

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS

ESCUELA DE GEOGRAFÍA

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA GEÓGRAFA  
EN GESTIÓN AMBIENTAL

DISEÑO DE LA RED DE MONITOREO PASIVO DE CALIDAD DE AIRE PARA LA ZONA  
URBANA DEL CANTÓN AMBATO.

Pamela Rivera Caranqui

Director: Ing. Armando Echeverría, M.Sc.

QUITO-2019

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Paulina, quien es mi fuerza e inspiración diaria, sobre todo por ser mi mayor ejemplo de madre, mujer y amiga.*

*A mi padre Alberto, por ser mi apoyo y enseñarme que con esfuerzo y dedicación se logra cada sueño.*

*A mi hermano Diego, quien más que ser mi hermano es mi compañero de vida, enseñanzas y apoyo incondicional.*

*A mi abuelita Lulita, por ser mi segunda madre y acompañarme en el transcurso de este largo trayecto llamado universidad.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Primero a Dios, por permitirme cumplir un sueño más, tanto en mi vida profesional como personal; por ser mi fortaleza y brindarme las mejores oportunidades en mi vida.*

*A mis padres, ya que sin ellos todo esto no hubiese sido posible, por su esfuerzo, apoyo, dedicación y sobre todo por el amor incondicional en los momentos de alegría, pero sobretodo en los momentos difíciles.*

*A mis segundos padres Laura y Xavier, por brindarme una nueva familia a lo largo de todo este tiempo, por acompañarme, enseñarme y dedicarme su tiempo.*

*A mis amigos, que son personas únicas que encontré al llegar acá, gracias por su cariño y amistad, también por contribuir en todo este gran proceso. Son y serán la fuente de mi inspiración.*

*A mi director Armando, por ser un ejemplo en mi vida y especialmente por todas las enseñanzas, tutorías y apoyo en este proceso de tesis.*

*Gracias a todos por simplemente existir.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
ANTECEDENTES .....	1
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.4. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	5
1.4.1. ANTECEDENTES .....	5
1.4.2. MARCO TEÓRICO.....	7
1.4.3. MARCO CONCEPTUAL .....	10
1.6. MARCO METODOLÓGICO .....	14
1.6.1. Obtención de la información base: .....	14
1.6.2. Análisis de la estructura y distribución de datos:.....	15
1.6.3. Propuesta del índice de calidad del aire:.....	16
1.6.4. Identificación de equipos para la red de monitoreo:.....	17
<b>CAPÍTULO II:</b> .....	18
<b>ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN BASE DE LA CIUDAD DE AMBATO</b> .....	18
2.1. USO DEL SUELO.....	20
2.1.1. Tipos de uso del suelo.....	21
2.2. VIALIDAD Y TRANSPORTE .....	49
2.2.1. VIALIDAD.....	51
2.2.1.1. Jerarquización del sistema vial.....	51
2.2.1.2. Sistema vial cantonal .....	51
2.2.1.3. Sistema vial urbano.....	53
2.2.1.4. Patrones de Rutas de Bus .....	58
2.2.1.5. Tipos de Patrones .....	59
2.2.1.6. Rutas de buses por calle principal.....	60
2.2.1.7. Rutas por cooperativa urbana y urbano-interparroquial.....	61
2.3. POBLACIÓN.....	65
2.4. DATOS DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO .....	67
2.4.1. Contaminación del Aire Ambato.....	68
2.4.2. Plan de Calidad de Aire Ambato .....	68

2.4.3.	Análisis Estadístico.....	70
2.4.3.1.	Datos de referencia 2016 -2017 .....	70
2.4.3.2.	Proceso Estadístico.....	71
2.4.3.3.	Procesamiento de la información .....	72
2.4.3.4.	Cálculos de Límites de Control y Advertencia de los Contaminantes .....	73
2.5.	INFORMACIÓN METEOROLÓGICA .....	84
2.5.1.	Dirección y velocidad del viento .....	84
2.5.1.1.	Estación Baños (M0029) .....	85
2.5.1.2.	Estación Patate (M0126) .....	86
2.5.1.3.	Estación Píllaro (M0127).....	88
2.5.1.4.	Estación Pedro Fermín Cevallos (M0128) .....	89
2.5.1.5.	Estación Querochaca UTA (M0258).....	90
2.5.1.6.	Estación Calamaca Convenio INAMHI HCPT (M1069).....	91
2.5.1.7.	Estación Cunchibamba – ITLAM (M1243) .....	92
<b>CAPÍTULO III</b>	.....	<b>94</b>
<b>ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA Y DISTRIBUCIÓN DE DATOS</b>	.....	<b>94</b>
3.1.	Selección de contaminantes .....	94
3.1.1.	Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ). .....	94
3.1.2.	Red de Monitoreo de la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV EP) Cuenca. ....	97
3.1.3.	Red de Monitoreo de la Calidad de Aire de Bogotá (RMCA)......	100
3.1.4.	Contaminantes seleccionados para la Red de Monitoreo de Ambato.....	104
3.2.	Área de estudio.....	111
3.3.	Selección de puntos críticos de afectación.....	112
3.4.	Selección de puntos de emisión .....	113
3.5.	Selección de número de posibles estaciones de monitoreo .....	115
3.6.	Criterios de localización.....	117
3.6.1.	Seguridad .....	118
3.6.2.	Impacto social .....	118
3.6.3.	Infraestructura.....	118
3.7.	Definición de puntos para la conformación de la red de monitoreo .....	119
3.7.1.	Metodología .....	119

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	122
<b>PROPUESTA DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE</b> .....	122
4.1. Antecedentes .....	122
4.2. Índice de calidad de aire para Ambato (ICAA).....	129
4.2.1. Establecimiento de rangos .....	130
<b>CAPÍTULO V</b> .....	132
<b>IDENTIFICACIÓN DE TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS</b> .....	132
5.1 Tipos de equipo .....	132
5.2 Criterios de selección de equipos de medición: Al momento de adquirir los equipos será importante cumplir con los requisitos de calidad preestablecidos: .....	133
5.2.1 Equipos de medición de CO .....	134
5.2.2. Equipos de medición de PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10</sub> .....	139
5.2.3. Equipos de medición de NO <sub>2</sub> .....	141
5.2.4. Equipos para medición de SO <sub>2</sub> .....	146
5.2.5. Equipos de medición de O <sub>3</sub> .....	149
5.3. Ponderación de equipos.....	156
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	160
6.1. Resultados .....	160
6.2. Discusión.....	169
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	171
7.1 Conclusiones .....	171
7.2 Recomendaciones.....	172
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	174
<b>ANEXOS</b> .....	180
ANEXO A: Ruta de transporte público.....	180

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Tabla 1.</b> Operalización de la información.....	12
<b>Tabla 2.</b> Resumen de la información base de la ciudad de Ambato .....	18
<b>Tabla 3.</b> Resumen Normativa Uso del Suelo .....	20
<b>Tabla 4.</b> Uso de Suelo Principal de Vivienda. ....	22
<b>Tabla 5.</b> Uso del Suelo Principal Múltiple.....	23
<b>Tabla 6.</b> Uso de Protección Natural (PN) .....	28
<b>Tabla 7.</b> Usos Agrícolas (A) .....	30
<b>Tabla 8.</b> Recursos no renovables (NR) .....	31
<b>Tabla 9.</b> Comercio – Servicios (C).....	32
<b>Tabla 10.</b> Clasificación de equipamiento.....	40
<b>Tabla 11.</b> Resumen información vial y transporte .....	50
<b>Tabla 12.</b> Tipos de transporte público y comercial del cantón Ambato .....	57
<b>Tabla 13.</b> Rutas de transporte público del cantón Ambato .....	58
<b>Tabla 14.</b> Tipos de patrones .....	59
<b>Tabla 15.</b> Rutas de buses por calle principal.....	60
<b>Tabla 16.</b> Rutas por urbana y urbano-interparroquial .....	61
<b>Tabla 17.</b> Parroquias urbanas .....	65
<b>Tabla 18.</b> Estación de monitoreo de calidad de aire .....	67
<b>Tabla 19.</b> Límites de control y advertencia de CO - 2016 .....	74
<b>Tabla 20.</b> Límites de control y advertencia NO <sub>2</sub> -2016.....	75
<b>Tabla 21.</b> Límites de control y advertencia O <sub>3</sub> – 2016.....	76
<b>Tabla 22.</b> Límites de control y advertencia PM <sub>2.5</sub> – 2016.....	78
<b>Tabla 23.</b> Límites de control y advertencia CO – 2017 .....	79
<b>Tabla 24.</b> Límites de control y advertencia NO <sub>2</sub> – 2017 .....	80
<b>Tabla 25.</b> Límites de control y advertencia O <sub>3</sub> .....	82
<b>Tabla 26.</b> Límites de control y advertencia PM <sub>25</sub> - 2017.....	83
<b>Tabla 27.</b> Estación Baños (M0029).....	86
<b>Tabla 28.</b> Estación Patate (M0126).....	87
<b>Tabla 29.</b> Estación Píllaro (M0127).....	88
<b>Tabla 30.</b> Estación Pedro Fermín Cevallos (M0128).....	89
<b>Tabla 31.</b> Estación Querochaca UTA (M0258) .....	90
<b>Tabla 32.</b> Estación Calamaca Convenio INAMHI HCPT (M1069) .....	91
<b>Tabla 33.</b> Estación Cunchibamba – ITLAM (M1243).....	92
<b>Tabla 34.</b> Detalle de los analizadores de gases y partículas de la REMMAQ .....	95
<b>Tabla 35.</b> Métodos de medición y sensores de la Estación Automática de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Cuenca. ....	99
<b>Tabla 36:</b> Relación entre las escalas de monitoreo y objetivos .....	102

