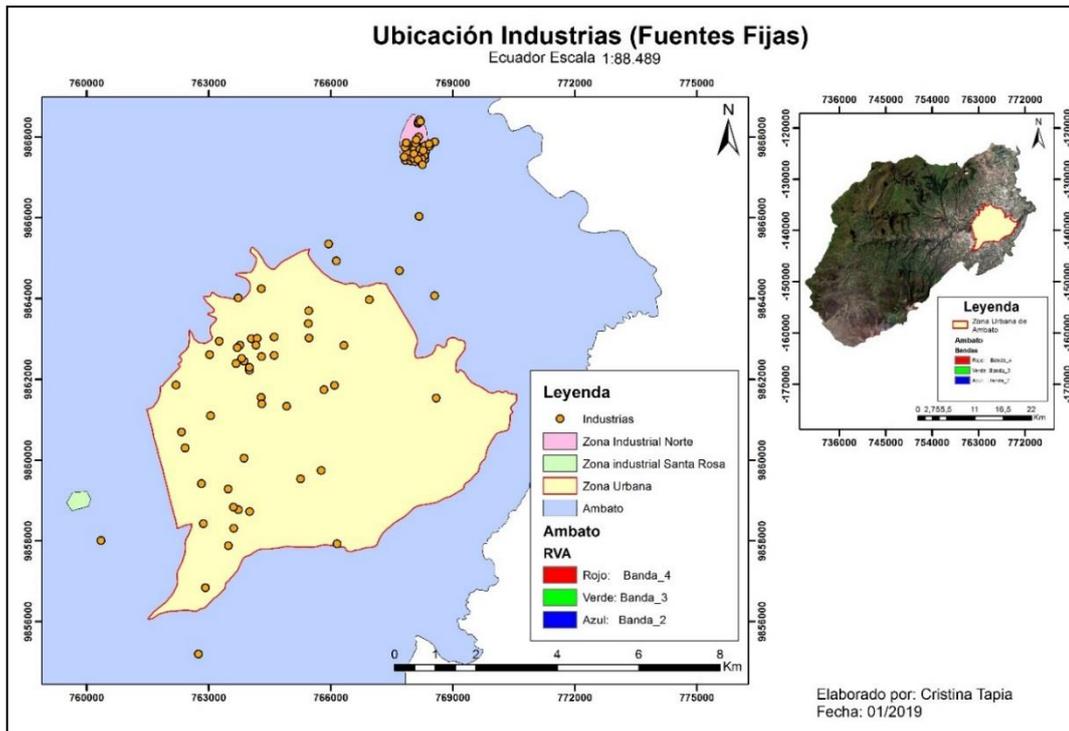
Tabla 9. Número de industrias de acuerdo al Sector Industrial dentro del cantón Ambato.

Sector de la Industrial	Número
Sector Alimenticio	27
Sector Cuero y Calzado	35
Sector Metalmecánico	10
Sector Maderero	4
Sector Químico	7
Sector Radio Difusor	3
Sector Textil	18
Total	104

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

La actividad más representativa pertenece al sector del cuero y calzado y su principal impacto es sobre el componente agua, sin embargo en la curtilería utilizan grandes hornos, por lo que el componente aire si se ve afectado pero en menor medida que el agua.

En el Mapa 8., se presenta la ubicación de las industrias, estas se localizan dentro y fuera de la zona urbana y con mayor concentración en el parque industrial ubicado en la salida norte de la ciudad.



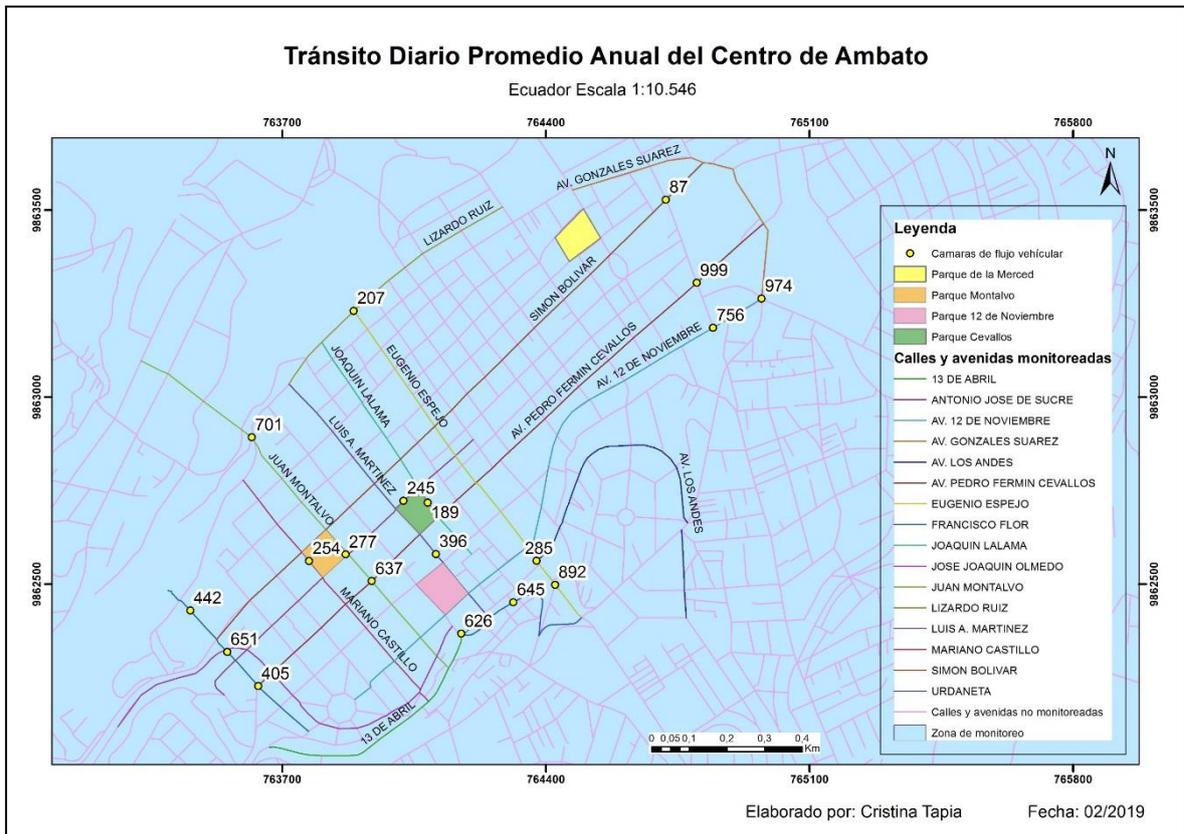
Mapa 8. Ubicación de Industrias o Fuentes fijas en Ambato.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

5.2.3.2. Fuentes móviles

El TPDA (tráfico diario promedio anual) nos indica el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una vía en un periodo de tiempo determinado, este debe ser mayor a un día y menor o igual a un año, dividido por el número total de días comprendido en dicho periodo.

Las mediciones fueron realizadas por 19 cámaras de la municipalidad de Ambato (ver Anexo 3.), ubicadas en el centro de la ciudad, durante 24 horas diarias los 365 días del año 2017. Este conteo no ha registrado el tipo de vehículos, es decir se desconoce cuántos vehículos pertenecen a vehículos livianos (VL) y cuantos a vehículos de carga pesada (VCP). En el Mapa 9., se puede observar la ubicación de las cámaras y el volumen de vehículos que circulan en promedio diariamente por cada punto.



Mapa 9. Tránsito diario promedio anual del centro de Ambato.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

Del análisis realizado con el TDPA, se determinó que los puntos con mayor volumen de circulación vehicular en promedio diario, son:

Punto 1: Av. Pedro Fermín Cevallos y Abdón Calderón con 999 vehículos.

Punto 2: la Av. Gonzales Suarez y Av. 12 de Noviembre con 974 vehículos.

Punto 3: Eugenio espejo y Av. Tupac Yupanqui con 892 vehículos

Cabe mencionar que existen otras vías que poseen alta circulación vehicular pero no cuentan con cámaras que midan su volumen de circulación. En el Estudio de Calidad de Aire de la Ciudad de Ambato realizado por el Municipio en colaboración con PETROECUADOR y la Universidad Central del Ecuador (2008), se identificaron 18 puntos sensibles con mayores niveles de contaminación. En dichos puntos se contabilizó los vehículos livianos (VL) y vehículos de carga pesada (VCP) que circulan por cada sitio. El registro se realizó por 15 minutos, en diferentes horas, durante tres semanas distintas, durante los meses de noviembre y diciembre del 2007. Los puntos que representan mayor circulación en promedio de todas las mediciones son:

Punto 1: Redondel Mercado Mayorista con 37 vehículos VL y 9 VCP.

Punto 2: Redondel de Huachi Chico con 36 VL y 10 VCP.

Punto 3: Av. Atahualpa y los Shyris con 41 VL y 4 VGP.

Punto 4: Yahaira (a la mitad) con 31 VL y 0 VCP.

Punto 5: 13 de Abril y Mera con 34 VL y 6 VCP.

Punto 6: Parque Sucre con 38 VL y 6 VCP.

Punto 7: Redondel del Estadio Bellavista con 41 VL y 4 VCP.

Punto 8: Av. El Rey y Los Andes con 35 VL y 4 VCP.

Punto 9: Av. 12 de Noviembre y Tomas Sevilla con 20 VL y 7 VCP.

Punto 10: Redondel de Cumanda con 43 VL y 8 VCP.

Punto 11: Av. Gonzales Suarez y Unidad Nacional con 31 VL y 6 VCP.

Punto 12: Redondel de Izamba con 33 VL y 8 VCP.

Tomando en cuenta que la única información disponible pertenece al estudio mencionado anteriormente y que fue realizado hace 12 años, se consideró los resultados del Anuario de Estadísticas de Transporte de 2017 elaborado por el INEC (2018), donde se determina que la tasa de crecimiento de matriculación vehicular entre el año 2016 y 2017 es de 8,8%. Además la provincia de Tungurahua presenta mayor tasa de vehículos matriculados en 2017 con 180, mientras que la tasa de matriculación nacional es del 133.

Estos datos nos permiten tener una idea del incremento del parque automotor en la ciudad de Ambato, el cual se encuentra en aumento. Dicho esto, los valores del conteo realizado en 2007 en los puntos mencionados se elevarán en un 8,8%, manteniéndose como punto de elevado flujo vehicular.

También se analizó el tipo de vehículos matriculados en el cantón Ambato. En 2017 se matricularon 63.194 vehículos a nivel cantonal. De los cuales 2.398 fueron Taxis urbano, 721 vehículos de carga liviana, 397 buses urbanos, 296 transporte estudiantil, 160 Taxis de las parroquias rurales, 75 buses interparroquiales y 48 vehículos de transporte mixto. El resto, 59.099 vehículos corresponde a vehículos particulares, cuyo porcentaje corresponde al 94% frente al resto de vehículos matriculados en 2017. En la figura 2., podemos observar la representación gráfica de los vehículos matriculados en la ciudad de Ambato en 2017.

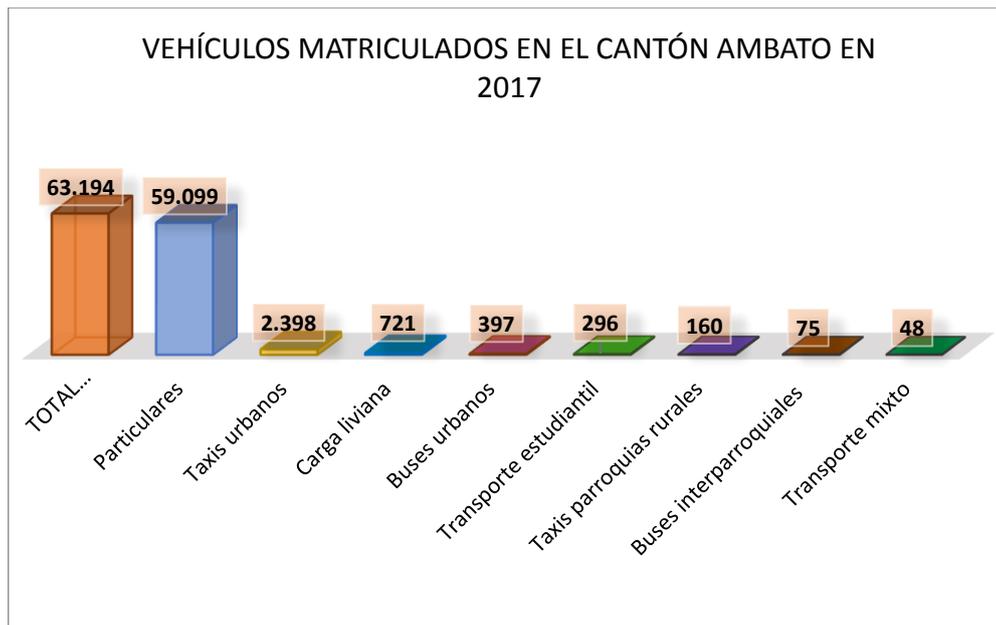


Figura 2. Vehículos matriculados en Ambato en 2017.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

Del análisis de los vehículos matriculados se determinó que en ese año la mayor cantidad de vehículos matriculados corresponden a de vehículos particulares, estos vehículos utilizan diversos tipos de combustibles, gasolina y diésel, a pesar que se desconoce la cantidad de vehículos por tipo de combustible, las emisiones de todo el parque automotor continúan siendo las más contribuyentes a la contaminación atmosférica.

Si analizamos únicamente los vehículos de transporte público y comercial (ver registro en Anexo 4.), podemos observar en la Figura 3., que los taxis urbanos representan el 58% de los vehículos de transporte público. Este valor nos indica que el servicio que prestan los buses urbanos probablemente no abastece a la ciudadanía, por lo que este servicio es cubierto por el que gran número de taxis.

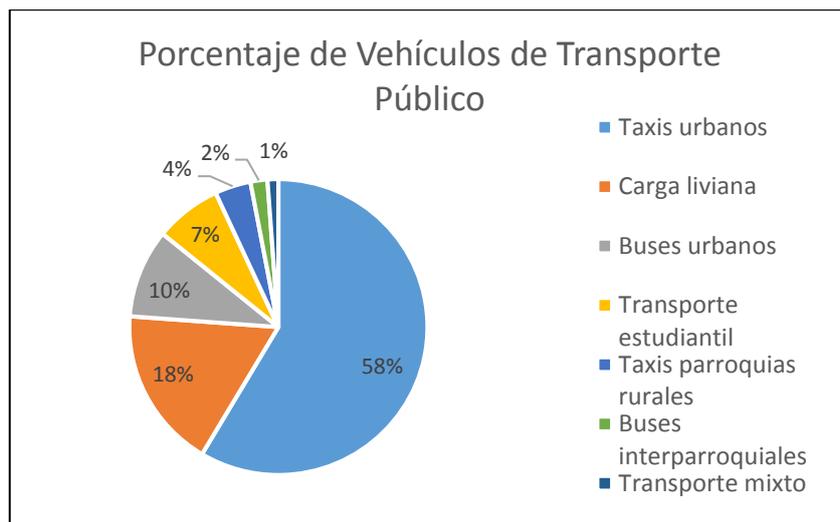


Figura 3. Porcentaje de vehículos de transporte urbano (incluido el transporte estudiantil).

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

En general, los vehículos que utilizan como combustible el diésel son los vehículos de carga liviana (camionetas y camiones), los buses urbanos, los buses interparroquiales, el transporte estudiantil y el transporte mixto. Un motor de combustión interna a diésel produce mayor cantidad de partículas (hollín) formando un aglomerado de carbono al que se adhieren HC, agua, sulfatos, azufre y óxidos metálicos.

Los taxis y parte de los vehículos particulares, son vehículos con motor de ciclo Otto que utilizan gasolina como combustible. Los gases emitidos por un motor a gasolina son principalmente: nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua e hidrógeno; al producirse una combustión incompleta también se genera monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y plomo (Pérez D., 2017).

5.2.4. Población

De acuerdo al censo de población realizada por el INEC en 2010, Ambato tiene una población total de 329.856 habitantes, de los cuales 170.026 son mujeres y 159.830 son hombres.

Las proyecciones del total de la población para 2020 y 2030 fueron tomados del SNI (Sistema Nacional de Información) y se muestran en la Tabla N°10., mientras que la proyección para mujeres y hombres de los años 2020 y 2030, se obtuvieron en base a la tasa de crecimiento de Ambato (1,93%) establecida en la actualización del PDOT de Ambato (2015).

Tabla 10. Población de la ciudad de Ambato, proyección 2020 y 2030.

	Población 2010	Población 2020	Población 2030
Total	329.856	387.309	427.592
Mujeres	170.026	205.843	249.204
Hombres	159.830	193.499	234.260

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

5.2.4.1. Densidad poblacional

El territorio del cantón Ambato posee una superficie total de 1.016,454 kilómetros cuadrados, donde, según el municipio de Ambato, se asienta 329.856 habitantes hasta 2010, generando una densidad poblacional de 325 hab/Km². Mientras que en la zona urbana del cantón posee una superficie de 46,53 kilómetros cuadrados y abarca a 178.538 habitantes a 2010 y su densidad poblacional es de 3.837 hab/Km², siendo la que concentra mayor población.

La zona urbana se asienta al oeste del cantón y de acuerdo a la actualización del PDOT de Ambato (2015), al 2010 su población fue de 165.185 habitantes que corresponde al 50,08 % del total de la población como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Población por zona urbana / rural en el cantón Ambato.

Población	Zona Urbana	Zona Rural	TOTAL (2010)
Número	165.185	164.671	329.856
%	50,08	49,92	

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

La proyección poblacional para 2030 de la zona urbana y zona rural se presenta en la Tabla 12., teniendo para la zona urbana un total 242.109 habitantes frente a 241.356 habitantes en la zona rural.

Tabla 12. Proyección poblacional (2030) zona urbana / zona rural

Población	Zona Urbana	Zona Rural
2010	165.185	164.671
2030	242.109	241.356

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

5.2.4.2. Migración

La ciudad de Ambato al ser polo de desarrollo económico importante del Ecuador, atrae a la migración interna (población de las parroquias rurales de Ambato), principalmente por poseer un fuerte dinamismo comercial. De acuerdo al PDOT de Ambato, este movimiento de las parroquias rurales a la ciudad es de 23.914 habitantes, representando aproximadamente el 14% de la población actual (2010) de la ciudad de Ambato.

Mientras que el total de personas que han salido del cantón y residen permanentemente en otras provincias es de 64.806 habitantes, siendo Pichincha la provincia más atractiva para la emigración con un 42,82%, seguida por Guayas con 16,06%.

La emigración internacional del cantón, de acuerdo a los datos del censo de población y vivienda – INEC 2010, presentados en el PDOT de Ambato (2015), fue de 7.839 habitantes. Las principales motivaciones para salir del país corresponden a posibilidades de trabajo en un 70%, unión familiar un 16%, estudios un 10% y otros un 4%.

5.2.5. Crecimiento urbano

De acuerdo al PDOT de Ambato (2015), se ha considerado al territorio en el cual los diferentes grupos sociales viven y realizan sus actividades, utilizando los recursos naturales que disponen y generando modos de producción, consumo e intercambio, para obtener una prospección para el 2020 de la zona urbana de Ambato y de las cabeceras parroquiales rurales, el mismo se muestra a continuación en el Mapa 10.

Junio	441,52	7,05	19,98	4,70
Julio	482,19	9,60	25,99	6,20
Agosto	477,06	8,98	24,36	5,81
Septiembre	976,31	7,67	43,10	5,90
Octubre	918,13	9,59	34,94	9,51
Noviembre	899,02	8,65	26,25	3,42

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

Monóxido de Carbono: Como se puede observar en la tabla anterior las concentraciones de monóxido de carbono fueron mayores en el mes de septiembre con un valor de 976,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo estas concentraciones no superan los 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, rango permisible establecido por la Reforma del Libro VI del TULSMA.

Dióxido de Nitrógeno: Las concentraciones de NO_2 medidas durante el periodo enero – noviembre se mantienen bajas, el valor superior, de 21,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, fue registrado en el mes de enero. Estas concentraciones se encuentran dentro del rango establecido por Reforma del Libro VI del TULSMA de 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ozono: El O_3 medido por la estación no supera el valor permitido de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que establece el TULSMA, su concentración máxima corresponde al mes de septiembre con 43,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Probablemente el mes de septiembre de 2018 presentó condiciones meteorológicas determinadas que sumado a lo accidentado del terreno, hicieron que el CO y el O_3 se concentren por mayor tiempo en la superficie antes de dispersarse.

Material Particulado $\text{PM}_{2.5}$: El Anexo 4 de la Reforma del Libro VI del TULSMA establece las concentraciones máximas para los contaminantes criterio. Para el $\text{PM}_{2.5}$ la concentración promedio en el año no debe superar los 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o bien no debe superar una concentración cada 24 horas de 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las concentraciones medidas en la estación automática se encuentran dentro del rango permitido y su valor superior corresponde a 9,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de octubre.

Material Particulado Sedimentable: La estación también cuenta con varios puntos de monitoreo pasivo de material particulado sedimentable (PMS) que registran datos desde mayo de 2014, inicialmente con 6 puntos de muestreo, en la actualidad cuenta con 16 puntos de monitoreo en distintas zonas de la ciudad. En la Tabla 14., se muestra los promedios

mensuales del monitoreo pasivo de material particulado sedimentable de 2018, de enero a noviembre, cuyos valores oscilan entre 1,16 y 1,86 mg/cm²*30días, siendo octubre el mes con mayor presencia de PMS.

Tabla 14. Promedio mensual de PMS mg / cm²*30 días, del año 2018.

PMS	
mg / cm ² *30 d	
Enero	1,16
Febrero	1,26
Marzo	1,33
Abril	1,39
Mayo	1,40
Junio	1,46
Julio	1,42
Agosto	1,31
Septiembre	1,29
Octubre	1,86
Noviembre	1,28

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

El TULSMA establece que, para el material particulado sedimentable, la máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 días de forma continua, será de 1 mg/cm² x 30 días.

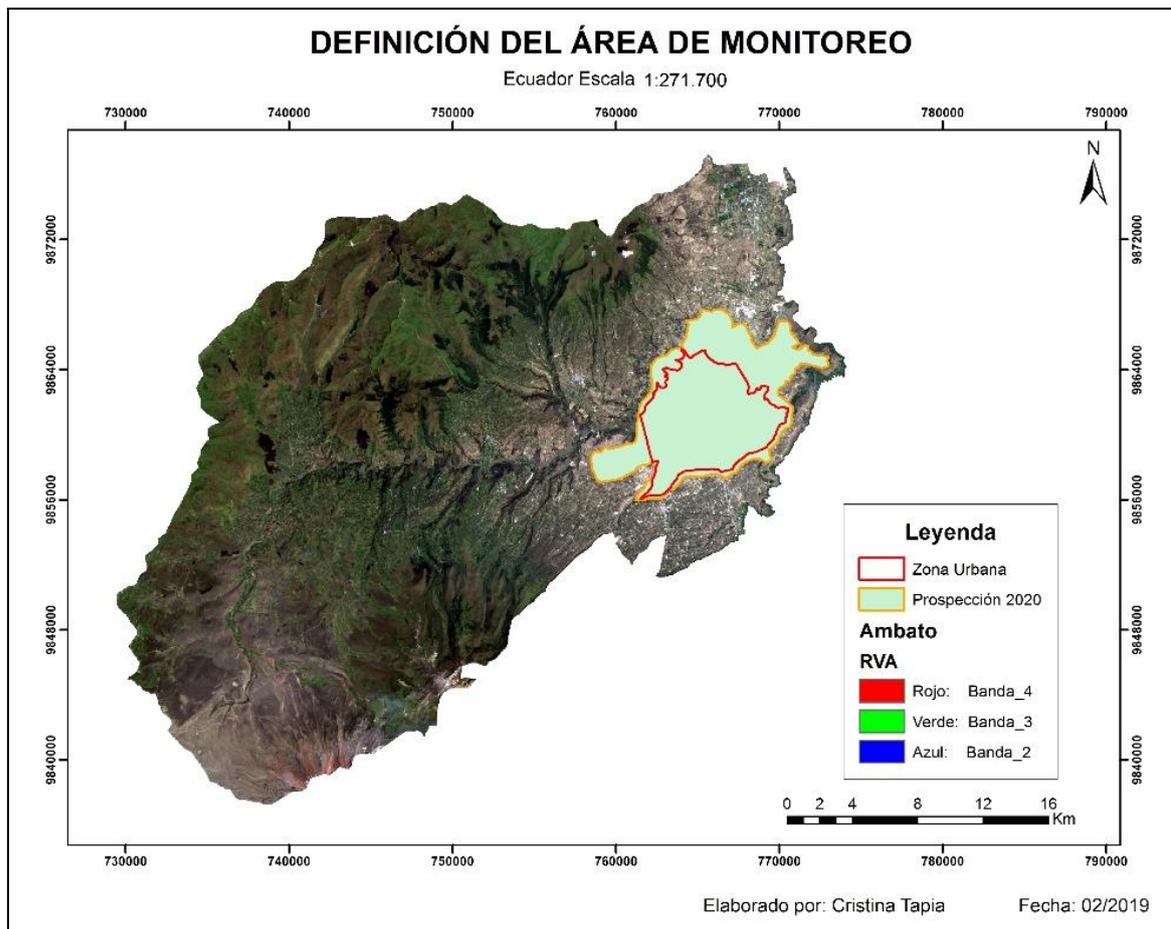
En este caso todos los valores medidos en cada mes, de enero y noviembre de 2018, se encuentran fuera del rango permitido. Hay que tomar en cuenta que los puntos de medición del MPS fueron ubicados para poder medir la contaminación producida por las fuentes móviles, ubicándolos a una distancias de 10 a 50 m de la fuente (calles o avenidas).

5.3. Requerimientos mínimos para la conformación de la red de calidad del aire.

5.3.1. Definición del área de monitoreo

Como consecuencia del análisis del territorio del cantón Ambato, desde la perspectiva de los asentamientos humanos y de los criterios analizados en la sección anterior, se determinó que para el diseño de la red se considera únicamente la zona urbana existente y las zonas de potencial expansión urbana contempladas en el PDOT de Ambato, que para efecto del presente trabajo se denominará zona de monitoreo.

La zona de monitoreo comprende las zonas con mayor tamaño de la población, concentrando el 50% de la población total del cantón y posee mayor densidad poblacional con 3.837 hab/Km². Para así garantizar la salud y el bienestar de la población que sufre directamente el impacto de la contaminación atmosférica. En el Mapa 11. Se presenta el área de monitoreo definida.

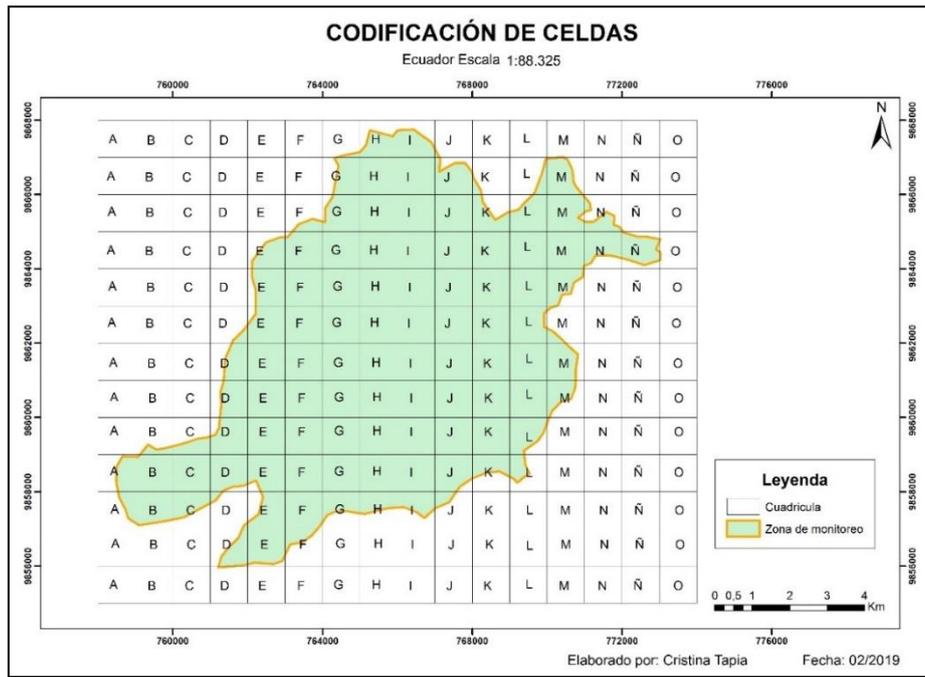


Mapa 11. Ubicación del área de monitoreo.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

5.3.2. Preselección de los puntos de monitoreo:

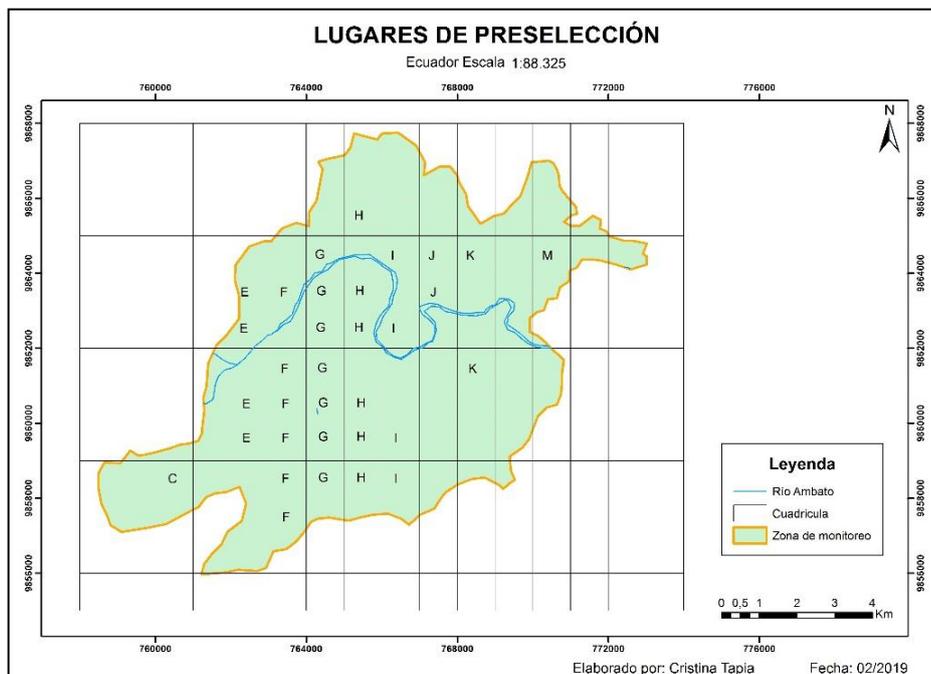
Para el análisis de la pre-selección de puntos de monitoreo se aplicó el método de la cuadrícula, mediante la técnica del Mallado Vectorial de Puntos, asignando una cuadrícula o malla de 1 km de distancia sobre la zona de monitoreo, utilizando la herramienta Hawth Tools de SIG. Los vértices de las cuadrículas se usaron como referencia para la posible ubicación de puntos de monitoreo. Se codificó cada celda con las letras A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, Ñ, O, para su identificación como se muestra en el Mapa 12.