<b>Tabla 37.</b> Relación de las escalas y los contaminantes.....	102
<b>Tabla 38.</b> Requerimientos mínimos de una RMCA.....	103
<b>Tabla 39.</b> Contaminantes seleccionados para la red de monitoreo pasivo para la zona urbana del cantón Ambato.....	109
<b>Tabla 40.</b> Expresiones matemáticas para el cálculo del IQCA .....	123
<b>Tabla 41.</b> Reemplazo de ecuaciones para CO.....	124
<b>Tabla 42.</b> Reemplazo de ecuaciones para O3 .....	124
<b>Tabla 43.</b> Reemplazo de ecuaciones para NO2.....	125
<b>Tabla 44.</b> Reemplazo de ecuaciones para SO2 .....	126
<b>Tabla 45.</b> Reemplazo de ecuaciones para PM2.5.....	127
<b>Tabla 46.</b> Reemplazo de ecuaciones para PM10.....	128
<b>Tabla 47.</b> Rangos de Índices de Calidad de Aire .....	131
<b>Tabla 48.</b> Equipos existentes en la estación automática de monitoreo de calidad de aire .....	132
<b>Tabla 49.</b> Elementos para mantenimiento CO .....	135
<b>Tabla 50.</b> Elementos para mantenimiento CO .....	137
<b>Tabla 51.</b> Elementos para mantenimiento NO2 .....	143
<b>Tabla 52.</b> Elementos para mantenimiento O3 .....	150
<b>Tabla 53.</b> Mantenimiento de equipos para medición de ozono.....	153
<b>Tabla 54.</b> Ponderación para equipos de medición de CO .....	156
<b>Tabla 55.</b> Ponderación para equipos de medición de PM2.5y PM10 .....	157
<b>Tabla 56.</b> Ponderación para equipos de medición de NO2.....	157
<b>Tabla 57.</b> Ponderación para equipos de medición de SO2.....	158
<b>Tabla 58.</b> Ponderación para equipos de medición de O3.....	159
<b>Tabla 59.</b> Resultados datos de monitoreo de calidad de aire 2016-2017.....	161
<b>Tabla 60.</b> Resumen datos meteorológicos.....	161
<b>Tabla 61.</b> Ubicación de las estaciones de monitoreo .....	164
<b>Tabla 62.</b> Comparación de valores Ambato – Quito.....	167
<b>Tabla 63.</b> Equipos seleccionados para la red de monitoreo .....	168

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Mapa de ubicación del área de estudio .....	3
<b>Gráfico 2.</b> Mapa de Uso del Suelo .....	49
<b>Gráfico 3.</b> Mapa de Vialidad.....	56
<b>Gráfico 4.</b> Patrones de Ruta de Buses del Cantón Ambato.....	58
<b>Gráfico 5.</b> Tipos de Patrones.....	60
<b>Gráfico 6.</b> Ruta de buses .....	64
<b>Gráfico 7.</b> Tasa de crecimiento poblacional.....	66
<b>Gráfico 8.</b> Crecimiento poblacional zona urbana y rural .....	66
<b>Gráfico 9.</b> Crecimiento tendencial de la población.....	67
<b>Gráfico 10.</b> Tabla original de datos CO mes de abril de 2016.....	71
<b>Gráfico 11.</b> Tabla corregida de datos CO mes de abril de 2016 .....	71
<b>Gráfico 12.</b> Media aritmética de cada día y hora .....	72
<b>Gráfico 13.</b> Promedios de cada contaminante 2016 – 2017.....	72
<b>Gráfico 14.</b> Cálculo de la media y desviación estándar .....	73
<b>Gráfico 15.</b> Límites de control y advertencia CO – 2016.....	75
<b>Gráfico 16.</b> Límites de control y advertencia NO <sub>2</sub> – 2016.....	76
<b>Gráfico 17.</b> Límites de control y advertencia O <sub>3</sub> – 2016.....	77
<b>Gráfico 18.</b> Límites de control y advertencia PM <sub>2.5</sub> – 2016.....	78
<b>Gráfico 19.</b> Límites de control y advertencia CO – 2017 .....	79
<b>Gráfico 20.</b> Límites de control y advertencia NO <sub>2</sub> – 2017 .....	81
<b>Gráfico 21.</b> Límites de control y advertencia O <sub>3</sub> .....	82
<b>Gráfico 22.</b> Límites de control y advertencia PM <sub>2.5</sub> – 2017.....	83
<b>Gráfico 23.</b> Velocidad promedio del viento en Ambato .....	85
<b>Gráfico 24.</b> Dirección del viento en Ambato .....	85
<b>Gráfico 25.</b> Datos Meteorológicos Estación Baños .....	86
<b>Gráfico 26.</b> Datos Meteorológicos Estación Patate .....	87
<b>Gráfico 27.</b> Datos Meteorológicos Estación Píllaro.....	88
<b>Gráfico 28.</b> Datos Meteorológicos Estación Pedro Fermín Cevallos .....	89
<b>Gráfico 29.</b> Datos Meteorológicos Estación Querochaca .....	90
<b>Gráfico 30.</b> Datos Meteorológicos Estación Calamaca Convenio INAMHI HCPT .....	92
<b>Gráfico 31.</b> Datos Meteorológicos Estación Cunchibamba.....	93
<b>Gráfico 32.</b> Localización de las estaciones de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca 2017.....	98
<b>Gráfico 33.</b> Reubicación de estaciones de la RMCA.....	104
<b>Gráfico 34.</b> Área de Estudio: Zona Urbana del Cantón Ambato .....	112
<b>Gráfico 35.</b> Mapa de Puntos de Afectación en la zona urbana del cantón Ambato.....	113
<b>Gráfico 36.</b> Mapa de Puntos de Emisión en la zona urbana del cantón Ambato .....	115
<b>Gráfico 37.</b> Mapa de posibles estaciones de monitoreo.....	117
<b>Gráfico 38.</b> Distancia de las estaciones de monitoreo .....	120

<b>Gráfico 39.</b> Red de monitoreo de la zona urbana del cantón Ambato .....	121
<b>Gráfico 40.</b> IQCA de Monóxido de carbono.....	124
<b>Gráfico 41.</b> IQCA de Ozono .....	125
<b>Gráfico 42.</b> IQCA de Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) .....	126
<b>Gráfico 43.</b> IQCA de Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	127
<b>Gráfico 44.</b> IQCA de Material particulado (PM <sub>2.5</sub> ).....	128
<b>Gráfico 45.</b> IQCA de Material particulado (PM <sub>10</sub> ).....	129
<b>Gráfico 46.</b> Análisis de contaminantes de IQCA.....	131
<b>Gráfico 47.</b> TELEDYNE API/ T300.....	134
<b>Gráfico 48.</b> TELEDYNE T300U .....	137
<b>Gráfico 49.</b> THERMO ANDERSEN / FH62C14 .....	139
<b>Gráfico 50.</b> MET ONE BAM-1020 .....	140
<b>Gráfico 51.</b> THERMO 42C / 42IV.....	141
<b>Gráfico 52.</b> TELEDYNE. T200M.....	143
<b>Gráfico 53.</b> THERMO 43C / 43I .....	146
<b>Gráfico 54.</b> TELEDYNE 6400T/ 6400E.....	148
<b>Gráfico 55.</b> TELEDYNE API / T400.....	149
<b>Gráfico 56.</b> TELEDYNE T265 .....	152

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo el diseñar una red de monitoreo pasivo de calidad de aire para la zona urbana del cantón Ambato, ya que se identificó la necesidad de medir los niveles de contaminación de aire para así garantizar la calidad de vida de la población, es decir, cuidar la salud y bienestar de los ambateños. Para este estudio se analizaron diferentes variables como son uso de suelo, sistema vial y transporte, datos meteorológicos, datos de contaminantes y se generó información sobre puntos críticos de emisión (fuentes fijas y móviles), y de afectación (centros poblados, de salud y educación) para el establecimiento de las posibles estaciones que conformarán la red de monitoreo. Mediante la aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) y los criterios de densidad, importancia, estructura y ubicación se definieron 13 estaciones de monitoreo las cuales cubren los 46,5 km<sup>2</sup> de superficie de la zona urbana, de las cuales se podrán obtener información certera, confiable y verídica ya que contarán con las técnicas y sobretodo con las tecnologías en su gran mayoría con marca TEDELYNE, ya probadas y utilizadas en estaciones tanto de Quito y Cuenca; en dichas estaciones se monitorearan 5 contaminantes los cuales son: monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, material particulado y ozono. Para dar continuidad a la ejecución y funcionamiento de la red de monitoreo se propuso la implementación de un índice de calidad de aire denominado “*Índice de Calidad de Aire Ambato*” (ICAA), que permita generar datos entendibles y manejables para la ciudadanía y que toda la población pueda estar informada del estado de calidad de aire de su ciudad y también mantener a Ambato como una de las ciudades con aire más limpio del Ecuador como hasta la actualidad lo ha sido; para la generación de este índice se realizó un análisis estadístico de la información bibliográfica de redes de monitoreo previamente establecidas en el país.

Palabras clave: red de monitoreo, puntos de emisión, puntos de afectación, índice de calidad de aire, zona urbana, niveles permisibles, contaminantes.