Mapa 12. Codificación de los lugares de preselección.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

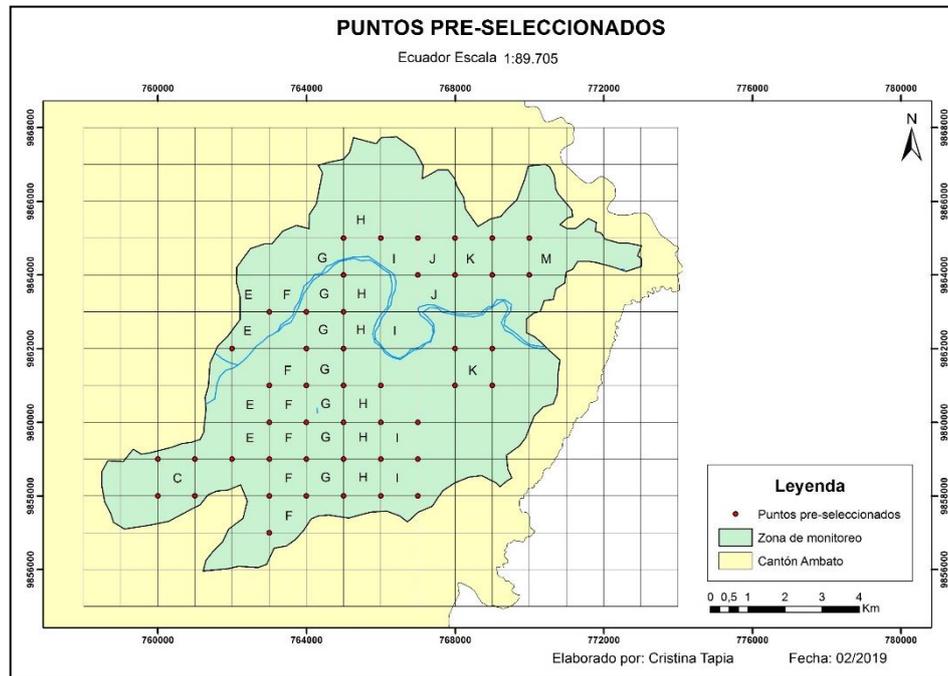
A continuación se descartaron las celdas que se encuentran fuera de la zona de monitoreo y mediante una imagen satelital y con la ayuda de SIG se omitieron las celdas que se ubicaron sobre el rio Ambato y las celdas que se ubicaban sobre zonas con menor mancha urbana. Como resultado de este análisis se obtiene 33 celdas, que constituirían los puntos preseleccionados de posible ubicación de estaciones. Mapa 13.



Mapa 13. Lugares de preselección.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

Luego se ubicaron los puntos en las intersecciones de cada celda como se muestra en el Mapa 14. Como resultado se ubicó 46 puntos pre-seleccionados.



Mapa 14. Puntos preseleccionados.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

5.3.3. Selección de lugares de ubicación:

De acuerdo con la metodología planteada, los puntos preseleccionados son evaluados mediante el análisis multicriterio.

5.3.3.1. Flujo vehicular

El criterio “Flujo Vehicular”, de determina a través de dos entradas. La primera corresponde al Tráfico Diario Promedio Anual TDPA, calculado para este estudio, de las vías del centro de la ciudad donde se cuenta con las cámaras de conteo vehicular. La segunda, los puntos seleccionados que representan mayor circulación en promedio, obtenidos del Estudio de Calidad de Aire de la Ciudad de Ambato (2008).

Como resultado los puntos de mayor flujo vehicular son los siguientes:

Punto 1: Av. Pedro Fermín Cevallos y Abdón Calderón con 999 vehículos (TDPA).

Punto 2: Av. Gonzales Suarez y Av. 12 de Noviembre con 974 vehículos (TDPA).

Punto 3: Eugenio espejo y Av. Tupac Yupanqui con 892 vehículos (TDPA).

Punto 4: Redondel Mercado Mayorista con 37 vehículos VL y 9 VCP.

Punto 5: Redondel de Huachi Chico con 36 VL y 10 VCP.

Punto 6: Av. Atahualpa y los Shyris con 41 VL y 4 VGP.

Punto 7: Yahaira (a la mitad) con 31 VL y 0 VCP.

Punto 8: 13 de Abril y Mera con 34 VL y 6 VCP.

Punto 9: Parque Sucre con 38 VL y 6 VCP.

Punto 10: Redondel del Estadio Bellavista con 41 VL y 4 VCP.

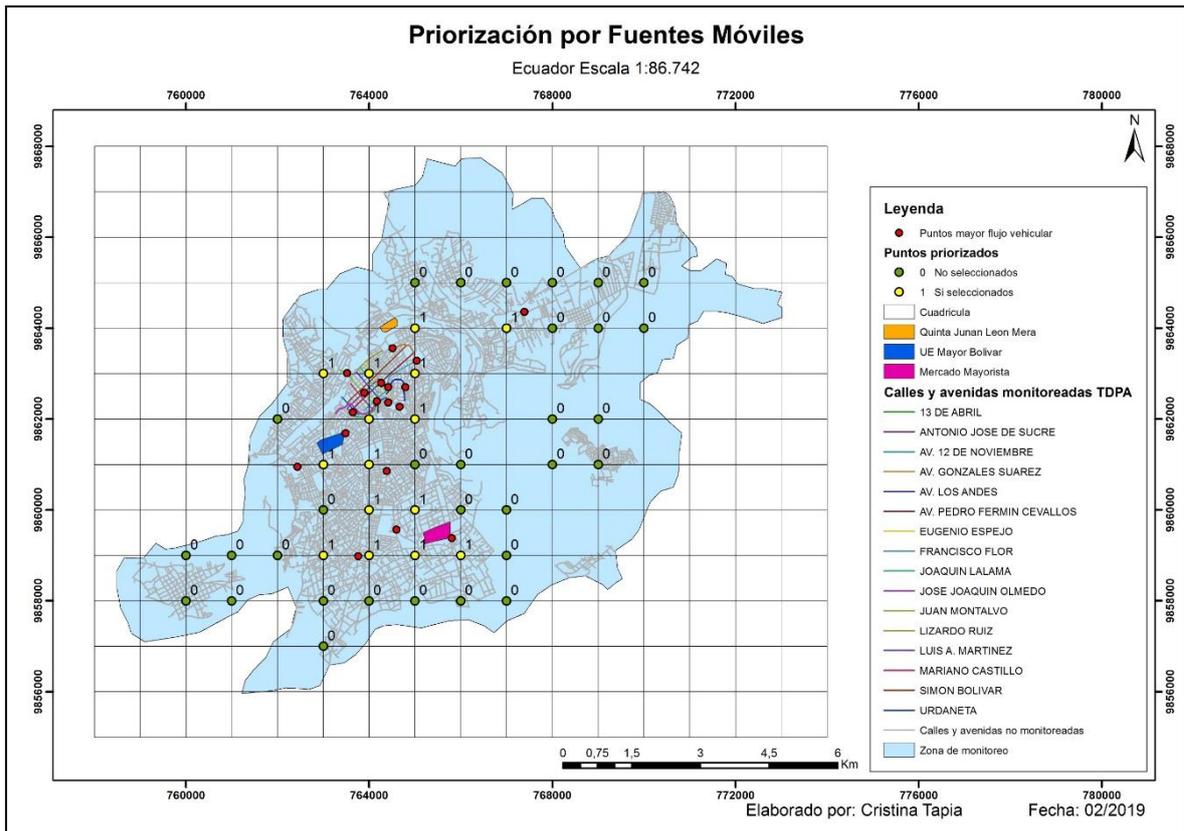
Punto 11: Av. El Rey y Los Andes con 35 VL y 4 VCP.

Punto 12: Av. 12 de Noviembre y Tomas Sevilla con 20 VL y 7 VCP.

Punto 13: Redondel de Cumanda con 43 VL y 8 VCP.

Punto 14: Av. Gonzales Suarez y Unidad Nacional con 31 VL y 6 VCP.

Punto 15: Redondel de Izamba con 33 VL y 8 VCP.



Mapa 15. Priorización por fuentes móviles.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

Como resultado del análisis anterior, se priorizó 15 de los 46 puntos pre-seleccionados anteriormente. Estos puntos priorizados o seleccionados han sido codificados con el valor de 1, mientras que los puntos no priorizados o seleccionados con el valor 0.

En el Anexo 5., se muestra el Mapa 15., en formato A3.

5.3.3.2. Seguridad

Para garantizar la seguridad de las estaciones es necesario considerar que los equipos puedan ser ubicados en sitios con acceso restringido para evitar posibles atentados. Para este criterio se consideró principalmente la infraestructura pública, esto es, edificios del estado, hospitales o centros de salud, instituciones educativas, UPCs, entre otras. En caso de que los puntos no coincidan con algunas de las infraestructuras mencionadas anteriormente se considerará los sitios particulares y su disposición para ubicar las estaciones dependerá de la gestión de la entidad responsable.

En la Tabla 15., se presenta el lugar y la dirección de los puntos pre-seleccionados priorizados anteriormente.

Tabla 15. Ubicación de puntos pre-seleccionados priorizados.

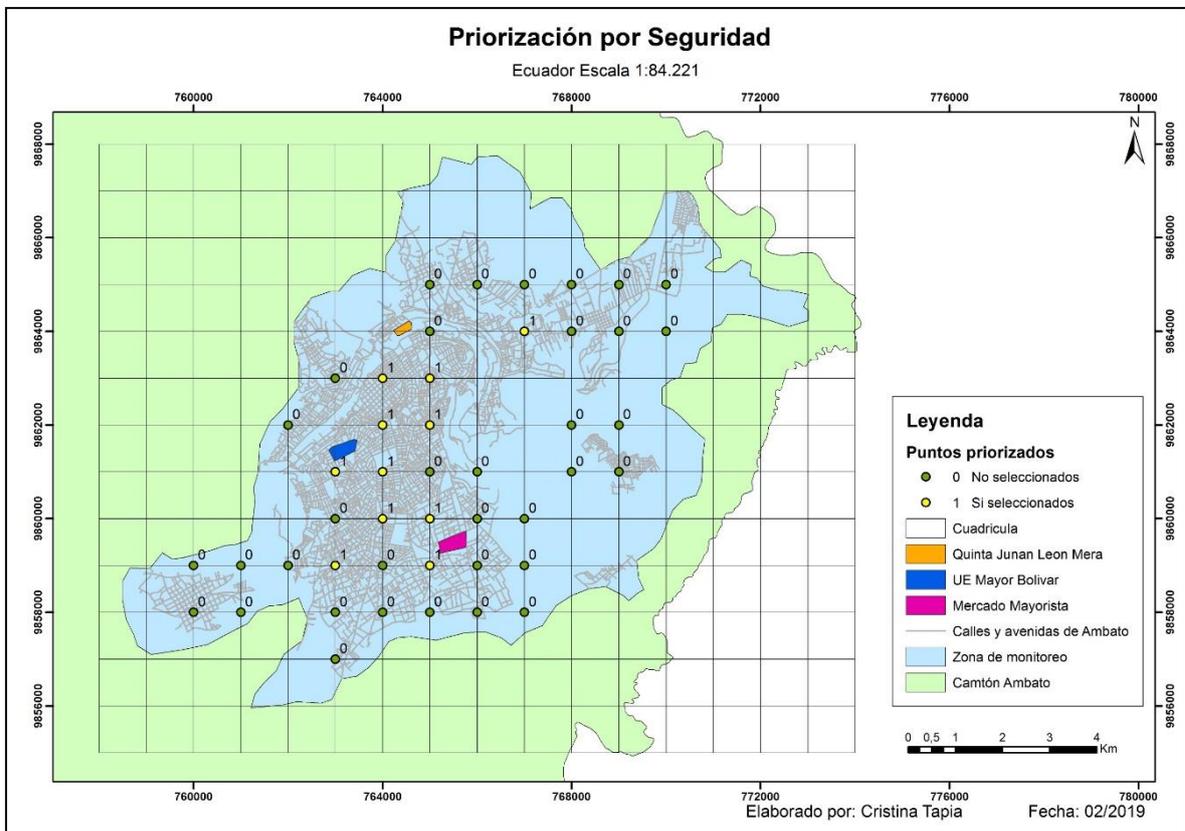
No	X	Y	Ubicación	Dirección
1	765000	9864000	Puente (lote baldío)	Dr. Julio Paredes (Puente)
2	767000	9864000	Concesionaria de autos	Av. Indoamerica y Calle Juticalpa
3	763000	9863000	Mirador de Pinllo	Raimundo Salazar
4	764000	9863000	U.E. Juan Montalvo	Cuenca y Eugenio Espejo
5	765000	9863000	Domicilio Particular	Calle Los Llanganates y Calle Quilindaña
6	764000	9862000	Domicilio Particular	Av. Quis Quis y Capac Yupanqui
7	765000	9862000	Iglesia Nuestra Señora de Fátima	Corazón (El recreo)
8	763000	9861000	Domicilio Particular	Barcelona y Sevilla
9	764000	9861000	Domicilio Particular	Duchicela y Roca Inca
10	764000	9860000	Mall de los Andes	Av. Atahualpa y Río Guallabamba
11	765000	9860000	Domicilio Particular	Febres Cordero y Agustín Velazco
12	763000	9859000	Domicilio Particular	Av. Cervantes y Jorge Carrera
13	764000	9859000	Lote baldío	Río Coca y Av. Jácome Clavijo
14	765000	9859000	Domicilio Particular	Av. Julio Jaramillo y Av. Amable Ortiz
15	766000	9859000	Lote baldío	Sócrates y Pasaje SN

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

Del análisis de los lugares en los que se han ubicado los puntos pre-seleccionados priorizados, se determinó que en los puntos número 1, 13 y 15, no se puede ubicar las estaciones por tratarse de terrenos baldíos. En estos lugares la seguridad de los equipos podría vulnerarse con facilidad.

El punto 3 se descarta por tratarse del Mirador de Pinllo, ya que por su elevación recibe vientos más fuertes y no representa la concentración de contaminantes que recibe la población de Pinllo que se ubica a menor altura.

En el Mapa 16., se muestran los 11 puntos valorados con 1, que se mantienen como resultado del análisis de seguridad de las estaciones.