## ABSTRACT

The objective of this research was to design a passive air quality monitoring network for the urban area of the Ambato canton, since it was identified the need to measure air pollution levels in order to guarantee the quality of life of the population, that is, to take care of the health and well-being of the Ambateños. For this study different variables were analyzed such as land use, road system and transport, meteorological data, pollutant data and information was generated on critical points of emission (fixed and mobile sources), and of affectation (populated centers, health and education) for the establishment of the possible stations that will make up the monitoring network. Through the application of geographic information systems (GIS) and the criteria of density, importance, structure and location, 13 monitoring stations were defined, covering the 46.5 km<sup>2</sup> of urban area, from which they can be obtained. accurate, reliable and truthful information since they will have the techniques and above all with the technologies, most of them with TEDELYNE brand, already tested and used in stations in both Quito and Cuenca; In these stations, 5 pollutants will be monitored, which are: carbon monoxide, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, particulate matter and ozone. In order to continue with the execution and operation of the monitoring network, the implementation of an air quality index called "Ambato Air Quality Index" (ICAA) was proposed, which makes it possible to generate understandable and manageable data for citizens and that all the population can be informed of the air quality status of their city and also keep Ambato as one of the cities with the cleanest air in Ecuador as it has been to date; for the generation of this index, a statistical analysis of the bibliographic information of monitoring networks previously established in the country was carried out.

Keywords: monitoring network, emission points, points of affectation, air quality index, urban area, permissible levels, pollutants

## CAPÍTULO I

### ANTECEDENTES

#### 1.1. JUSTIFICACIÓN

El recurso aire se considera un componente natural en el sistema ambiental global de la Tierra, produce el mayor intercambio de gases y partículas entre la biosfera y los seres vivos y es responsable de la difusión de los mismos, es afectado porque en él aparecen sustancias extrañas que provocan efectos negativos para el ser humano, recursos, ecosistemas, biodiversidad y clima, etc.; por tal motivo se debe crear redes de monitoreo en las que se permite la medición y observación continua del medio ambiente, en este caso del recurso aire a través de la aplicación de métodos confiables, menos costos y más efectivos para así evitar alteraciones en la calidad y sobretodo en el equilibrio biológico del sistema Tierra al impedir el proceso natural de los ciclos biogeoquímicos y mecanismos de autorregulación (Terradas, s.f.).

Según El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUMA, 2015), los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) tienen el propósito de enfrentar desafíos tanto ambientales, políticos y económicos a nivel mundial; este estudio se centra en el Objetivo 11 " *Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*"; por tal motivo enfocándose en el aspecto ambiental es de gran importancia mantener aire limpio, es decir, libre de contaminación que evite poner en riesgo la salud de los habitantes; de esta manera el alinearse con la meta 6 " *Reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo*", permitirá que la implementación de una red de monitoreo pueda establecer límites permisibles de calidad de aire y así mejorar la calidad de vida de la población ambateña.

El Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021–Todo una Vida menciona en su Objetivo 1 " *Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas*" y en su Objetivo 3 " *Garantizar los derechos de la naturaleza para actuales y futuras generaciones*"; por lo que, es necesario implementar un monitoreo de la calidad de aire para el control ambiental y asegurar una buena calidad de vida de la población, la conservación y uso sostenible de los recursos, de esta manera

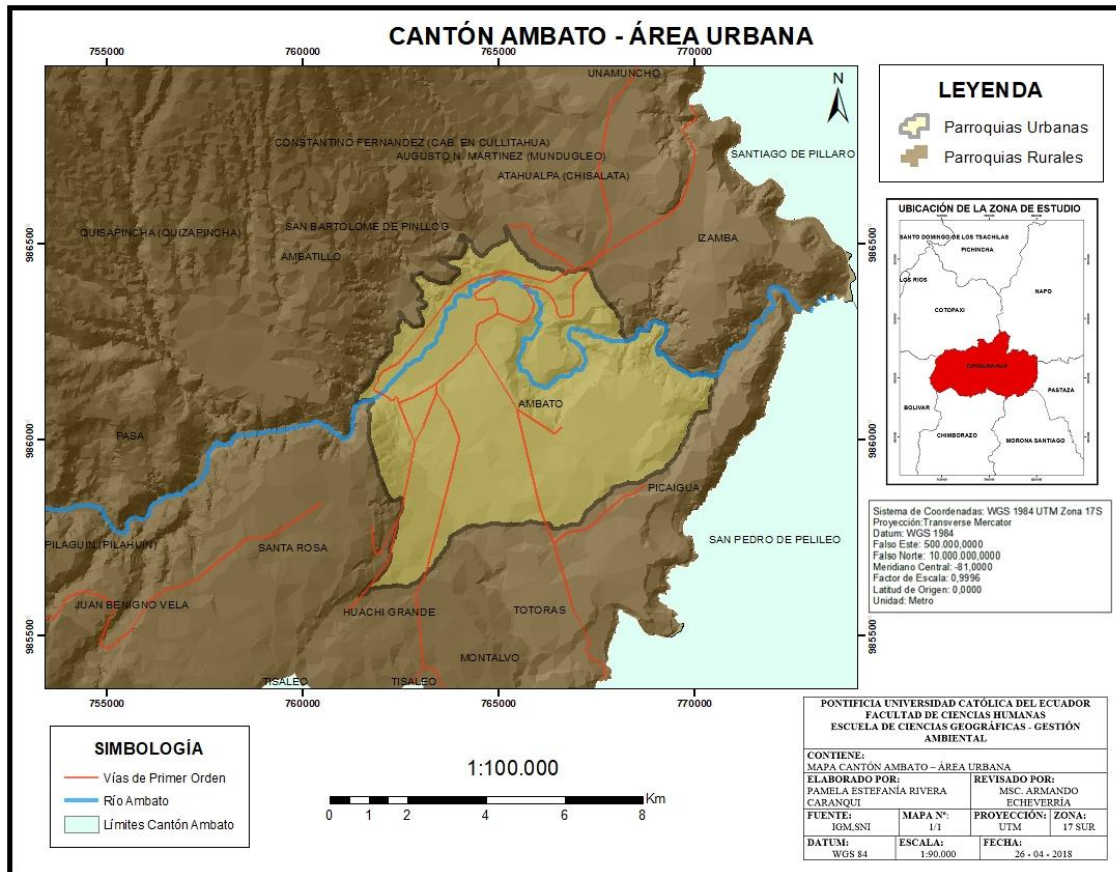
se fortalece el país garantizando los derechos de la naturaleza y los derechos humanos basados en la plurinacionalidad e interculturalidad (SENPLADES, 2017).

El Código Orgánico del Ambiente (COA), en su artículo 191 establece que la Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes realizarán el monitoreo de la calidad de aire de acuerdo a las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto. “Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica sus causas, efectos y alternativas para su reducción” (LEXIS, 2017).

La Ley Orgánica de Prevención y Control Ambiental establece los niveles permisibles aptos para las actividades humanas en zonas urbanas; la Autoridad Ambiental es la encargada del control y seguimiento en el cumplimiento de las normas legales; por lo que, se considera de suma importancia establecer un diseño de una red de monitoreo pasivo para determinar los niveles de contaminación del aire provocado por las distintas fuentes de emisión a partir de monitoreo ambiental (GADMA, 2015); según el Plan Nacional de la Calidad del Aire (2013) estará a cargo del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato y se realizará en el transcurso del año 2018.

A pesar de que la ciudad de Ambato es considerada como una de las urbes con el aire menos contaminado en América Latina (OMS, 2014), se ha visto afectada por varias fuentes de emisión de contaminantes ya sean fijas y móviles, en especial por el crecimiento demográfico, industrial, automotor, minero y productivo. Es de suma importancia enfocarse en la contaminación del aire ya que no sólo altera al medio ambiente sino afecta de manera directa la salud y bienestar de las personas; por tal motivo, nació el interés de monitorear los niveles de calidad de aire que se permiten en el Ecuador y en especial de la ciudad de Ambato, ya que juegan papeles muy importantes en el desarrollo del país. Según la Organización Panamericana de la Salud una ciudad que tenga menos de 1 millón de habitantes debe contar con al menos una estación de monitoreo de aire; en Ambato residen 375 mil habitantes y cuenta con una “Estación de Monitoreo Automático” al sur de la ciudad, su funcionamiento se encuentra en fase experimental del enero del 2015 (GADMA, 2016); debido al crecimiento poblacional presente en los últimos años y él que se tendrá, será necesario establecer más estaciones que permitan el monitoreo de la calidad de aire de toda zona

urbana del cantón Ambato, a su vez, esta investigación permitirá la implementación de una metodología específica para la medición de los niveles de contaminación y relacionar con el monitoreo de otras ciudades del país, de esta manera no sólo llevar a cabo estrategias a nivel cantonal sino a nivel nacional en beneficio a la población.



**Gráfico 1.** Mapa de ubicación del área de estudio

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ciudad de Ambato cumple con lo requerido por La Organización Panamericana de la Salud: *“Una ciudad que tenga menos de 1 millón de habitantes debe contar con al menos una estación de monitoreo de aire”*, es decir, Ambato posee 375 mil habitantes y cuenta con una sola estación de monitoreo ubicada al sur de la urbe, funciona en fase experimental y un control mensual de emisiones de gases a buses de transporte público dentro del proyecto *“Plan de Calidad de Aire Ambato”*

(GADMA, 2015), donde se obtienen datos de la concentración de compuestos como: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, material particulado entre otros, genera registros incompletos de los contaminantes que afectan a la urbe. La falta de una red de monitoreo que cubra toda la zona urbana no permite el control adecuado de los límites permisibles de contaminación ni determina el origen de fuentes de emisión tanto fijas como móviles; de esta manera, la propuesta de diseñar una red de monitoreo pasivo para la ciudad de Ambato en la que se establezcan puntos fijos de monitoreo propone combatir el problema de la contaminación y así asegurar una mejor calidad de vida y bienestar para la ciudadanía y conservar la categoría que se le otorga a Ambato como una de las tres ciudades con aire más limpio en Latinoamérica trabajando conjuntamente con las autoridades encargadas del GAD Municipalidad de Ambato y la población.

## **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

- a) ¿Cómo se seleccionarán los puntos críticos de emisión y afectación en el área de estudio?
- b) ¿Qué contaminantes criterios se va a monitorear y cómo se realizará la distribución de puntos?
- c) ¿Qué Índice de Calidad de Aire es aplicable para la ciudad de Ambato?
- d) ¿Qué técnicas y tecnologías se utilizarán para medir los niveles de contaminación en los puntos asignados?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **a) Objetivo General**

Diseñar una red de monitoreo pasivo de la calidad del aire en la zona urbana del cantón Ambato, mediante una propuesta metodológica de monitoreo ambiental para la identificación de puntos críticos de contaminación.

## **b) Objetivos Específicos**

- Analizar la Normativa Urbana y otras fuentes de información relacionadas a la calidad ambiental de la ciudad de Ambato para el análisis de los puntos de críticos de afectación y emisión dentro del área de estudio.
- Definir los contaminantes criterio a monitorear y la distribución de puntos de acuerdo a un determinado proceso metodológico para el establecimiento de la red de monitoreo pasivo.
- Proponer un índice de calidad de aire para la ciudad de Ambato con base a estudios previos para establecer niveles permisibles de contaminantes criterio en el área de estudio.
- Identificar técnicas y tecnologías que se utilizarán en la red de monitoreo para la ejecución de la metodología propuesta.

## **1.4. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

### **1.4.1. ANTECEDENTES**

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), se establece que cada país será el responsable de establecer las normas de calidad de aire con el objetivo de proteger la salud, mejorar el bienestar y calidad de vida de los habitantes. En Ecuador la referencia nacional obligatoria para evaluar el estado de la calidad de aire según Acuerdo Ministerial No.061 establece la reforma del Libro VI Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, es decir, “en tanto no sean derogados expresamente los anexos establecidos en el Acuerdo Ministerial No. 028 de 28 de enero de 2015, se entenderán como vigentes, para lo cual en plazo de 90 días contados a partir de la publicación en el Registro Oficial, se expedirán los anexos que contendrán las normas técnicas que complementarán la efectiva aplicación del presente instrumento” (MAE, 2015), se lo sustituye por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente que expide en el Acuerdo Ministerial 097 A el Anexo 4 referente a la Norma de Calidad del Aire Ambiente o nivel de Inmisión (LEXIS, 2015).

El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), a través de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) creada en 1994, permite proporcionar datos confiables sobre

la concentración de contaminantes atmosféricos, cuenta con 9 estaciones con capacidad para analizar: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), además de material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>). A partir de esto se elaboran y evalúan políticas y acciones destinadas para mejorar la calidad del aire y a su vez que la ciudadanía se desarrolle en un ambiente sano sin contaminación (Secretaría del Ambiente, s.f.). El DMQ cuenta con su propio índice de calidad de aire denominado “Índice Quiteño de la Calidad de Aire (IQCA), varía en una escala de 0 a 500 con rangos intermedios expresados con diferentes colores, se asigna un valor de 100 a los límites máximos permisibles en la Norma de Calidad de Aire Ambiente (NECA).

Por otro lado, la ciudad de Cuenca cuenta con una red de monitoreo cuyo objetivo es determinar el grado de contaminación y mejorar la calidad del aire por medio del establecimiento de programas generales y específicos. Se tomaron en cuenta 4 criterios: los contaminantes analizados, métodos de monitoreo, escala de representación espacial, criterios de emplazamiento y operación. Las zonas a ser monitoreadas son las urbanas referente al Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca (GAD, 1998) y se determina: usos del suelo, densidad urbana, ubicación de las fuentes puntuales de emisión (industrias y gasolineras) y el tráfico vehicular; se utiliza la metodología otorgada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA, 2007). La Red de Monitoreo está conformada por 18 puntos de los cuales 15 miden depósito de partículas sedimentables y 3 con monitores activos de PM<sub>10</sub> (Jerve y Armijos, 2016). La ciudad de Cuenca realiza un diseño de un sistema de información geográfica (SIG) para la Red de Monitoreo Ambiental con el objetivo de tener un adecuado manejo de los datos obtenidos en cada una de las estaciones, a través de la generación de estadísticas, obtención de índices de la calidad del aire ambiente y mapas de la distribución espacial de los contaminantes, de esta manera permite que las autoridades puedan tomar las decisiones correctas en busca del bienestar, protección del medio ambiente y mejora de la calidad de vida de la ciudadanía (Espinoza, 2011).

La Universidad Nacional de Colombia en convenio con el área Metropolitana del Valle de Aburrá realizó en 2008 el monitoreo pasivo de gases como: dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, ozono, compuestos orgánicos volátiles como: benceno, tolueno y xilenos (BTX); se muestrearon 15 lugares en un año dentro del área metropolitana. La metodología aplicada se basó en el Reglamento Interior del Comité Europeo de Normalización (CEN/CENELEC) adoptado

obligatoriamente por países como Francia y Alemania; el método utilizado fue el muestreo pasivo debido a su bajo costo y manejo sencillo en relación a los métodos convencionales. Como resultado en las 12 de las 15 estaciones se superaron los límites permisibles de dióxido de carbono según la OMS y en 9 estaciones sobrepasaron los límites del benceno; las más altas tasas de sedimentación de partículas se encontraron en lugares donde se realizaron actividades de construcción y mantenimiento de vías (Zapata, et al, 2008).

Según El Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá, (2001) el estudio de Revisión y Validación del Diseño de la Red de Monitoreo de la Calidad de Aire de Bogotá tiene como objetivo “realizar una auditoría a la operación y manejo de la información de la red de monitoreo de la calidad del aire de Bogotá y brindar apoyo sobre el diseño y optimización de la misma”; consiste en el levantamiento de información acerca del monitoreo de la calidad del aire en la ciudad y saber el diseño de la red de monitoreo de calidad de aire (RMCA); está sometido a varios objetivos como el de obtener mayor cantidad de información sin duplicar esfuerzos, cabe aclarar que no existe una reglamentación establecida para dicho diseño, con todo esto se pudo emitir juicios y contrastar el diseño actual de la RMCA en relación a la realidad; de esta manera se finalizó con conclusiones y acciones que se deben tomar para la optimización el diseño de la RCMA en Bogotá.

#### **1.4.2. MARCO TEÓRICO**

Para esta investigación se analizará el posibilismo científico que fue desarrollado por la escuela geográfica francesa y su principal defensor fue Pablo Vidal de Blache, en la que se menciona que: “El hombre es un miembro activo y no pasivo en el modelado de la superficie terrestre. Por otra parte, el medio natural no es una causa necesaria, sino relativa; es una posibilidad o más bien un conjunto de posibilidades, cuyo desarrollo dependerá básicamente del hombre, de su libertad para elegir una u otra, según sus características procedentes de una larga evolución histórica” (Durán, 2016). Por lo tanto, está relacionado directamente con el ser humano que tiene sus propias capacidades y valores que permiten transformar el medio. La geografía forma parte de esta teoría ya que a través de la observación y la descripción se determina las relaciones entre los hechos físicos y los hechos humanos dentro de un territorio.

Conforme la ciencia avanza y la tecnología evoluciona aparece la Geografía Automatizada, ligada estrechamente con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para la generación de nuevos campos de estudio del análisis espacial y plasmar de manera automatizada las relaciones existentes entre la naturaleza y el ser humano. Para el siglo XX, se aplicó para resolver problemáticas de la naturaleza socioespacial y para la reconstrucción de espacios regionales y urbanos en la búsqueda de su máxima eficiencia para la realización de modelos espaciales que permitieron brindar alternativas a futuro (Buzai, 2015).

De esta manera, se han combinado las dos teorías como son el Posibilismo científico y la Geografía Automatizada para la realización del diseño de la red de monitoreo pasivo en la zona urbana del cantón Ambato, primero determinar las relaciones entre las actividades que desarrolla la población ambateña y la alteración en la calidad de aire, consecuencia de ello la presencia de contaminantes y partículas sedimentables que se le atribuye el nombre de contaminación atmosférica que ponen en riesgo la seguridad y salud de los habitantes y el medio ambiente; a través de los sistemas de información geográfica realizar un análisis socio-espacial para establecer un mallado de puntos los cuales formarán parte de la red de monitoreo para la zona urbana del cantón Ambato. A continuación, se presentan bases teóricas sobre el tema a investigar.

- **Aire como medio difusor y transporte**

El aire es la mezcla de gases que constituyen la atmósfera terrestre, está compuesto por sustancias como: el nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y algunos gases nobles: criptón, argón (1%); permanece alrededor del planeta Tierra por acción de la fuerza de la gravedad (Díaz, 2011).

- **Propiedades del Aire**

Según, Díaz (2011) la presión del aire disminuye conforme aumenta la altitud; la atmósfera terrestre se divide en cuatro capas de acuerdo a la altitud, temperatura y composición del aire:

- **Tropósfera:** Posee una altura media de 12 km, se encuentra aire, polvo, humo y vapor de agua, entre otros componentes. Aquí se produce el proceso de la respiración por lo que está compuesto por: nitrógeno (78,08%), oxígeno (20,94%), dióxido de carbono (0,035%), gases inertes (0,93%). En esta capa se producen todos los

fenómenos atmosféricos que originan el clima, alcanza una altura de 7km de altura en los polos y 16 km en los trópicos con nubes y vapor de agua.