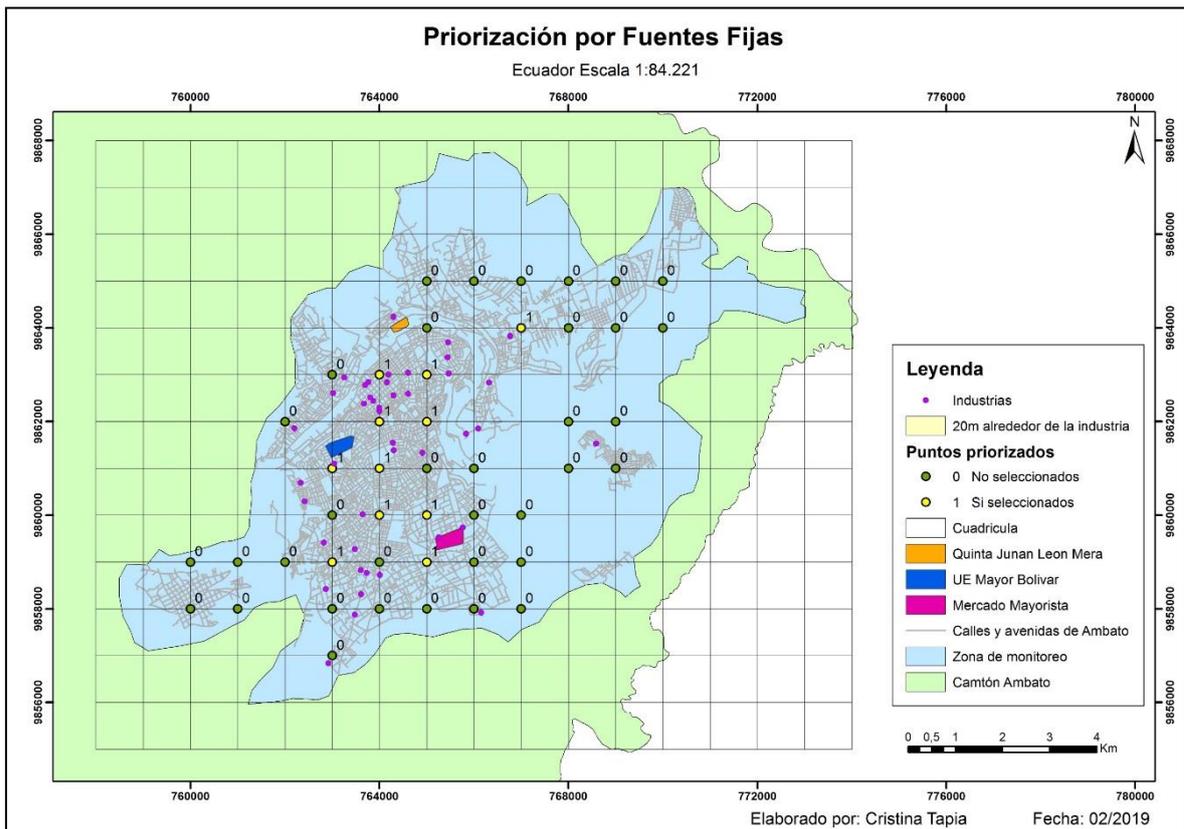
Mapa 16. Priorización de los puntos de preselección por seguridad.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

5.3.3.3. Influencia de fuentes fijas

De acuerdo a la literatura las estaciones de monitoreo de calidad de aire, se deben ubicar a una distancia superior a 20 m de las fuentes fijas para evitar mediciones directas.

El área de influencia de las industrias, se obtuvo mediante Sistemas de Información Geográfica a través de la herramienta proximiti. Como resultado se obtuvo áreas muy pequeñas, que por motivo de escala se vuelven despreciables en el mapa. Por ésta razón se procedió a realizar el análisis multicriterio, a través de la herramienta Select by Loction de SIG, verificando que las industrias no intersequen con los posibles puntos de ubicación de las estaciones. Ver Mapa 17.



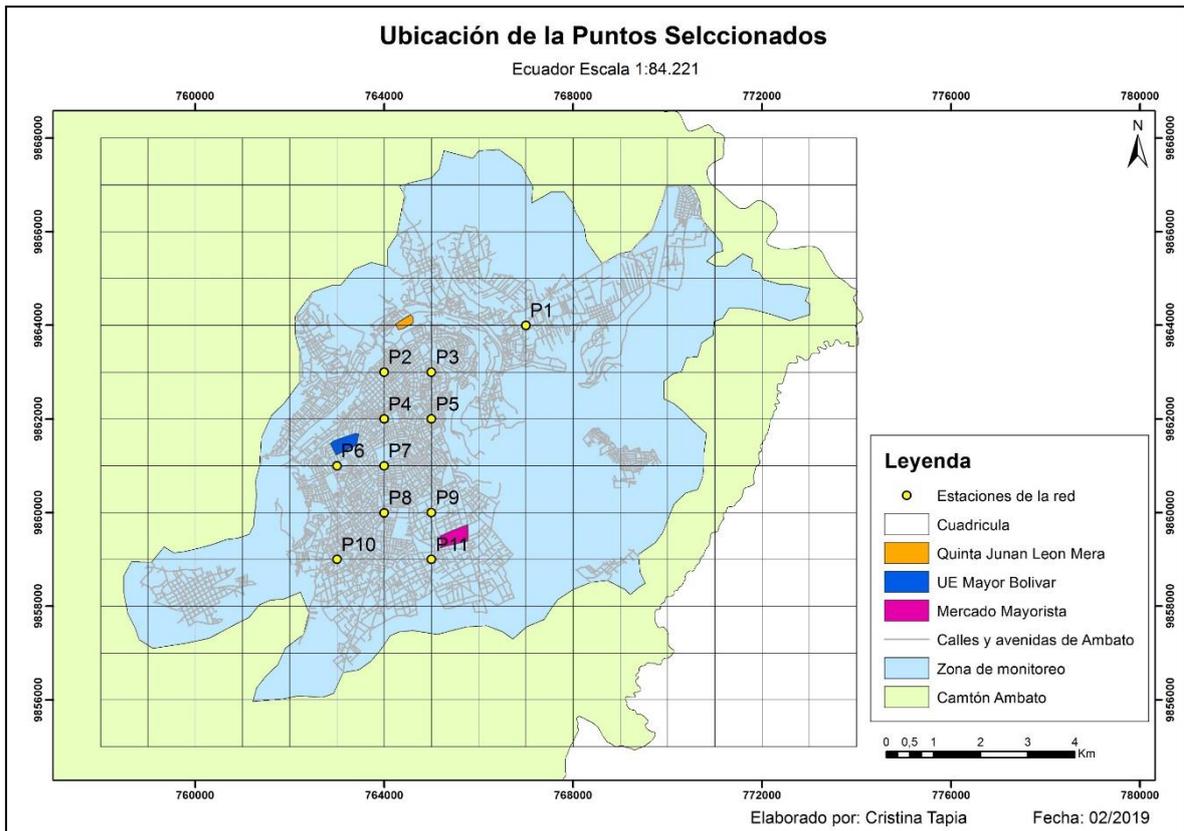
Mapa 17. Priorización por la influencia de las fuentes fijas.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara.

Del análisis anterior se determinó que ningún punto priorizado anteriormente interseca con las industrias, por lo que se mantienen los 11 puntos codificados con el valor 1.

5.3.4. Puntos de monitoreo seleccionados

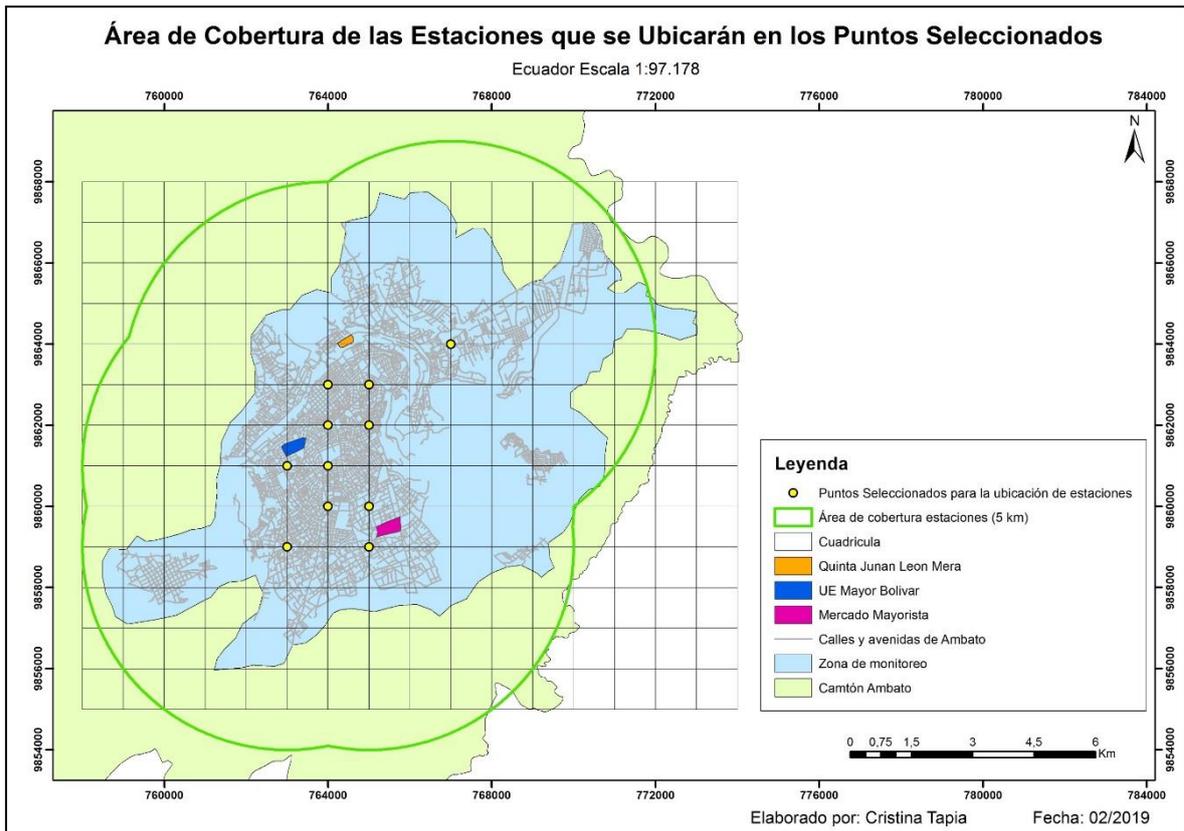
Del análisis multicriterio realizado se determinó los puntos donde se ubicarán las estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire. Estas estaciones se ubican en 11 sitios, donde se presenta mayor urgencia de monitoreo. Ver mapa 18.



Mapa 18. Ubicación de los puntos seleccionados, resultado de la priorización.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

A continuación se procedió a identificar el área de cobertura de las estaciones, a través de la herramienta Proximidad de SIG. Para el caso de estudio se tomó un área de 5 km, valor de referencia tomado del área de cobertura que posee la estación actual de monitoreo de calidad de aire del Municipio de Ambato. Ver Mapa 19.



Mapa 19. Cobertura de las estaciones
Elaborado por: Cristina Tapia Jara

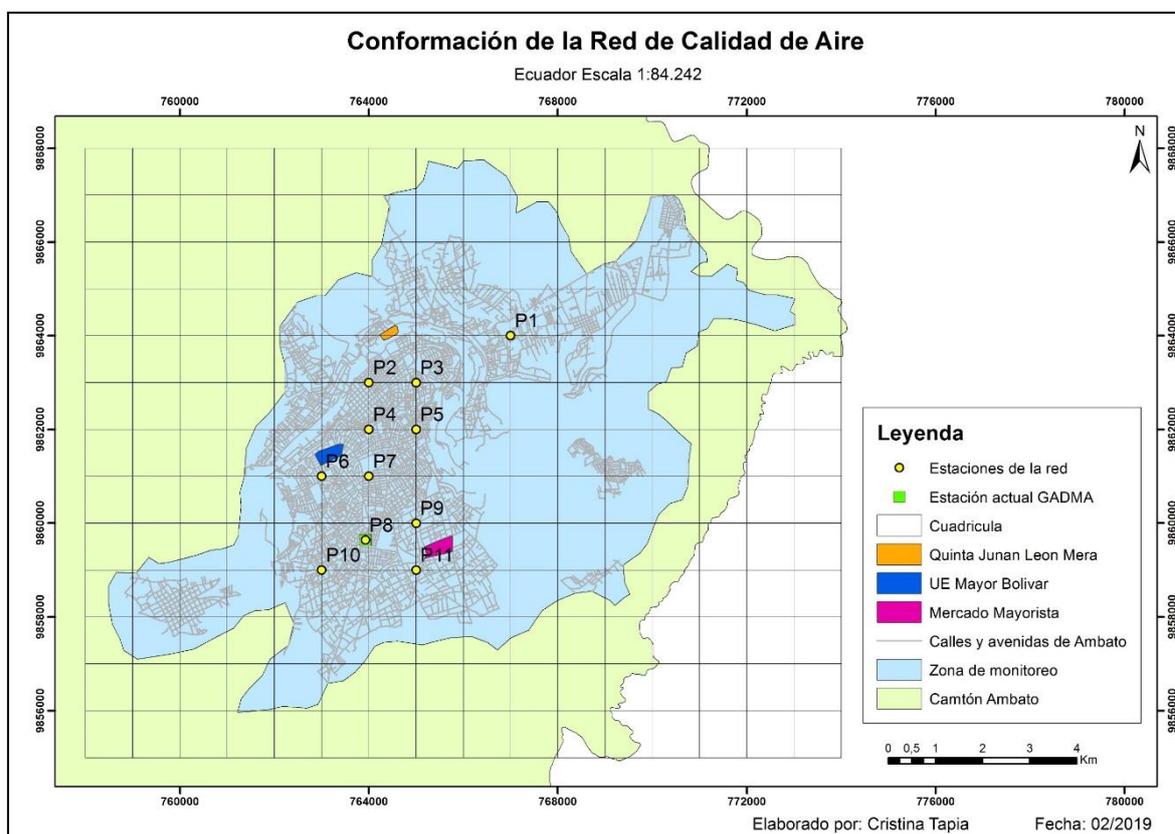
Mediante el análisis de la cobertura de las estaciones, se establece que, con los 11 puntos de posible ubicación de las estaciones, se cubre en gran parte el territorio de la zona de monitoreo. Cabe mencionar que la cobertura de las estaciones dependerá del equipo que se adquiera al momento de aplicación de la propuesta.

5.3.5. Inclusión de la estación de monitoreo actual a los puntos seleccionados

Con el fin de formar una red de monitoreo de calidad de aire, es preciso incluir en el presente diseño la estación actual de monitoreo de calidad de aire propiedad de la municipalidad de Ambato.

La estación actual se encuentra ubicada en la misma celda que el Punto 8, en el Edificio Matriz Sur del Municipio de Ambato. Su ubicación no es errada, sin embargo, el único parámetro de ubicación considerado para su implantación, fue el de seguridad. Para optimizar recursos y aprovechar la estación actual, el Punto 8 se recorre a la estación actual manteniéndose dentro de la misma celda.

En el Mapa 20., se presentan la conformación final de la Red de Calidad de Aire para Ambato, incluida la estación de monitoreo actual de la municipalidad. La red cuenta con 11 estaciones distribuidas en la zona de monitoreo de acuerdo al resultado del análisis multicriterio.



Mapa 20. Conformación de la red de monitoreo de calidad de aire.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara.

Al incluir la estación actual de monitoreo como parte de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire para Ambato, se requerirá de una administración compartida, entre el municipio y la entidad ejecutora de la propuesta.

5.3.6. Accesibilidad al sitio

Una vez seleccionados los lugares de ubicación de las estaciones de la red de monitoreo, su instalación dependerá del acceso o no que brinde el o los propietarios de los predios en donde han sido colocados los puntos y de las características del lugar que se conocerán en el momento mismo de la instalación.

En caso de que su colocación no sea permitida o no cuente con las condiciones apropiadas, se buscara un punto dentro de la misma celda para reubicar su posición.

Para obtener acceso a los lugares de ubicación la entidad encargada deberá tramitar la autorización así como también deberá proporcionar conexión eléctrica, telefónica y de internet para la instalación y funcionamiento de las estaciones automáticas.