- **Estratósfera:** Se extiende de 12 a 50 km de altura caracterizada por ser una zona muy fría, contiene gran cantidad de ozono por lo que absorbe la mayor parte de rayos ultravioletas (UV) y protege a la Tierra de los mismos. Cabe recalcar que si el ozono se encuentra bajo los 25 km de altura habituales se le denominan “ozono troposférico” u “ozono malo” que trae consigo efectos negativos para la salud de las personas.
- **Mesosfera:** Varía de los 50 a 100 km de altura, se caracteriza por tener una temperatura media de 10°C; los meteoritos adquieren altas temperaturas por lo que se volatilizan y se consumen.
- **Ionosfera:** Inicia después de los 100 km y va desapareciendo gradualmente hasta los 500km de altura; está constituida por oxígeno (O<sub>2</sub>), LA TEMPERATURA AUMENTA A LOS 1000°C, los rayos ultravioletas del sol se ionizan produciendo átomos y moléculas cargados eléctricamente y electrones libres.
- **Exosfera:** A partir de los 500 km de altura y va más allá de los 1000 km; capa de helio y de hidrógeno; después se halla una enorme banda de radiaciones hasta unos 55000km de altura.

- **Propiedades físicas**

Además de analizar las capas que conforman la atmósfera, es necesario analizar las propiedades físicas del aire para determinar su importancia en el medio ambiente y son las siguientes:

- Posee menor peso que el agua
- Posee menor densidad que el agua
- Volumen definido
- No existe en el vacío
- Incoloro, inodoro e insípido
- Su extrema pequeñez y sus especiales características, el átomo de hidrógeno se considera prácticamente con todos los elementos generalmente en frío y se producen varias reacciones químicas.

- **Propiedades químicas**

También es necesario conocer las propiedades químicas del aire con sus respectivas reacciones:

- Reacciona con la temperatura condensándose en hielo a bajas temperaturas y produce corrientes de aire.
- Compuesto por varios elementos básicos para la vida como oxígeno y dióxido de carbono.
- Difusible y atraviesa cuerpos porosos (densidad de hidrógeno: 0,09 g/l).
- Poco soluble en el agua debido a que sus moléculas no son polares
- Punto de congelación: -259,14°C.
- Punto de Ebullición: -252,8%.

### 1.4.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Norma de calidad de aire ambiente (NECA):** *“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)
- **Índice de calidad del aire:** *“Es un indicador que sirve para informar de la calidad del aire a la población de una manera clara y sencilla, es decir, es el indicador de pureza o contaminación atmosférica y los efectos para la salud y el medio ambiente (EPA, 2016); está formado por un conjunto de valores que se los agrupa en intervalos a los que se les asocia una trama o color característico de la calidad del aire de una zona determinada”* (EUSTAT, s.f.)
- **Calidad de aire:** *“La concentración de contaminante que llega a un receptor, más o menos lejano de la fuente de emisión, una vez transportado y difundido por la atmósfera”* (Tropósfera, s.f.)
- **Contaminantes específicos:** *“Contaminantes que presenten valores más altos”* (CICA, 2012).

- **Puntos críticos de afectación:** *“Lugares puntuales del espacio público, donde se ve afectado la emisión de contaminantes; causando problemáticas ambientales en la zona de estudio”* (Riascos, 2015).
- **Puntos de emisión:** *“Lugares puntuales de descarga de sustancias en la atmósfera, la mayoría proveniente de actividades humanas”* (SEMARNAT, 2015).
- **Monitoreo pasivo:** *“Métodos para determinar la calidad del aire que se caracterizan por ser confiables y costos efectivos; se caracteriza por ser un monitoreo continuo”* (SECRETARIA DEL AMBIENTE, 2015)
- **Muestreo pasivo:** *“Se denomina muestreo pasivo porque los equipos de muestreo no tienen sistema de bombeo alguno. En lugar de ello el flujo de aire se controla por un proceso físico, tal como la difusión”* (SECRETARIA DEL AMBIENTE, 2015).
- **Puntos críticos de control:** *“Una etapa donde se puede aplicar un control y que sea esencial para evitar o eliminar un peligro o para reducirlo a un nivel aceptable”* (OMS, 2016).
- **Contaminante criterio:** *“Contaminante común en una zona de acuerdo a su contexto; porque fueron objeto de evaluaciones publicadas en documentos de calidad del aire con el objetivo de establecer niveles permisibles que protejan la salud, el medio ambiente y el bienestar de la población”* (Forero, s.f.).
- **Red de monitoreo:** *“Conjunto de dispositivos de medición sistemática para la toma de registros de la concentración de contaminantes atmosférico, con el fin de evaluar la calidad del aire y verificar el cumplimiento de la normativa”* (DAMA, 2003).

## 1.5. CUADRO DE OPERALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

**Tabla 1.** Operalización de la información

VARIABLE	ESCALA – CARACTERÍSTICA	DIMENSIÓN	HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Uso y Ocupación del Suelo	1:25000	Cualitativo	GAD Municipalidad de Ambato  ArcGIS 10.5	Cobertura de uso y ocupación de la zona urbana de la ciudad de Ambato
Vialidad	1:25000	Cualitativo	GAD Municipalidad de Ambato  ArcGIS 10.5	Cobertura de vías de la zona urbana de la ciudad de Ambato
Rutas principales de tránsito	1:25000	Cualitativo	GAD Municipalidad de Ambato	Cobertura de rutas principales de transporte público (buses)
Definición de puntos críticos de afectación	1:25000	Cualitativo	GAD Municipalidad de Ambato  ArcGIS 10.5	Cobertura de sectores de afectación como: salud, educación, infraestructura.
	1:25000	Cualitativo	GAD Municipalidad de Ambato	shp de sectores de emisión según el uso y

Definición de puntos de emisión			ArcGIS 10.5	ocupación del suelo
Población	# de habitantes	Cuantitativo	GAD Municipalidad de Ambato	Crecimiento poblacional de la ciudad de Ambato
Dirección y velocidad del viento	Dirección: Norte (N), Sur (S), Este (E), Oeste (O)  Velocidad: m/s	Cuantitativo	GAD Municipalidad de Ambato	Datos de INAMHI de la dirección y velocidad del viento en la zona urbana de la ciudad de Ambato.
Datos de la Estación de Monitoreo	Monóxido de carbono, partículas sedimentarias, ceniza volcánica, óxidos de nitrógeno, ozono.	Cuantitativo	GAD Municipalidad de Ambato	Datos de la concentración de los compuestos, obtenidos de la Estación de Monitoreo experimental de la ciudad de Ambato.

## 1.6. MARCO METODOLÓGICO

La metodología que se aplicará para este trabajo será analítica debido a que el objetivo de la investigación relacionará las diferentes variables que influyen en la calidad del aire en la ciudad de Ambato para determinar y definir los puntos críticos de afectación y emisión, de esta manera se podrá diseñar una red de monitoreo pasivo para el control de los niveles permisibles dentro de la zona urbana, también se realizará entrevistas a diferentes instituciones para determinar el funcionamiento de una red de monitoreo.

Los pasos a seguir para la realización de la investigación son los siguientes:

### 1.6.1. Obtención de la información base:

Se procederá a buscar información secundaria que permita la identificación de fuentes de emisión de contaminantes de acuerdo a:

- **Plan de uso y ocupación del suelo (GAD Municipal):** clasificación del uso y ocupación del suelo:
  - Parque industrial
  - Protección natural
  - Uso barrial
  - Uso sectorial
  - Uso zonal
  - Uso múltiple
  - Producción agrícola y frutícola

Que puedan influenciar en la calidad de aire de la ciudad.

- **Vialidad (GAD Municipal):** sistema vial de la ciudad de Ambato.
- **Rutas principales (GAD Municipal):** cobertura de las rutas de transporte público (buses).
- **Población:** crecimiento demográfico de la ciudad de Ambato
- **Información meteorológica:** información de la dirección y velocidad del viento para determinar sectores afectados por el desplazamiento de material particulado.

- **Datos de la Estación de Monitoreo:** monóxido de carbono, partículas, óxido de nitrógeno, ozono y material particulado (PM2.5).

### 1.6.2. Análisis de la estructura y distribución de datos:

Este estudio se basará en el establecimiento de un mallado de puntos, es decir, la estructura y distribución de puntos en el área de estudio, de esta manera se conformará la red de monitoreo pasivo para un posterior análisis geoestadístico con base al proceso EPA (Estados Unidos)

Según Guzmán, (s.f.) se debe seguir la siguiente metodología:

- **Selección de contaminantes:** selección de gases tóxicos y material particulado principales que deben monitorearse con base a la única estación de monitoreo existente en la ciudad.
- **Área de estudio:**
  - **Escala:** Definición de la escala de trabajo, por lo que se la asigna la categoría de urbana y define las concentraciones dentro de un área de 4 a 50 kilómetros.
  - **Identificación del área de estudio:** delimitación de la zona urbana de la ciudad de Ambato.
- **Selección de puntos críticos de afectación:** dentro del área de estudio.
- **Selección de puntos de emisión:** dentro del área de estudio
- **Selección de número de posibles estaciones de monitoreo:** con la selección de los puntos críticos de afectación y de emisión se colocarán posibles estaciones de monitoreo que cubra toda la zona urbana y que permita evaluar la calidad de aire de la ciudad.
  - Definir el tamaño del área a ser cubierta por cada una de las zonas.
  - Variación de la concentración de contaminantes.
  - Límites permisibles
- **Criterios de localización:** se debe tomar en cuenta las siguientes características:
  - **Dirección del viento:** determinar la dirección del viento para obtener información verídica
  - **Seguridad:** garantizar la ubicación de las estaciones de monitoreo y sus equipos para facilitar el funcionamiento y mantenimiento de los mismos.

- **Impacto social:** las estaciones de monitoreo en las zonas urbanas prioritariamente deben estar ubicadas donde existe mayor densidad poblacional.
- **Infraestructura:** contar con infraestructura adecuada para el establecimiento de las estaciones de monitoreo.
- **Definición de puntos para la conformación de la red de monitoreo:**
  - **Metodología:** Multicontaminante para un área urbana
  - **Métodos:** ArcGIS 10.5

### 1.6.3. Propuesta del índice de calidad del aire:

Con los parámetros ya determinados para el monitoreo pasivo de la calidad del aire se propondrá un índice de calidad de aire para Ambato con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la ciudadanía y asegurar su bienestar.

- **Definición de contaminantes criterio:** revisión de datos y comparación bibliográfica se determinan los siguientes según el Anexo 4 del TULSMA (LEXIS, 2015).
  - Monóxido de Carbono (CO)
  - Ozono (O<sub>3</sub>)
  - Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)
  - Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
  - PM10
  - PM2.5
  - Partículas sedimentables
- **Definición de contaminantes específicos:** Contaminantes que presenten valores más altos.
- **Cálculo del índice de calidad del aire para Ambato:** Determinar el valor del índice de acuerdo a revisión bibliográfica de la OMS.
- **Establecimiento de rangos:** Basándose en información bibliográfica de la OMS se define las categorías que conformará el índice de calidad del aire en Ambato.

#### **1.6.4. Identificación de equipos para la red de monitoreo:**

Se deberán utilizar equipos que cumplan con los métodos de referencia en la Normativa Ecuatoriana y la guía será: US-EPA (INE, s.f.):

- **Tipos de equipos para cada estación:** El objetivo de los equipos será proporcionar datos exactos que permitirán proporcionar resultados válidos para un posterior análisis estadístico, se trabajará en función a la capacidad actual del laboratorio del GAD.
  - Analizadores automáticos
  - Monitores de partículas suspendidas
  - Muestreadores de partículas suspendidas
  - Sensores meteorológicos
  - Sistema de calibración
  
- **Criterios de selección de equipos de medición:** Al momento de adquirir los equipos será importante cumplir con los requisitos de calidad preestablecidos:
  - Objetivos del monitoreo
  - Presupuesto para la adquisición de los equipos
  - Disponibilidad de los equipos en el mercado y mantenimiento
  - Especificaciones del equipo
  - Garantía

## CAPÍTULO II:

### ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN BASE DE LA CIUDAD DE AMBATO

A continuación, en el capítulo II se realizará el análisis de la información base de la zona urbana de Ambato, para lo cual la clasificación del uso del suelo en el cantón será el punto de partida de este estudio, también se utilizará la formación del sistema vial y el transporte público que representa gran parte de la contaminación en la ciudad. Por otra parte, el analizar la densidad poblacional y su comportamiento permitirán entender el impacto social que tendrá el implementar la red de monitoreo; se recolectarán datos y los tipos de contaminantes de la estación de monitoreo existente. Por último, se recolecta información meteorológica oficial que ayudará a futuros estudios que permita el correcto funcionamiento de la red de monitoreo una vez implementada; en la Tabla 2 se presenta el resumen del tipo de información que se empleará en dicho capítulo, su clasificación, normativa y fuente.

**Tabla 2.** Resumen de la información base de la ciudad de Ambato

<b>Información</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Normativa</b>	<b>Fuente</b>
Usos del Suelo	<b>-Industrial:</b> curtiembre, metal-mecánica-carrocería, manufactura de calzado, alimentos, talleres y comercio. <b>-Minero:</b> piedra, mojón, arena y ripio. <b>-Actividades productivas.</b>	-Reforma y Codificación de la Ordenanza General del Plan de Ordenamiento Territorial de Ambato. -Actualización del Plan de Desarrollo y	-GAD Ambato

		Ordenamiento Territorial 2015.	
Vialidad y Transporte	-Sistema vía de la zona urbana del cantón Ambato. -Rutas de transporte público (buses).	-Reforma y Codificación de la Ordenanza General del Plan de Ordenamiento Territorial de Ambato. -Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015.	-GAD Ambato
Población	-Crecimiento población	-Datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos. - Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015.	-INEC
Datos de la Estación de Monitoreo de la ciudad de Ambato	-Monóxido de carbono -Material particulado (PM2,5) -Ozono -Óxidos de nitrógeno	-Registro de la Estación de Monitoreo GAD Ambato.	-GAD Ambato
Información meteorológica	-Dirección del viento -Velocidad del viento	-Datos del Instituto Nacional de Meteorología e	-INAMHI

		Hidrología (INAMHI).	
--	--	-------------------------	--

## 2.1. USO DEL SUELO

De acuerdo a la Ordenanza del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) aprobada por el Ilustre Consejo Cantonal de Ambato en el mes de mayo del 2009, consta de la Reforma y Codificación de la Ordenanza General del Plan de Ordenamiento Territorial de Ambato y Normas de Arquitectura y Urbanismo, a partir de este documento se elabora el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y después su actualización en 2015; cabe recalcar su vigencia hasta la actualidad en la que se plasma la clasificación del uso del suelo y sobre la cual se basa esta investigación como se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Resumen Normativa Uso del Suelo

USO DEL SUELO	CLASIFICACIÓN	NORMATIVA URBANA
Usos Principales	-Vivienda -Múltiple -Industrial -Protección Natural -Agrícola -Recursos no renovables	-Reforma y Codificación de la Ordenanza General del Plan de Ordenamiento Territorial de Ambato.
Usos Complementarios	-No existe clasificación	
Usos Condicionados	-No existe clasificación	

Usos no Permitidos	-Comercio y Servicios -Equipamiento -Salud -Educación -Recreación -Administración Pública -Seguridad -Transporte -Infraestructura -Especial -Cultural -Bienestar Social -Culto -Funeraria	-Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015.
--------------------	--	--

Fuente: GADMA, 2009

### 2.1.1. Tipos de uso del suelo

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2015) se establecen las 4 categorías de uso de suelo para la zona urbana de Ambato de acuerdo a la ordenanza del POT, en su capítulo VII artículo 49:

**Usos principales:** “Corresponde al uso predominante en una estructura territorial – natural y define el destino urbanístico de un área de reglamentación; puede desarrollarse en forma exclusiva, o conjuntamente con otras actividades compatibles que lo complementen” (art. 50).

- **Tipos de Usos principales:** para suelo urbano, urbanizable y no urbanizable del cantón y son:

- **Uso Vivienda:** destinado a la vivienda, puede ser de forma exclusiva o combinado con otros usos que permita complementarse de acuerdo a la zonificación del POT y su clasificación según la Tabla 4.

**Tabla 4.** Uso de Suelo Principal de Vivienda.

<b>Uso Principal</b>	<b>Simbología</b>	<b>Tipología</b>	<b>Explicación</b>
Vivienda	V0	Vivienda con usos barriales	Uso principal la vivienda, donde se permite únicamente el comercio menor, abastecimiento diario escala barrial, no se puede superar el 22% del área construida en planta baja
	V1	Vivienda con usos sectoriales	Uso principal la vivienda y se destina para comercios con un nivel más especializado a escala local, no se puede superar el 50% del área construida en planta baja
	V2	Vivienda con usos zonales	Uso principal la vivienda, donde el comercio ocupa mayor jerarquía y cobertura, no se puede superar el 75% del área construida en planta baja.

Fuente: GADMA, 2009

- **Uso Múltiple:** Áreas de mayor centralidad (Núcleo Central), corresponde a las vías arteriales: Av. Indoamérica, Av. Atahualpa, Av. Bolivariana y las zonas exclusivas en la que se puede encontrar comercio, equipamientos, vivienda e industria de bajo y mediano impacto y su clasificación es la siguiente (véase Tabla 5):

**Tabla 5.** Uso del Suelo Principal Múltiple

<b>Simbología</b>	<b>Tipología</b>	<b>Explicación</b>
M1	Centro de la Ciudad	Corresponde al área de mayor centralidad determinadas en el plan como: centro de administración, gestión y comercio de la ciudad.
M2	Con usos urbanos	Corresponde a las entradas y salidas de la ciudad: Av. Bolivariana (desde el redondel del Colegio Guayaquil hasta el distribuidor de Terremoto); Av. Real Audiencia desde la Av. Bolivariana hasta la Platón, esta desde la Av. Real Audiencia hasta la Av. Bolivariana, Av. Atahualpa (desde la intersección con la Av. Víctor Hugo hasta el intercambiador de Huachi Grande); y, Av. Indoamérica (desde el ex redondel de Las Focas hasta el límite urbano norte propuesto en el Plan).