5.3.7. Distancia a obstáculos

De acuerdo con (Martinez & Romieu) citada por Guayasamin L. (2018), para garantizar el flujo lo más libre posible, se debe evitar árboles y edificios en un área de 10 m alrededor del lugar de monitoreo y no se debe tomar muestra en las superficies laterales de los edificios.

En el caso de que existiera algún obstáculo se tomarán las medidas que la entidad responsable considere, dentro de ellas se encuentra el cambio de lugar dentro de los vértices de la misma celda, como se mencionó anteriormente.

6. PROPUESTA DE RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE

El presente estudio buscó conocer la situación actual del monitoreo de la calidad del aire en el cantón Ambato. Los resultados obtenidos muestran que no existen datos suficientes que permitan estimar el estado de la calidad del aire en el cantón, pues la única estación existente proporciona datos puntuales y su ubicación no corresponde a un análisis amplio, si no, más bien, se instaló bajo el único criterio de seguridad.

Por otra parte, la información recabada del cantón revela que la zona urbana de Ambato, agrupa a la mitad de la población de todo el cantón y concentra una alta densidad poblacional (3.837 hab/Km²); posee un gran parque automotor, donde los vehículos particulares representan el 94% del total de vehículos matriculados en 2017. Estas características sumadas a las particularidades topográficas y climáticas propias de la ciudad generan un problema de contaminación ambiental.

Estos resultados, muestran la necesidad de disponer de una red de monitoreo de calidad del aire que permita a los actores involucrados mejorar la calidad de las decisiones públicas orientadas a garantizar un ambiente sano y libre de contaminación como lo dispone la constitución ecuatoriana.

En la presente propuesta de diseño se ha tomado como base los objetivos de la red y el análisis multicriterio.

6.1. Objetivos principales del monitoreo de la red de calidad de aire

Los objetivos son un punto clave para el diseño de la red de calidad de aire, por lo tanto deben ser congruentes con las posibilidades técnicas y económicas de la entidad responsable. De la misma forma deben ser claros de acuerdo a las necesidades a las que se vaya a aplicar.

- Determinar el nivel de concentración de los contaminantes seleccionados y su cumplimiento de la normativa vigente.
- Informar a la población acerca del estado de la calidad de aire a la que están expuestos.
- Proveer información útil para que las autoridades de control local tomen medidas administrativas, jurídicas y técnicas frente a la calidad de aire que tenga la ciudad.
- Proporcionar datos para investigación y evaluación de los temas de calidad de aire.

- Activar procedimientos de control y prevención ante situaciones de emergencia (en el caso de erupciones volcánicas).

6.2. Escala de monitoreo adecuada.

La escala de vigilancia escogida es urbana, de acuerdo a la escala establecida por Landreneau (2009) al monitorea entre 4 a 100 km.

6.3. Estrategias de monitoreo.

6.3.1. Parámetros ambientales a medir

Con base a la información levantada del monitoreo actual, se determinó que se medirán los mismos contaminantes que mide la estación de calidad de aire actual: CO, NO₂, O₃, PM_{2.5} y PM₁₀. Han sido seleccionados al ser los parámetros criterio reconocidos por la legislación ecuatoriana. A demás son los generados por la combustión del parque automotor, las industrias y las fuentes naturales.

Se recomienda que cada estación cuente con equipos que monitoreen las condiciones meteorológicas propias de la ciudad, como las temperatura, precipitación, velocidad y dirección del viento y radiación. Parámetros que influyen en el comportamiento de los contaminantes atmosféricos.

6.3.2. Frecuencia de monitoreo

Debido a que se pretende instalar equipos automáticos, las frecuencias de monitoreo se recomienda sea cada hora, todos los días. De la misma forma que opera la estación actual. Sin embargo se tomará en cuenta los límites de medición que posean los equipos que se vaya a adquirir.

6.3.3. Metodología

Los analizadores automáticos permiten tener alto funcionamiento, datos en línea y bajos costos directos, sin embargo presentan la desventaja de ser complejos y caros, requieren de personal calificado y representan altos costos de operación. A pesar esto los analizadores automáticos representan mayor utilidad para cumplir con los objetivos planteados.

6.3.4. Selección de equipos

Los equipos que se vayan a adquirir deberán ser seleccionados de acuerdo a los objetivos de monitoreo, considerando la calidad y precisión de los datos, y la capacidad económica y técnica local.

Los equipos automáticos se basan en las propiedades físicas y químicas de los contaminantes que detectan utilizando métodos optoelectrónicos. Requieren de sistemas telemétricos para la transmisión de datos y computacionales para su archivo y procesamiento.

Se recomienda que los analizadores posean especificidad para el contaminante, sensibilidad y rango de interés, precisión, estabilidad en la calibración, tiempo de respuesta adecuado, costos, facilidades y servicios apropiados.

6.4. Estaciones de monitoreo

Para una óptima operación de los analizadores automáticos se necesitan algunos requerimientos como: aire acondicionado, instalaciones y protecciones eléctricas, consola de montaje, toma de muestras, sistemas de transmisión y acopio de datos, sistemas de calibración, seguridad y alarmas.

6.5. Localización de los sitios de monitoreo

Para definir los sitios de ubicación de las estaciones, se consideró varios criterios:

1. Identificación de puntos críticos que representan: zonas de mayor concentración de población y mayor flujo vehicular.
2. Identificación de fuentes fijas de contaminación.
3. Aspectos topográficos, la meteorología local y los objetivos de la red.

Además se identificó los lugares que cumplen con las condiciones de logística, seguridad y exposición de los analizadores automáticos. En la Tabla 16., se presenta la ubicación de los puntos seleccionados dentro de la zona de monitoreo.

Tabla 16. Ubicación de los puntos seleccionados.

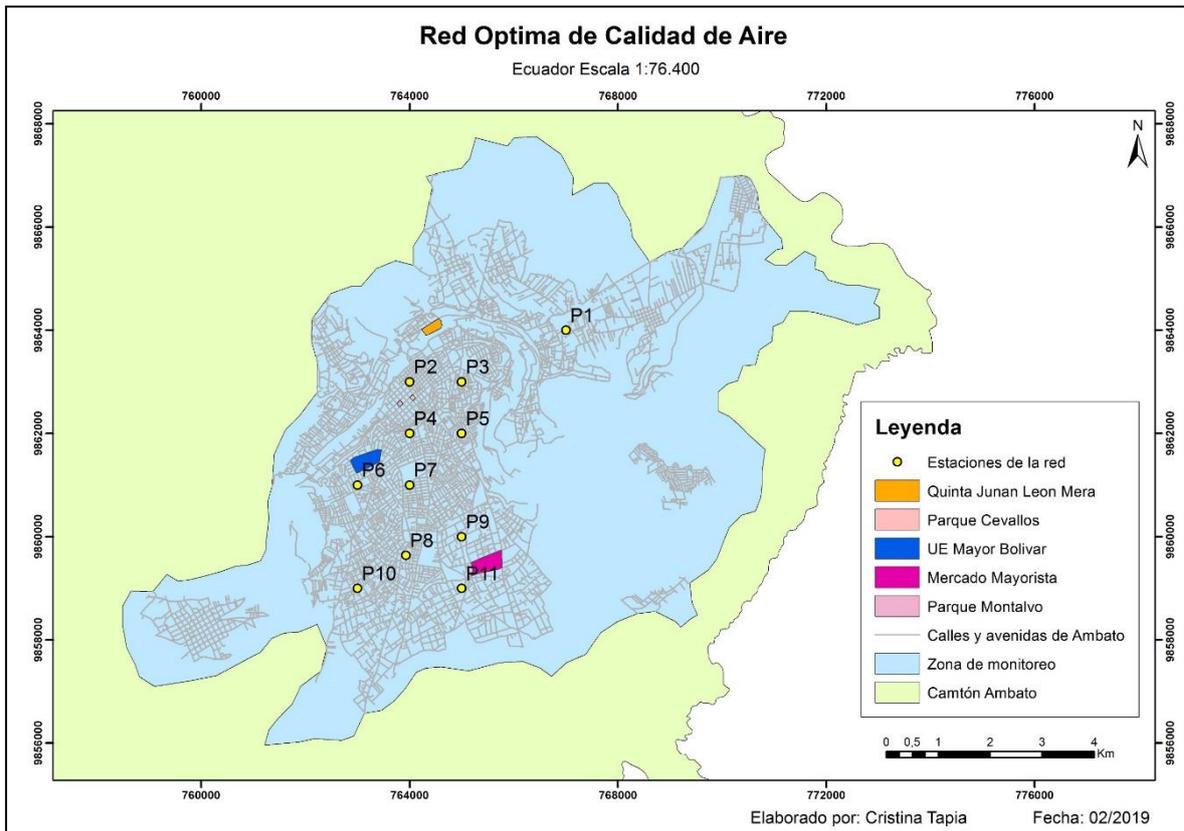
Puntos	X	Y	Dirección	Lugar
P1	767000	9864000	Av. Indoamerica y Calle Juticalpa	Concesionaria de autos
P2	764000	9863000	Cuenca y Eugenio Espejo	U.E. Juan Montalvo
P3	765000	9863000	Calle Los Llanganates y Calle Quilindaña	Domicilio Particular
P4	764000	9862000	Av. Quis y Capac Yupanqui	Domicilio Particular
P5	765000	9862000	Corazón (El recreo)	Iglesia Nuestra Señora de Fátima
P6	763000	9861000	Barcelona y Sevilla	Domicilio Particular
P7	764000	9861000	Duchicela y Roca Inca	Domicilio Particular
P8	763928,65	9859639,02	Av. Atahualpa y Río Papallacta	Municipio Matriz Sur
P9	765000	9860000	Febres Cordero y Agustín Velazco	Domicilio Particular
P10	763000	9859000	Av. Cervantes y Jorge Carrera	Domicilio Particular
P11	765000	9859000	Av. Julio Jaramillo y Av. Amable Ortiz	Domicilio Particular

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

6.6. Red Óptima

La OMM (2011), establece que mientras exista un mayor número de estaciones de monitoreo, mejor será la calidad de datos que se obtenga.

La red óptima está conformada por 11 estaciones, una de ellas, la estación actual; las estaciones seleccionadas cubren el área de estudio y los sitios que requieren mayor premura de ser monitoreados. Dentro de estos lugares se encuentra los sitios que reciben probable afectación por las fuentes móviles, como es el caso del centro de la ciudad; y por fuentes fijas. Además monitorea zonas residenciales que se encuentran en la trayectoria del viento, pudiendo recibir el arrastre de contaminantes. Ver Mapa 21.



Mapa 21. Red óptima de calidad de aire.

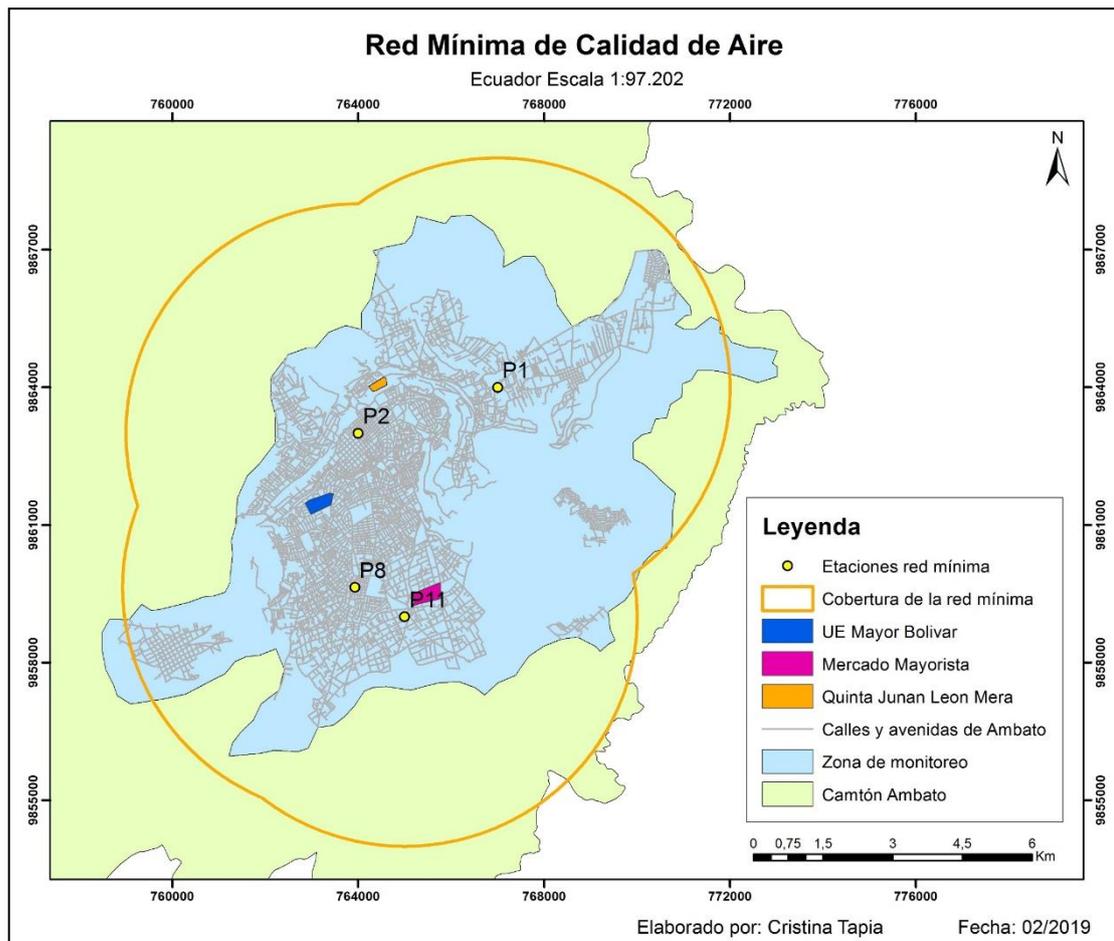
Elaborado por: Cristina Tapia Jara.

6.7. Red Mínima

En el caso de que las posibilidades económicas no permitan instalar la red óptima, se recomienda instalar la red mínima de monitoreo calidad de aire en la ciudad de Ambato. Los lugares establecidos fueron seleccionados a partir de los determinados para la red óptima, el criterio de filtro y selección fue la cobertura de las estaciones.

Se configuró a la red mínima para cubrir la zona de monitoreo con pocas estaciones y para obtener datos representativos del comportamiento de los contaminantes en la ciudad, con una inversión menor.

La red mínima está conformada por cuatro estaciones de monitoreo de la calidad de aire, incluyendo la estación actual, que se encuentran distribuidas sobre Ambato como se muestra en el Mapa 22. Se han mantenido los puntos 1, 2, 8 y 11, como parte de la red mínima.



Mapa 22. Red mínima de calidad de aire.

Elaborado por: Cristina Tapia Jara.

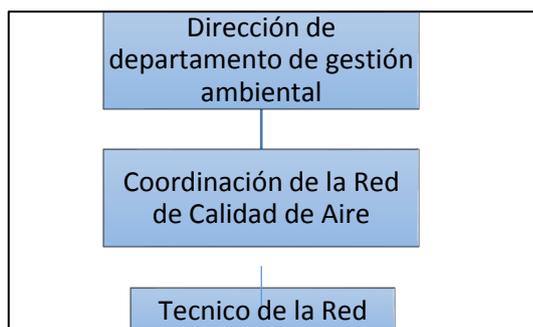
Como se mencionó anteriormente, a mayor número de estaciones, más rico serán los datos que se obtengan, sin embargo con la conformación de la red mínima aún se obtendrán datos representativos que permitan cumplir con los objetivos de la red.

6.8. Administración de la red

6.8.1. Recurso Humano

Para la adquisición, implementación de equipos, operación de la red de calidad de aire, se requiere de un equipo que esté formado por personal capacitado e involucrado en el desarrollo de las diferentes actividades que conlleva el funcionamiento de la red.

Por motivos económicos se recomienda asignar a la administración de la red al menos una persona, el técnico de la red, que realizará labores de preparación de reportes, toma y análisis de muestra, bajo la coordinación del departamento de gestión ambiental de la entidad responsable. A continuación se presenta una propuesta de organigrama de la red.



*Figura 4. Organigrama de la red.
Elaborado por: Cristina Tapia Jara.*

6.8.2. Operaciones para el funcionamiento de la red

Las operaciones que se debe realizar para mantener los procedimientos estándares de funcionamiento, se llevan a cabo durante visitas periódicas a las estaciones de monitoreo y algunas de ellas son:

Verificar el funcionamiento adecuado del equipo, calibrar los instrumentos, anticipar problemas para minimizar la inutilización de los equipos y reparar o reemplazar los analizadores cuando sea necesario.

A demás todas las visitas a las estaciones deberán documentarse, para lo cual se deberá crear un calendario de visitas regulares y registrar las actividades que se realicen (revisiones, calibración, mantenimiento).

6.8.3. Reportes y uso de los datos

Los reportes serán utilizados como base para la planificación de estrategias de control, prevención y reducción de la contaminación atmosférica y analizar la situación de la calidad de aire de la ciudad de Ambato. Los datos registrados serán almacenados y se encontraran disponibles en cualquier momento. Se deberá elaborar reportes mensuales y anuales, los que serán de conocimiento público.

Con la implementación de una red de calidad de aire se obtendrá un volumen de datos considerables que permitan elaborar normas oportunas, de acuerdo con las condiciones propias de la ciudad. Con los datos obtenidos también se podrá elaborar índices propios, que sean comprensibles para las autoridades y el público en general; convirtiéndose en instrumento de planificación, ejecución y evaluación de acciones cuyo único fin sea el mejoramiento de la calidad de aire y el desarrollo de la ciudad.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- El Estudio de Calidad de Aire de la Ciudad de Ambato realizado entre 2007 y 2008 por la municipalidad, con el apoyo de PETROECUADOR y la Universidad Central del Ecuador, es el único registro de monitoreo de la calidad de aire encontrado, previo al monitoreo de material particulado sedimentable que realiza el municipio de Ambato desde 2014 y de la instalación de la estación automática de calidad de aire en 2016. Este estudio determinó que el estado de la contaminación en los periodos mencionados, se encuentra dentro del límite establecido por la ley, a pesar de la existencia de ciertos puntos que superan las concentraciones máximas permitidas, en promedio de todos los puntos, las concentraciones se encuentran dentro del rango permitido. Ahora cabe mencionar que han pasado 12 años y el parque vehicular ha crecido un 8.8% y la tasa de crecimiento poblacional anual del cantón es de 1,93%, por lo que es necesario contar con una red de monitoreo que de información de la situación de la calidad del aire en la ciudad.
- Se determinó, mediante el mapeo de actores, que el Municipio de Ambato, encargado de la gestión ambiental cantonal, es el que posee la responsabilidad de articular políticas locales que garanticen la calidad de vida de la población. En la revisión de sus ordenanzas, no se encontró ninguna orientada a reducir la contaminación atmosférica. Mediante la red de calidad de aire diseñada en este estudio, se obtendrán datos que permitan identificar los problemas que generen mayor contaminación en la ciudad y sustenten la creación de medidas y políticas ambientales.
- Se identificó que, las condiciones singulares topográficas que presenta Ambato, el transporte convectivo horizontal que se produce por la velocidad y dirección del viento, el transporte convectivo vertical que se genera por la estabilidad atmosférica y la inversión térmica (en función de la radiación solar, velocidad y dirección del viento), el arrastre de partículas por la precipitación, determinan el comportamiento de la concentración de contaminantes. En Ambato, al generarse circulaciones cerradas del viento, que ocurren cuando los fuertes vientos inciden perpendicularmente en las crestas de montañas o edificios, se produce la acumulación progresiva de contaminantes.

- El análisis multicriterio, es una herramienta útil, accesible y versátil, pero también compleja. Compleja al requerir un gran volumen de información para poder seleccionar los puntos de ubicación, poniendo los criterios de ubicación frente a los requerimientos mínimos de las estaciones y así filtrarlos para obtener la ubicación definitiva. Este análisis sin embargo es útil en el caso que se desconozca los valores puntuales de contaminación de las fuentes fijas como el caudal de los gases, altura de chimeneas, etc. Los modelos matemáticos son prácticos de aplicar en el caso de contar con los datos mencionados anteriormente, ya que con ellos, realizan un modelo del comportamiento de los contaminantes y permite así ubicar a las estaciones.
- En el presente estudio se han determinado dos tipos de red de calidad del aire. Una la red mínima conformada por cuatro estaciones y otra, la red óptima conformada por 11 estaciones, que es la que se plantea como necesaria para que la ciudad pueda contar con datos suficientes para la planificación y diseño de políticas públicas ambientales.

7.2. Recomendaciones

- Para evaluar adecuadamente la calidad del aire en la zona urbana, donde el comportamiento meteorológico puede ser influido por variables como la presencia de edificaciones, pendientes y depresiones, etc., es sugerente instalar equipos para el monitoreo meteorológicos a la par de los equipos de monitoreo de los parámetros de contaminantes del aire, así poder realizar proyecciones del comportamiento de los contaminantes atmosféricos.
- La coordinación entre la entidad ejecutora de la propuesta y el municipio de Ambato se recomienda tenga características de fluidez y eficacia, para que el monitoreo de calidad de aire no se interrumpa.
- Se recomienda utilizar a la red como instrumento de acción, mediante el cual se pueda elaborar normas o indicadores, establecidas en función de las particularidades propias de la ciudad. Ambato es una ciudad de altura y posee características propias como temperatura y presión.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi.
- ATSDR. (2012). *Monóxido de carbono y de los efectos de la exposición a esta sustancia*. EEUU: Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.pdf.
- Calahorano, J. M. (2016). Boxplots y media móvil: Métodos sencillos de interpretación de series temporales de precipitación en la cuenca del Pastaza. *Perfiles*, 2(16), 20-26.
- Camara de Industrias de Tungurahua. (2015). *Lista de Afiliados CAPIT*. Ambato.
- Cevallos J. (2018). *CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE PARA DETERMINAR EL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE AIRE EN LA CIUDAD DE AMBATO*. Riobamba: Obtenido de <file:///C:/Users/usuario/Downloads/UNACH-EC-ING-AMB-2018-0001.pdf>.
- COOTAD. (19 de Octubre de 2010). *Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización*. Quito.
- Diario La Hora. (2013). *¿Respramos aire limpio?* Ambato: Diario La Hora.
- DM Quito. (2010). *CONTAMINACION DEL AIRE EN LA CIUDAD DE QUITO*. Quito.
- GADM Ambato. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Ambato*. Ambato.
- GADMA. (2016). *“Plan de Calidad del Aire Ambato”: un esfuerzo innovador a favor del medio ambiente*. Ambato: Obtenido de: <https://www.ambato.gob.ec/plan-de-calidad-del-aire-ambato-un-esfuerzo-innovador-a-favor-del-medio-ambiente#prettyPhoto>.
- GADMA. (2016). *Plan de Calidad de Aire Ambato*. Ambato: GADMA.
- Guayasamín L. (2018). *Diseno de la red de monitoreo de la calidad del aire en el Cantón Mejía*. Quito.
- Guzman, C., & Aguirre, r. (2000). *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA RED*. Mexico.
- HGPT. (2018). *Estaciones Hidrometeorológicas de la Provincia de Tungurahua*. Ambato.

- Landreneau J. (2009). *Diseñando una Red de Monitoreo de la Calidad del Aire para Zonas Urbanas*. Costa Rica.
- Martinez & Romieu. (1997). *Introducción al monitoreo Atmosférico*. Mexico: Citada por Guayasamin L. (2018).
- Nava E. Simanacas R. & García C. (2014). *Diseño de una red de monitoreo de calidad de aire para un complejo petroquímico*. Venezuela: Revista Tecnociencia URU.
- NECA. (2011). *Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire*. Obtenido de http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/ICA2015.pdf.
- OMM. (2011). *Guía de Practicas Climatológicas*. Ginebra, Suiza: OMM.
- OMS. (2018). *Calidad de Aire y Salud*. Obtenido de [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- Oyarzúm M. (2010). *Contaminación aérea y sus efectos en la salud*. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcher/v26n1/art04.pdf>.
- Páez C. (2008). *Gestión de la Calidad del Aire*. Quito.
- Pérez D. (2017). Estudio de emisiones de contaminantes utilizando combustibles locales. *INNOVA Research Journal*, Vol 2,, 23-34.
- PNUMA. (2008). *Estado del aire, Ecuador*. GEO Ecuador.
- Secretaría de Ambiente. (2015). *Informe Anual de Calidad de Aire de Quito*. Quito.
- Secretaría de Ambiente de Quito. (2011). *Red de Monitoreo Atmosférico*. Quito.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1. Registro de entrevista a la Técnica de la Estación de Calidad de Aire.

ENTREVISTA

Fecha: 19/02/2019

Nombre de la persona entrevistada: Fernanda Noboa

Cargo o Puesto: TÉCNICO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Dirección o Departamento: CONTROL Y GESTIÓN AMBIENTAL

Objetivo:

Determinar es estado actual del monitoreo de la calidad aire en el cantón Ambato.

Preguntas:

1. ¿Qué tipo de estación tienen?

Es una estación de monitoreo continuo, tiene 3 equipos automáticos y 1 semi automáticos

2. ¿Cuáles son las especificaciones técnicas de los equipos? (marca, año de fabricación, origen).

Marca: Teledyne API
Año: 2015
Origen: USA

3. ¿Cuál es el área de cobertura de la estación?

Solo en terrenos planos con un patoso de viento estable es de 5 Km.

4. ¿Qué parámetros mide y con qué frecuencia se miden?

✓ Mide CO, NO₂, O₃ y PM_{2.5}
Frecuencia: El equipo puede generar reportes desde cada segundo, minuto, hora.

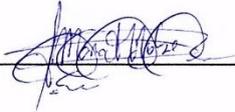
5. ¿Dónde se encuentra ubicada?

✓ Se ubica en el edificio matriz sur del Municipio de Ambato
Afahualpa y Río Cutuchi

6. ¿Cuál es el tipo de procesamiento de datos?

Para informar a la ciudadanía
Calibración de los analizadores, se realiza ajuste cero y span utilizando gases porton
Norma Rangos / Equipo da los datos para cada parámetro ✓ Emite un
promedio mensual / Con los promedios se elabora un informe anual

Nombre de la persona entrevistada: Fernanda Noboa

Firma: 

9.2. Anexo 2. Registro de industrias CEPIA y CAPIT.

Tabla 17. Registro de Industrias de CEPIA y CAPIT.

RAZON SOCIAL	DIRECCION	PRODUCTO FABRICADO	SECTOR	X	Y
Industrias Catedral	San Vicente	Fideos, Velas	Alimenticio	766088,50 3	9861852,00 7
Pyramid Industrias Cia. Ltda.	Pasaje las Frucias Ficoa las Palmas	Bolos ,gelatinas	Alimenticio	762196,87 9	9861858,75 1
ELIM Cia. Ltda.	Carretera las Viñas km 1 1/2 Pishilata	Elabora. de bebidas gaseosas	Alimenticio	768590,05 4	9861534,63 8
PRODUCTOS SUIZA DAJED	Juan Montalvo 0-38 La Península	Elaboración de Pulpas y Lacteos	Alimenticio	767691,78	9864692,23 5
MASCORONA	Av. Indoamérica Km 4 1/2 a 100m.T.S.J	Elabora. de granos y harinas	Alimenticio	766948,02 5	9863971,26 3
ENERGY & FOODS COMPANIA ANDINA	Huachi Grande Barrio Gran Colombia	Elaboracion de Vinos	Alimenticio	762746,75 5	9855195,76 9
TECNIPAN	Cevallos y Castillo	Pan, pastas, tortas	Alimenticio	763867,98 7	9862446,57 6
INDUANDES S.A.	12 de Noviembre y Mariano Eguez	Elaboracion de pan y pastelería	Alimenticio	764298,20 6	9862562,09 3
PIB Procesadora Indus. De Bebidas	Av.Manuelita Saenz y José Espinosa	Elaboración de vinos	Alimenticio	762822,48 4	9859414,71 3
PLANHOFA C.A.	Celiano Mon.Av.Bolivariana y el Cóndor	Elaboración de pulpas de fruta	Alimenticio	765762,56 7	9859739,59 5
Plantel Avícola María Teresa	Vía a Baños entre Rfo Chimbo	Depósito de huevos	Alimenticio	766155,60 7	9857927,67 7
ORG.COM.E IND.Don Guido S.A.	Izamba tras el colegio CEBI	Licores, Vinos	Alimenticio	765945,23 5	9865350,60 6
Industrias Licoreras Asocia.ILA S.A.	Ingahurco Bajo	Elaboración de licores	Alimenticio	765456,97 9	9863693,71 8
CEREALES ANDINOS	Huachi Belén entrada a DICENSA	Elaboracion de Cereales	Alimenticio	762921,53 4	9856839,55 8
Fábrica El Cóndor	Mera 02-14 y Cuenca	Elabora de comprimidos indian, candi	Alimenticio	763769,67 3	9862847,67 7

Industria Alimenticia Fenix	Las Guayabas 0123 y Mirabeles	Galletas y confites	Alimenticio	763255,21 9	9862942,05 2
Fábrica ALEN Y EVELIZA	Edificio CLANTUR Castillo 4-58 y Sucre	Distribución de productos Alen	Alimenticio	763807,73	9862517,62 6
ALEN EVELIZA	Calle 2 Y Avenida D	Elaboración de cereales	Alimenticio	767840,73 5	9867422,1
AROMAS DEL TUNGURAHUA	Calle 2 Y Calle F	Elaboración de productos naturales y alimenticios	Alimenticio	767889,99 4	9867795,20 9
POLLO CRIOLLO	Avenida IV Y Avenida D	Planta procesadora de pollos	Alimenticio	767962,48 3	9867405,87
FASIA	Huachi Chico Barrio la Esperanza	Inyección de suelas	Cuero y calzado	767986,10 2	9867597,80 6
Curtiduría Tungurahua S.A.	Av. Amazonas y Seymour	Elaboración de cuero	Cuero y calzado	768237,68 7	9867748,06 5
MUSEYCA	Av. Cevallos 03-70 y Unidad Nacional	Elaboración de cuero	Cuero y calzado	768072,83 7	9867391,64 6
Curtiduría Cárdenas	Cdla. Tres Juanes	Elabora. Napa, Nobuk, Splet	Cuero y calzado	768352,03 4	9867731,37 4
GOBESA PIEL	Sector Izamba Av. Circunvalación	Elaboración de cuero	Cuero y calzado	767973,18 4	9867492,83 6
CURTIDURIA "DAVILA RICARDO"	Primera Imprenta y Eloy Alfaro esquina)	Elaboración de cuero	Cuero y calzado	768089,64	9867506,63 9
Man. De cuero CALZAFER	Amazonas No. 4 y Seymour	Calzado en general	Cuero y calzado	762330,33 4	9860697,58 4
PROMEPELL	Parque Industrial	Elaboración de cuero	Cuero y calzado	764911,48 7	9861335,05 8
MIGUEL R GARCIA	Espejo 05-21 entre Rocafuerte y Coló	Plantas de Zapatos	Cuero y calzado	768162,53 1	9868001,17 9
Tenería AGA	Entrada a Izamba	Elaboración de cuero	Cuero y calzado	764046,87 8	9863007,19 2
Calzado Gamo's	Atahualpa y Reinaldo Miño	Elaboración de zapatos	Cuero y calzado	765831,38 4	9861744,00 6
CURTIDURIA NUÑEZ	El Pisque calle Pichincha Izamba	Elaboración de cuero	Cuero y calzado	763731,52 1	9858768,44 6
PAULO FLEX	Atahualpa barrio Chipsalata	Plantillas para zapatos	Cuero y calzado	768550,80 3	9864070,32 1
La Fortaleza RELAFOR	Parque Industrial Calle 4 Bodega 38A	Fábrica, de suela en poliuretano	Cuero y calzado	763480,30 5	9857876,79 6