Fuente: GADMA, 2009

**Uso industrial:** Implantación de las actividades y operaciones para la obtención, elaboración, manipulación, transformación o tratamiento de materias primas para producir bienes o productos materiales. Se clasifica según el impacto ambiental y urbano (véase Tabla 5.1):

**Tabla 5.1.:** Clasificación de Uso Industrial

<b>BAJO IMPACTO</b>	<b>MEDIANO IMPACTO</b>	<b>ALTO IMPACTO O PELIGRO</b>
<p>-Residuos sólidos, líquidos o gaseosos no contaminantes y pequeños volúmenes.</p> <p>-Nivel de presión sonora: 50dB de 6 a 20 horas, 40 dB de 20 a 6 horas.</p> <p>-Baja demanda en infraestructura, transporte y servicios; la edificación puede integrarse a las características morfológicas del contexto urbano y a las características tipológicas de la edificación.</p>	<p>-Actividades que generen contaminantes gaseosos y material particulado.</p> <p>-Nivel de presión sonora: 60dB de 6 a 20 horas, 50 dB de 20 a 6 horas.</p> <p>-Aparcamientos colectivos entre 20 a 40 unidades.</p> <p>-Demanda de transporte colectivo, servicios especiales; la edificación puede integrarse a las características morfológicas del contexto urbano y a las características tipológicas de la edificación.</p>	<p>-Actividades que generen contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos contaminantes.</p> <p>-Nivel de presión sonora 70 dB de 6 a 20 horas y 60 dB de 20 a 6 horas.</p> <p>-Altas demandas de accesibilidad y transporte colectivo.</p> <p>- Aparcamientos colectivos superior a 40 unidades; la edificación puede integrarse a las características morfológicas del contexto urbano y a las características tipológicas de la edificación.</p>

Fuente: GADMA, 2009

**Tabla 5.2.:** Clasificación de Establecimientos de Uso Industrial

Simbología	Tipología	Establecimientos
BI	Bajo Impacto	<p><b>Manufacturas:</b> confites, mermeladas, salsas, pasteles y similares, molinos artesanales, taller de costura o ropa en general, bordados, cerámica en pequeña escala, calzado y artículos de cuero en pequeña escala, ebanistería, talleres de orfebrería y joyería, encuadernación de libros, adhesivos(excepto la manufactura de los componentes básicos), alfombras y tapetes, productos de cera, artículos deportivos(pelotas, guantes, raquetas), instrumentos de precisión (ópticos, relojes), instrumentos musicales.</p> <p><b>Establecimientos industriales:</b> cerrajería, ensamblaje de productos (gabinetes, puertas, mallas), imprentas artesanales, productos de madera (muebles, puertas, cajas, lápices o similares), confección de maletas, maletines y similares, panificadoras artesanales, fabricación de papel y cartón (sobre, hojas, bolsas, cajas, etc.), paraguas, perfumes, persianas, toldos, empacadoras de jabón o detergente, armado de máquinas de escribir, calculadoras, motocicletas y repuestos</p>
IMI	Mediano Impacto	Procesamiento industrial de alimentos, alimentos para animales, fabricación de bicicletas, coches (niño o similares), Fábrica de medias, corcho, cosméticos, equipos y artefactos eléctricos (lámparas,

		<p>ventiladores, planchas, radios, televisores, refrigeradoras, lavadoras, secadoras y otros), productos farmacéuticos, herramientas, herrajes y accesorios, clavos, navajas, utensilios de cocina, hielo seco o natural, productos de caucho (globos, guantes, suelas), juguetes, laboratorios de investigación, experimentación o de pruebas, artículos de cuero (incluyendo tenerías proceso seco, zapatos, cinturones), productos de plástico (vajillas, botones), telas y otros productos textiles (tinturados), yute, cáñamo (únicamente productos), acabados metálicos (excepto manufacturas de componentes básicos), aire acondicionado, fabricación de equipos, cerámica (vajillas, losetas de recubrimiento), grafito o productos de grafito.</p>
IAI	Alto Impacto	<p>Fabricación o procesamiento de productos estructurales (varilla, vigas, rieles, alambres), metalmecánica, asbestos, asfalto o productos asfálticos, procesamiento de pétreos, fósforos, embotellamiento de bebidas no alcohólicas, bebidas alcohólicas, colchones, material eléctrico (conductores, interruptores, focos, baterías), fertilizantes, fundición, aleación o reducción de metales, gelatinas, caucho natural y sintético (incluyendo llantas y tubos), jabones y detergentes (fabricación), linóleums, procesamiento de madera (triples, pulpas o aglomerados), maquinaria pesada eléctrica, agrícola y para construcción, metal fundido o productos de tipo pesado, metal o productos de metal (procesos de: esmaltado, laqueado y galvanizado),</p>

		<p>molinos de granos y procesamientos, partes de automóviles y camiones, fabricación de películas fotográficas, pinturas, barnices, plásticos (procesamiento de productos), tabaco (productos), curtiembre (proceso húmedo), tintas, vidrio o cristal de vidrio, bodegas de granos y silos, aserraderos, bodegas o almacenes de madera , plantas frigoríficas , bodegas y botaderos de chatarra, plantas de faenamiento de animales, elaboración de ladrillos, bloqueras y tabiques, porcelanizados, incluyendo muebles de baño y cocina, yeso e imprentas industriales.</p>
IP	Peligrosa	<p>Incineración de residuos, petróleo o productos de petróleo refinado, químicos (acetileno, anilinas, amoníaco, carburos, sosa cáustica, celulosa, cloro, carbón negro, cerosota, y otros de conformidad con el R.O. 324-11-5-2001), agentes exterminadores, insecticidas, funguicidas, desinfectantes o componentes químicos relacionados, hidrógeno, oxígeno, alcohol industrial, potasio, resinas sintéticas y materiales plásticos, fibras sintéticas, ácidos clorhídrico, pícrico, sulfúrico y derivados), radioactivos (manejo y almacenamiento de desechos radioactivos), solventes(extracción), explosivos</p>

Fuente: GADMA, 2009

**Uso de protección natural:** Mantenimiento de las características ecosistémicas del medio natural, que no se han visto intervenidas de manera antrópica y deben conservarse por razones de calidad ambiental y equilibrio ecológico; no se pueden modificar.

Elementos limitantes de urbanización son: pendientes superiores a 30°, áreas de riesgo, áreas de quebradas y de orografía especial, áreas de valor paisajístico, arqueológico y ecológico (conservación de flora y fauna), (véase Tabla 6).

**Tabla 6.** Uso de Protección Natural (PN)

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>USO Y ÁREAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
PNP	Páramos	Reserva de producción faunística del Chimborazo: reserva de especies endémicas sobre los 3600msnm.  Usos: científicos y turísticos	Recuperación con protección ambiental y respetar a los poblados ubicados en la zona.
PNB	Bosques y vegetación protectora	Reserva de bosques primarios y vegetación protectora, reserva ecológica de bosques.  Usos: científicos, turísticos y recreación.	Bosques nativos y tierras de manejo sustentable de bosques.
PNH	Cuerpos de Agua	Cuencas, microcuencas, manantiales, playas	Preservación del sistema hídrico, tanto natural,

		fluviales, ríos, arroyos, Ciénegas, lagunas, pantanos, canales de agua y desagües, alcantarillas, aliviaderos, diques, presas, represas, embalses, muelles y rondas hídricas.	artificial como construido para un manejo adecuado y descontaminación.
PNQ	Quebradas y laderas	Reservas ecológicas de riberas de río, quebradas, áreas vulnerables y de alta pendiente.	-Suelo accidentado y topografía irregular, caracterizado por su fragilidad y vulnerabilidad a la desertificación, deforestación, clima e inadecuado uso del recurso hídrico.  -Se prohíbe cualquier tipo de construcción y se requiere un manejo adecuado de especies endémicas.

Fuente: GADMA, 2009

**Uso agrícola:** Suelo destinado al aprovechamiento de la agricultura, ganadería, forestal y explotación piscícola, para autoconsumo y comercialización menor, como de uso y explotación intensiva o extensiva; suelos destinados al aprovechamiento de la horticultura, floricultura y fruticultura de producción intensiva controlada (véase en la Tabla 7).

**Tabla 7.** Usos Agrícolas (A)

SIMBOLOGÍA	TIPOLOGÍA	ACTIVIDADES	EXPLICACIÓN
A	Cantonal	Agroindustria, Producción agrícola extensiva, cultivo agrícola de libre exposición, granjas de producción pecuaria (avícola y ganadera), almacenamiento de estiércol y abono orgánico, explotación piscícola, terrenos y bosques dedicados a actividades silvestres.	Granjas de producción agrícola intensiva, cultivos con o sin invernadero; granjas de producción pecuaria: avícola, ganaderas (acopio y crías de especies mayores y menores), explotación piscícola y forestal.
A1	Urbano	Huertos de producción intensiva controlada, cultivos con o sin invernadero: hortícolas, florícolas y frutícolas.	Granjas de producción agrícola intensiva, cultivos con o sin invernadero.

Fuente: GADMA, 2009

- **Recursos no renovables:** Extracción de materiales para la industria de la construcción o artesanías (canteras); no serán permitidos dentro de las áreas urbanas y urbanizables (véase en la Tabla 8).

**Tabla 8.** Recursos no renovables (NR)

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
NR	Minería Cantonal	Extracción de minerales no metálicos.

Fuente: GADMA, 2009

- **Usos complementarios:** “Actividades afines al funcionamiento del uso principal, permite establecer relaciones entre ellos, optimizar la utilización del comercio, servicios y equipamientos, disminuir desplazamientos y homogeneizar las oportunidades de acceso a los distintos puntos del territorio” (art. 51).
  - **Usos condicionados:** “Aquellos que no siendo necesarios para el funcionamiento del uso principal no impactando en él, se permiten bajo determinadas condiciones normativas” (art. 52).
  - **Usos no permitidos:** “Aquellos que se hallan en contradicción con el uso principal de suelo en una estructura urbano-territorial, debido a que puede generar impacto urbano o ambiental negativo, por lo que son prohibidos” (art.53).
- **Tipos de usos complementarios, condicionados y no permitidos:** Comercio-servicios, equipamientos de acuerdo a la tipología: barrial, sectorial, zonal y urbano (véase en las Tabla 9 y 9.1).