Tenería VICTORIA	Parque Industrial Calle F	Cuero en General	Cuero y calzado	768112,98 9	9867666,44
LUIGIVALDINI	Parroquia Augusto Martí-Av.Principal	Elaboración de calzado de hombre	Cuero y calzado	767948,84	9867787,17
CALZADO "BARONA"	Bolívar y Tomas Sevilla	Fábrica de calzado	Cuero y calzado	764295,17 9	9864242,17 2
CURTUDURIA A CHIMBORAZO	Calle 8 y Calle F	Curtiembre	Cuero y Calzado	764190,61 6	9863009,16 2
CALZADO MARCIA	Avenida IV Y Avenida D	Fabricante de calzado	Cuero y Calzado	763723,44 4	9864013,06 1
CARLOS TIGSE	Avenida IV y Calle F	Curtiembre	Cuero y Calzado	768170,01 5	9866036,36
CURTIDURIA BARRERA	Avenida 4 Y Calle F	Curtiembre	Cuero y Calzado	768146,87	9868331,55 7
CURTIDURIA TUNGURAHUA	Calle 8 y Calle F	Curtiembre	Cuero y Calzado	768310,50 3	9867443,84
CURTIDURIA ZUÑIGA	Calle F Y Calle 5	Curtiembre	Cuero y Calzado	768325,03 8	9867632,37
ECUARUBBER	Calle 2 Y Avenida D	Fabricación de plantas y moldes para calzado	Cuero y Calzado	768126,95	9867761,98 8
EMPROCALZA	Avenida IV y Avenida D	Fabricación de calzado	Cuero y Calzado	768056,28 9	9867772,16 1
INCALZA	Calle F Y Calle 4	Fabricación de calzado	Cuero y Calzado	768214,85 3	9867608,45 5
INDUSTRIA MIGUEL R. GARCIA	Calle A Y Calle 8	Elaboración de plantas de caucho para calzado	Cuero y Calzado	767869,28 1	9867620,52 2
LLERENA PATRICIO	Avenida IV Y Calle F	Curtiembre	Cuero y Calzado	768306,27 3	9867536,38 6
RUBBERCOM	Calle 2 Y Calle F	Fabricación de plantas de caucho para calzado	Cuero y Calzado	768050,29 3	9867690,46 5
RUIZ CARLOS	CALLE 8 Y CALLE F	Curtiembre	Cuero y Calzado	768156,99	9868368,25 8
SUELAS AMAZONAS S.A.	Calle 4 Y Avenida D	Fabricación y comercialización de suelas o plantas para el calzado	Cuero y Calzado	768417,40 3	9867763,22 6
TENERIA INCA	Calle 8 y Calle F	Curtiembre	Cuero y Calzado	768189,19 9	9867693,77 3
TECNIHORMA	La Victoria Atahualpa	Hormas Plásticas	Maderero	767828,70 4	9867740,07 5

MADERASEC UATORIAL	Parque Industrial	Elaboración de maderas	Maderero	768086,67 3	9867845,90 8
MADEFORM AS	Av. Los Chasquis y Av. Circunvalación	Asesoramiento, diseño muebles de hogar y de oficina	Maderero	768037,06 4	9867468,87 6
MADERALTCIA.LTDA.	24 de Mayo y González Suárez Sta. Rosa	Elaboración de camas, sillas, mesas, closets. modulares	Maderero	768103,21	9867928,59 1
CODISA	12 de Noviembre 8-45 y Maldonado	Distribución de maderas y otros	Metal Mecánico	767578,73 7	9854217,84 9
CRAME TROQUELERIA	Emilio Pardo Bazan s/n Víctor Hugo	Material Blando elaboración de troqueles	Metal Mecánico	768559,41 2	9867881,93 9
CEPEDA COMPAÑÍA LTDA.	José Peralta y Manuelita S.	Elaboracion de carrocerías	Metal Mecánico	764007,32 4	9858726,60 5
Carrocerías Patricio Cepeda	Panamericana Sur vía a Guaranda	Elaboracion de carrocerías	Metal Mecánico	760350,77 8	9858004,06 4
FUNDIMEGA	Av. Cóndor vía a Tangaiche	Herrajes	Metal Mecánico	762416,24 7	9860299,39
CARROSERIAS SERMAN	Huachi Chico	Carrocerías	Metal Mecánico	762867,44 2	9858426,30 2
AUTOMOTOS CARLOS LARREA Ci	Ave. Las Américas 25-27	Compra Venta de Autos	Metal Mecánico	765256,92 4	9859533,00 4
Mecánica Miranda	12 de Noviembre	Carrocerías	Metal Mecánico	763614,78	9858312,74 2
CEPSAN	Pichincha 07-08 y Rumiñahui	Elaboracion de carrocerías	Metal Mecánico	765466,59 7	9863025,58
Metalmecánico Anonio Tirado	Argentina y Bolivia 02-30 Ingahurco	Mantenimiento de maquina	Metal Mecánico	764608,63 2	9863044,36 4
INDUSTRIAS PAPELON	Guayaquil 03-28 y Sucre	Imprenta	Químico	764287,54 8	9861549,35
NUTRISALMINSA S.A.	Av. 22 de Enero-entrada a Atahualpa.	Producción y Distribución sales minerales	Químico	765446,19	9863377,04 7
FACERQUIM	Calle 4 Y Calle F	Reciclaje de caucho y detergentes industriales.	Químico	763672,08 1	9862388,88 6
IMPLASTIC	Calle 5 y calle F	Elaboración de envases plásticos	Químico	766136,44 9	9864929,02 3
INDUSTRIAS ALES C.A.	Calle 2 Y Avenida D	Industrial Comercial de aceites, jabones y mantecas.	Químico	768156,19 4	9867537,30 6

MIL BOOTS CIA.LTDA.	Avenida IV y Calle F	Fabricación de botas de caucho	Químico	768241,83 4	9867451,66 6
REPRESENTACIONES ANDINAS	Calle A Y Calle 8	Fabricación y Comercialización de resinas plásticas	Químico	767805,06 8	9867503,05
RADIO AMBATO	Sucre y Pasaje Garcés	Emisora	Radio Difusor	768314,62 9	9867785,66 3
AMBAVISION	Sucre 1135 y Espejo	TV. Canal	Radio Difusor	768177,60 4	9868427,96 6
Radio Continental	Cotacachi e Iliniza 176	Emisora	Radio Difusor	764000,22 5	9862224,98 1
TEXTIDOR	Huachi chico celiano Monje # 45	Elaboración de calcetines	Textil	764159,98 2	9862843,18 7
TEXMODA	Bogotá y La Paz - INGAHURCO BAJO	Elaboración de Tela de Punto	Textil	764608,35 8	9862593,1
Ropa Infantil Ecuatoriana RIE	Castillo y 12 de noviembre	Elaboración de ropa infantil	Textil	763478,08 2	9859279,70 5
AMBATEXTIL S.A.	Av. Bolivariana y el Cóndor	Elaboración de pantalones	Textil	766321,40 3	9862837,22 1
Ralom Tex	Montalvo # 806 y Cuenca	Ropa Interior	Textil	763997,52 1	9862294,90 7
MOLRIV	Marcos Montalvo y Pablo N.	Pantalones, camisetas	Textil	765762,56 7	9859739,59 5
ARTE E IDEAS	Bolívar 9-35 y Fernández	Distribución de accesorios de textil y bordado	Textil	763698,54 1	9862783,18 3
Industrias Textiles Pequeñín	Cdla. España Cádiz 05-100 y Vigo	Ropa Infantil Niño - Niña	Textil	763869,06 1	9860043,90 4
RODRAMAS	Pichincha Alta y Naripillahuas	Distribución de telas	Textil	763044,36 3	9861098,80 2
COMSARA	Guaytambos y Gorriones Esq.	Distribuidora de telas y juguetes	Textil	764304,39 8	9861390,47 3
MOONLOOQ	Francisco Caldas s/n Av. José Pera	Elaboración de interiores	Textil	763023,05 9	9862611,18 3
ANDRETEX	Avenida IV y Calle F	Textil	Textil	763608,44 6	9858832,83 9
CONFECCIONES ANDY	Calle 4 Y Avenida D	Confección de ropa interior	Textil	768419,71	9867828,14 5
CREACIONES MB	Calle 5 y calle F	Confección prendas de vestir deportiva	Textil	768043,25 2	9867581,50 1
EL PERAL	Calle A Y Calle 8	Textil	Textil	768267,18	9867665,87 9

INDUSTRIAL TECNORIZO CIA.LTDA.	Calle F y Calle 2	Textil	Textil	768208,76 4	9868383,09 5
MODAS MUNDO AZUL	Calle 5 Y Avenida D	Confección de ropa jean	Textil	767855,02 4	9867857,35 3
VESTETEXA S.A.	Avenida IV Y Avenida D	Fábrica de vestidos y textiles del Tungurahua	Textil	768140,61 2	9867445,19 7

Fuente: MIPRO, (2018).

Elaborado por: Cristina Tapia Jara

9.3. Anexo 3. Ubicación de cámaras de conteo vehicular del Municipio de Ambato.

Tabla 18. Ubicación de cámaras de conteo vehicular del Municipio de Ambato

EQUIPO	UBICACIÓN	REGULADOR
TRAFICAM-101-1	YAHUIRA	101
TRAFICAM-101-2	FCO. FLOR	101
TRAFICAM-101-3	OLMEDO HACIA FCO. FLOR	101
TRAFICAM-103-1	MARIANO CASTILLO ENTRE BOLIVAR Y SUCRE	103
TRAFICAM-109-1	PUENTE HACIA FICOA	109
TRAFICAM-113-1	AV. CEVALLOS CON MONTALVO	113
TRAFICAM-113-2	MONTALVO ENTRE CEVALLOS Y SUCRE	113
TRAFICAM-115-1	LUIS A. MARTINEZ ENTRE CEVALLOS Y JBV	115
TRAFICAM-116-1	13 DE ABRIL	116
TRAFICAM-116-2	URDANETA	116
TRAFICAM-119-1	LALAMA ENTRE SUCRE Y AV. CEVALLOS	119
TRAFICAM-119-2	SUCRE ENTRE LALAMA Y MARTÍNEZ	119
TRAFICAM-120-1	AV. CEVALLOS CON LUIS A. MARTINEZ	120
TRAFICAM-201-1	LIZARDO RUIZ CON ESPEJO	201
TRAFICAM-207-1	ESPEJO (BAJADA MASCOTA)	207
TRAFICAM-207-2	AV. ANDES HACIA ESPEJO	207
TRAFICAM-215-1	SIMON BOLIVAR (ALTURA DE CEMENTERIO)	215
TRAFICAM-215-2	JULIAN CORONEL (SOCABON)	215
TRAFICAM-215-3	G. SUAREZ DESDE REDONDEL	215

TRAFICAM-217-1	DOCE DE NOVIEMBRE ENTRADA (ABDON CALDERON)	217
TRAFICAM-217-2	DOCE DE NOVIEMBRE SALIDA (ABDON CALDERON)	217
TRAFICAM-218-1	AV. CEVALLOS ENTRADA (AV. CEVALLOS Y ABDON CALDERON)	218
TRAFICAM-218-3	AV. CEVALLOS MEDIO	219
TRAFICAM-218-2	AV. CEVALLOS SALIDA (AV. CEVALLOS Y ABDON CALDERON)	218

Fuente: GADM Ambato, (2018).

Elaborado por: GADM Ambato, (2018).

9.4. Anexo 4. Registro de servicios de transporte público y comercial del Cantón Ambato.



DIRECCION DE TRANSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

MODALIDAD SERVICIO DE TRANSPORTE PUBLICO Y COMERCIAL DEL CANTON AMBATO

TAXIS					
N° COOP.	COOPERATIVA	UNID.	N° COOP.	OPERADORA	UNID.
1	AGENCIAS UNIDAS	23	28	ROMBOY	41
2	GUAYAS	32	30	HOSPITAL REGIONAL	34
3	COLEGIO BOLIVAR	20	31	UNIDAD NACIONAL	54
4	LEONARDO MURIALDO	41	32	PLAZA PRIMERO DE MAYO	53
5	LALAMA	45	33	COLISEO CERRADO DEPORTES	33
6	JUAN LEON MERA	24	34	UNIVERSITARIOS	40
7	LUIS A. MARTINEZ	32	35	LIBERTAD Y TRABAJO	54
8	GRAN COLOMBIA	43	36	TIERRA DE FLORES	67
9	JUAN BENIGNO VELA	40	37	LOS GUAYTAMBO	65
10	MODELO	59	38	CIUDADELA CUMANDA	65
11	SUCRE	43	39	JAIME ROLDOS AGUILERA	62
12	12 DE NOVIEMBRE	42	40	AMERICAN PARK	50
14	PELLEO	52	41	HOTEL MIRAFLORES	42
16	LAS AMERICAS	50	42	FICOA	65
17	RIO MARAÑON	32	43	PLAZA DE TOROS	48
18	PLAZA COLON	58	44	EJECUTIVO	78
19	ESPEJO	22	45	LA BAHIA	73
20	TERMINAL INTERPROVINCIAL	56	46	CIRCUNVALACION	50
21	CENTRO TERMINAL TERRESTRE	56	48	EL SAGRARIO	63
22	PLAZA PACHANO	50	49	PRESIDENCIAL	53
23	RUTAS NACIONALES	36	50	AMAZONAS	43
24	PLAZA URBINA	40	52	EL BELEN	61
25	HISPANO AMERICA	36	53	TURISMO AMBATEÑO	90
26	SIGLO XX	59	54	SAN ROQUE	33
27	NAPLES	55	55	LUIS LARREA BAUTISTA	35
TOTAL UNIDADES		2092			1352

CARGA LIVIANA		
N° COOP.	OPERADORA	UNID.
A1	EL PROGRESO	20
A2	CIA	28
A3	JUAN MONTALVO	23
A4	STA. CECILIA	13
A5	CENTRAL DE AMBATO	31
A6	CURARAY	13
A7	IZAMBA	46
A8	CIUDAD DE AMBATO	18
A9	CONTINENTAL	43
A10	ABDON CALDERON	23
A11	YAVIRAC	33
A12	3 DE ENERO	37
A13	BELLAVISTA	24
A14	J.J. OLMEDO	21
A15	CUMBRE	23
A17	LUZ DE AMERICA	17
A18	SAN ISIDRO	41
A19	LETAMENDI	22
A20	BOLIVARIANA	34
A21	EL SOL	15
A22	EL REY	23
A23	ESPERANZA DE TISALEO	49
A24	TECHO PROPIO	44
A25	REINA DE LAS FRUTAS	18
A26	PUCARA	32
A27	NUOVA UNION QUISA	13
A28	ANGAMARQUILLO	5
A29	MUSHUKURAN	12
TOTAL UNIDADES		721

TRANSPORTE ESTUDIANTIL		
N° COOP.	OPERADORA	UNID.
E101	VOLANTE ESTUDIANTIL	68
E102	MUNITRANS S.A.	31
E103	SACTURP CIA. LTDA.	13
E104	ALONSO CASTILLO CIA. LTDA.	9
E105	CMIRA S.A.	36
E106	FURGO EXPRESS S.A.	12
E107	TRANSBUSSCOG CIA. LTDA.	8
E108	FURGO AMBATO	69
E109	AMBATRANS ESTUDIANTIL C.A.	21
E110	JARDIN DE MARTE CIA. LTDA.	14
E111	NIKASTRANS	15
TOTAL UNIDADES		296
BUS URBANO		
N°	OPERADORA	UNID.
1	TUNGURAHUA	145
2	VIA FLORES	45
3	UNION	87
4	JERPAZOL	55
5	LIBERTADORES	65
TOTAL UNIDADES		397
BUS INTERPARROQUIAL		
N°	OPERADORA	UNID.
1	ATAHUALPA	32
2	EXPRESS QUISAPINCHA	19
3	MANUELITA SAENZ	14
4	CARIHUAYRAZU	3
5	REY CASAHUALA	7
TOTAL UNIDADES		75
TRANSPORTE MIXTO		
N° COOP.	COOPERATIVA	UNID.
1	HUACHI GRANDE	17
2	REINA DE LA ELEVACION	31
TOTAL UNIDADES		48

CUADRO RESUMEN: NUMERO DE OPERADORAS Y UNIDADES		
SERVICIO DE TRANSPORTE	TOTAL OPERADORAS	TOTAL UNIDAD
PUBLICO Y COMERCIAL		
TAXIS	50	2398
TAXI PARROQUIAL RURAL	7	160
CARGA LIVIANA	28	721
ESTUDIANTIL	11	296
BUS URBANO	5	397
BUS INTERPARROQUIAL	5	75
TRANSPORTE MIXTO	2	48
TOTAL	108	4095

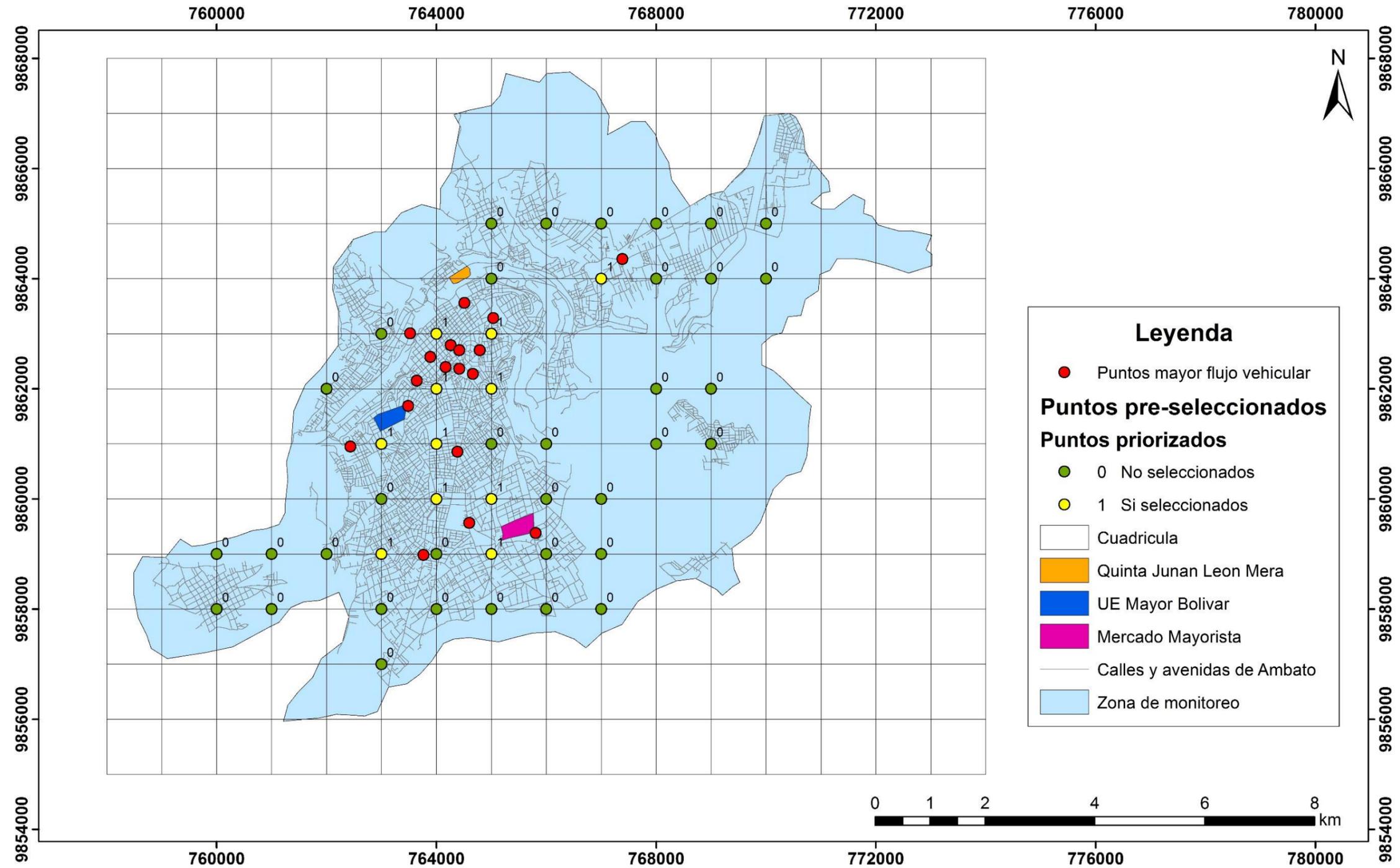
TAXI PARROQUIAL RURAL		
N°	OPERADORA	UNID.
TR01	EXPRESSZAMBA S.A.	24
TR02	ATAHUALPA JUANA DE ORO S.A.	23
TR03	SANTA ROSA PUEBLOUNIDO S.A.	24
TR04	SERVITRANS-HG S.A.	31
TR05	OPERTAX-HG S.A.	23
TR06	SERVIMOVILJUSTO S.A.	17
TR07	TRANSAMBATO S.A.	18
TOTAL UNIDADES		160

VEHICULOS MATRICULADOS POR AÑO			
MESES	AÑO 2017		AÑO 2018
ENERO	2.226	3.060	2.328
FEBRERO	4.530	4.490	4.906
MARZO	6.226	6.477	5.870
ABRIL	5.331	5.294	5.416
MAYO	5.841	6.375	5.543
JUNIO	6.067	6.222	6.200
JULIO	5.679	5.780	5.200
AGOSTO	6.293	6.186	5.780
SEPTIEMBRE	5.579	5.473	
OCTUBRE	5.252	5.168	
NOVIEMBRE	4.507	4.934	
DICIEMBRE	3.923	3.735	
TOTAL	##	63.194	41.243

9.5. Anexo 5. Priorización por fuentes móviles.

PRIORIZACIÓN POR FUENTES MÓVILES

Ecuador Escala 1:62.500



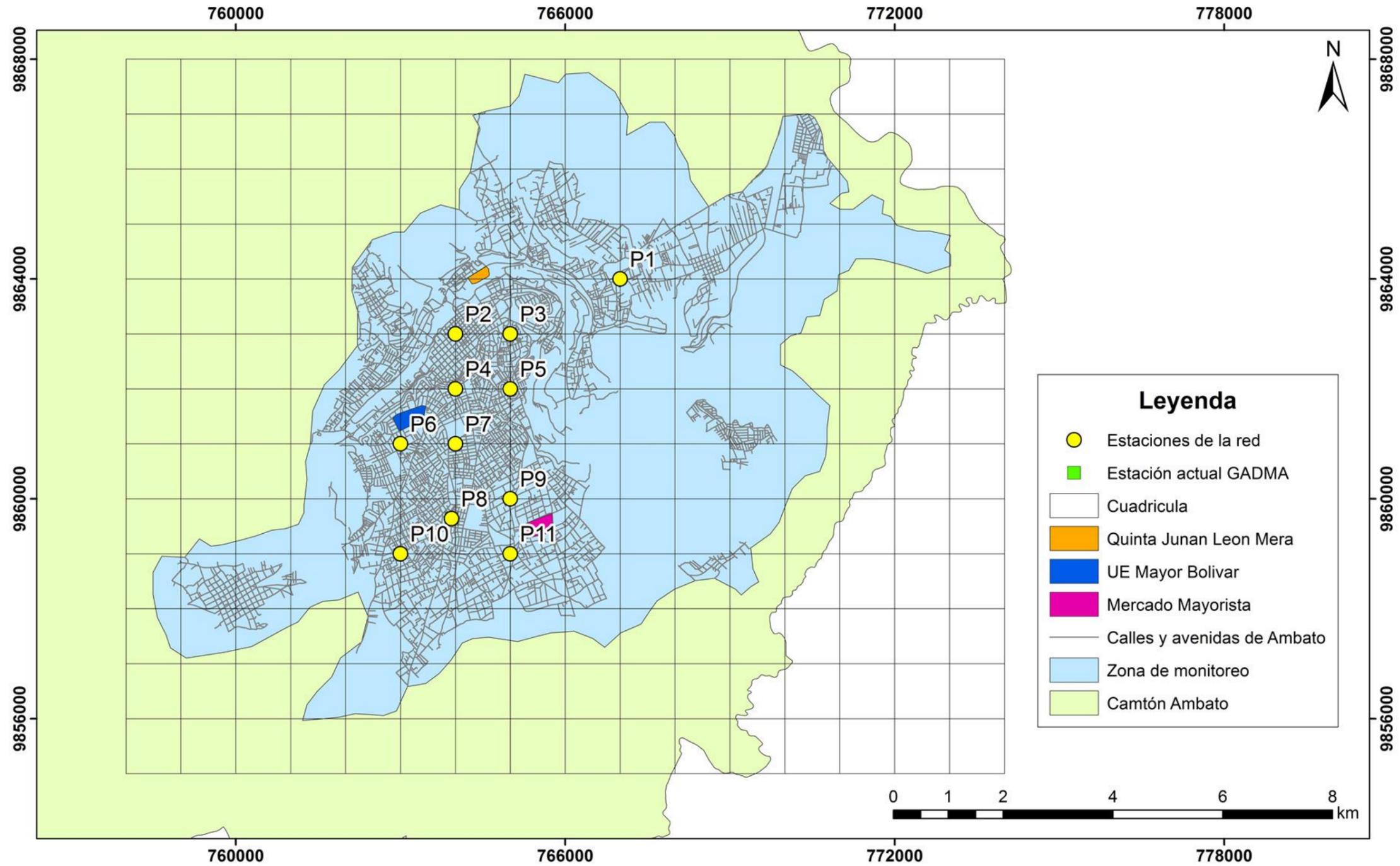
Elaborado por: Cristina Tapia

Fecha: 02/2019

9.6. Anexo 6. Conformación de la Red Óptima.

CONFORMACIÓN DE LA RED ÓPTIMA DE CALIDAD DE AIRE DE AMBATO

Ecuador Escala 1:62.500

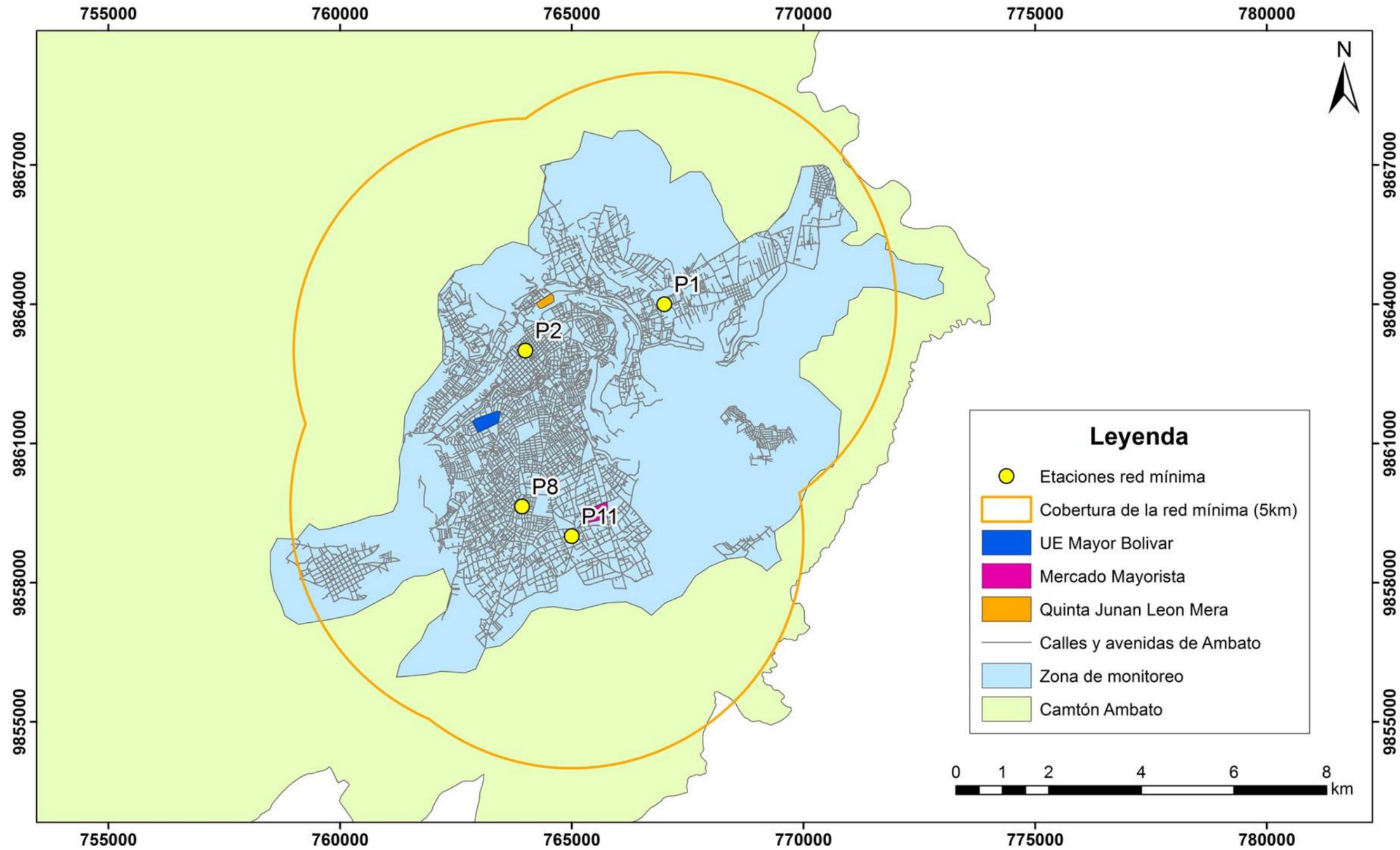


Elaborado por: Cristina Tapia

Fecha: 02/2019

CONFORMACIÓN DE LA RED MÍNIMA DE CALIDAD DE AIRE PARA AMBATO

Ecuador Escala 1:74.878



Elaborado por: Cristina Tapia Fecha: 02/2019