#### **Clasificación de los Establecimientos**

- **Comercio y Servicios:** Uso comercial y puede ubicarse en los sectores y vías asignadas según el POT.

**Tabla 9.** Comercio – Servicios (C)

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ESTABLECIMIENTOS</b>
CB	Barrial	<p><b>CB0</b></p> <p><b>Comercio:</b> Tienda de abarrotes, bazares y botiquín.</p>
CS	Sectorial	<p><b>CS1</b></p> <p><b>Comercio:</b> Frigoríficos con venta de embutidos, carnicerías, fruterías, panaderías, pastelerías, cafeterías, restaurantes (venta restringida de bebidas alcohólicas), confiterías, heladerías, farmacias, ferreterías pequeñas, papelerías, venta de revistas y periódicos, micro mercados, delicatessen, floristería, fotocopiadoras, alquiler videos.</p> <p><b>CS2</b></p> <p><b>Servicios:</b> Venta de muebles, carpinterías, tapicerías y reparación de muebles, recepción de ropa para lavado, sastrerías, peluquerías, salones de belleza, reparaciones de electrodomésticos (pequeños), zapaterías, vulcanizadoras, venta de regalos, artículos de dibujo y fotografía, librerías, licoreras (venta en botella</p>

		<p>cerrada), cafe-net y similares, comidas rápidas.</p> <p><b>CS3</b></p> <p><b>Oficinas Administrativas I:</b> Oficinas privadas</p> <p><b>CS4</b></p> <p><b>Alojamiento Doméstico:</b> Casa de huéspedes, residencias y albergues, posadas.</p>
CZ	Zonal	<p><b>CZ1</b></p> <p><b>Comercios:</b> Alfombras, telas y cortinas, artesanías, antigüedades, artículos de decoración, deportivos y de oficina, venta de bicicletas y motocicletas, distribuidora de flores y artículos de jardinería, instrumentos musicales, discos, joyerías, relojerías, ópticas, jugueterías, venta de mascotas, electrodomésticos, mueblerías, muebles y accesorios de baño, ropa, almacén de zapatos, repuestos y accesorios para automóvil (sin taller), venta de llantas, talabarterías, venta de pinturas, vidrierías y espejos, ferreterías medianas.</p> <p><b>CZ2</b></p>

		<p><b>Servicios:</b> Agencias de viajes, estacionamientos públicos servicio de papelería e impresión, laboratorios médicos y dentales, renta de vehículos y alquiler de artículos en general, reparación de electrodomésticos, talleres fotográficos, centros de cosmetología y masajes, gimnasios, baños turcos sauna, centros de reacondicionamiento físico y servicios vinculados con la salud y la belleza (SPA).</p> <p><b>CZ3</b></p> <p><b>Servicios Especializados:</b> Cambios de aceite, lavadoras de autos y lubricadoras, gasolineras y estaciones de servicio, distribución al detal de GLP, mecánicas livianas y patio de venta de vehículos livianos.</p> <p><b>CZ4</b></p> <p><b>Comercios de menor escala:</b> Picanterías, venta de comidas típicas y adicionales, bodegaje de artículos de reciclaje.</p> <p><b>CZ5</b></p> <p><b>Comercio Temporal:</b> Ferias temporales.</p> <p><b>CZ6</b></p>
--	--	--

		<p><b>Oficinas Administrativas 2:</b> Edificios de oficinas privadas, públicas y corporativas.</p> <p><b>CZ7</b></p> <p><b>Alojamiento Temporal:</b> Residenciales, hostales, hospederías y apart-hoteles de tiempo compartido, pensiones, mesones.</p> <p><b>CZ8</b></p> <p><b>Centros de Juego:</b> Juegos electrónicos y de salón, billar con venta de bebidas de moderación, ping pong, play station, bingos.</p> <p><b>CZ9</b></p> <p><b>Centros de Diversión:</b> Billares con venta de licor, salas de bolos, cines, teatros, cantinas, bares, video bar, karaoke, pool bar, discotecas, salas de baile, peñas, café concierto, restaurantes-bares, salones de banquetes y fiestas, casinos.</p> <p><b>CZ10</b></p> <p><b>Comercio y Servicios:</b> Distribuidora de llantas y servicios, talleres mecánicos y enderezada, distribuidora de materiales</p>
--	--	---

		<p>de construcción, centro de lavado de ropa.</p> <p><b>CZ11</b></p> <p><b>Venta Vehículos y Maquinaria Liviana:</b> Agencias y patios de vehículos (con taller en local cerrado), venta y renta de maquinaria liviana en general.</p> <p><b>CZ12</b></p> <p><b>Almacenes y Bodegas:</b> Centrales de abastos, bodegas de productos (que no impliquen alto riesgo), distribuidora de insumos agropecuarios, centrales frigoríficas.</p> <p><b>CZ13</b></p> <p><b>Centros de Abastecimiento:</b> Comercios agrupados en áreas mayores a 1000m<sup>2</sup>, mercados tradicionales y centros de comercio popular.</p> <p><b>CZ14</b></p> <p><b>Alojamiento:</b> Hoteles.</p>
--	--	--

Fuente: GADMA, 2009

**Tabla 9.1.:** Comercio y Servicios (CM)

SIMBOLOGÍA	TIPOLOGÍA	ESTABLACIMIENTOS
CM1	Especial (Núcleo Central)	<p><b>CM1-1</b></p> <p><b>Comercio:</b> Frigoríficos con venta de embutidos, carnicerías, fruterías, panaderías, pastelerías, cafeterías, restaurantes (venta restringida de bebidas alcohólicas), confiterías, heladerías, farmacias, ferreterías pequeñas, papelerías, venta de revistas y periódicos, micro mercados, delicatessen, floristería, fotocopiadoras, alquiler videos, alfombras, telas y cortinas, artesanías, antigüedades, galerías de arte, artículos de decoración, deportivos y de oficina, venta de bicicletas y motocicletas, distribuidora de flores y artículos de jardinería, instrumentos musicales, discos, joyerías, relojerías, ópticas, jugueterías, venta de mascotas, electrodomésticos, mueblerías, muebles y accesorios de baño, ropa, almacén de zapatos, repuestos y accesorios para automóvil (sin taller), venta de llantas, talabarterías, venta de frigoríficos con venta de embutidos, carnicerías, fruterías, panaderías, pastelerías, cafeterías, restaurantes (venta restringida de bebidas alcohólicas), confiterías, heladerías, farmacias, ferreterías pequeñas, papelerías, venta de revistas y periódicos, micro mercados, delicatessen, floristería, fotocopiadoras, alquiler videos, alfombras, telas y cortinas, artesanías, antigüedades, galerías de arte, artículos de decoración, deportivos y de oficina, venta de bicicletas y motocicletas, distribuidora de flores y artículos de jardinería, instrumentos musicales, discos, joyerías, relojerías, ópticas,</p>

		<p>jugueterías, venta de mascotas, electrodomésticos, mueblerías, muebles y accesorios de baño, ropa, almacén de zapatos, repuestos y accesorios para automóvil (sin taller), venta de llantas, talabarterías, venta de</p>
CM1	Especial	<p><b>CM1-2</b></p> <p><b>Servicios:</b> Venta de muebles, carpinterías, tapicerías y reparación de muebles, lavado de ropa, sastrerías, peluquerías, salones de belleza, reparaciones de electrodomésticos (pequeños), zapaterías, vulcanizadoras, venta de regalos, artículos de dibujo y fotografía, librerías, licoreras (venta en botella cerrada), cafe-net y similares, comidas rápidas, agencias de viajes, estacionamientos públicos servicio de papelería e impresión, laboratorios médicos y dentales, alquiler de artículos en general, talleres fotográficos, centros de cosmetología y masajes, gimnasios, baños turcos sauna, centros de reacondicionamiento físico y servicios vinculados con la salud y la belleza (SPA).</p> <p><b>CM1-3</b></p> <p><b>Oficinas Administrativas 2:</b> Edificios de oficinas públicas, privadas y corporativas, oficinas privadas individuales</p> <p><b>CM1-4</b></p> <p><b>Alojamiento:</b> Casa de huéspedes, residenciales, albergues, posadas, apart-hoteles de tiempo compartido, pensiones, mesones, hoteles.</p> <p><b>CM1-5</b></p>

		<p><b>Servicios Especializados:</b> Distribución al detal de GLP, mecánicas livianas (local cerrado), Agencia y patio de venta de vehículos livianos (con taller en local cerrado), venta y renta de maquinaria liviana en general.</p> <p><b>CM1-6</b></p> <p><b>Comercio de menor escala:</b> Picanterías, venta de comidas típicas y adicionales, bodegaje de artículos de reciclaje.</p> <p><b>CM1-7</b></p> <p><b>Centros de Juego:</b> Juegos electrónicos y de salón, billar con venta de bebidas de moderación, ping pong, play station, bingos.</p> <p><b>CM1-8</b></p> <p><b>Centros de Diversión:</b> Salas de bolos, cines, teatros, bares, video bar, karaoke, pool bar, discotecas, salas de baile, peñas, café concierto, restaurantes-bares, salones de banquetes y fiestas, casinos.</p> <p><b>CM1-9</b></p> <p><b>Centros de Abastecimiento:</b> Comercios agrupados en áreas mayores a 1000m<sup>2</sup>, mercados tradicionales y centros de comercio popular.</p>
CM2	Urbano	<b>CM2-1</b>

		<p><b>Alojamiento:</b> moteles y complejos hoteleros.</p> <p><b>CM2-2</b></p> <p><b>Venta Vehículos y Maquinaria Pesada:</b> Áreas de exposición y ventas de maquinaria pesada, talleres mecánicos pesados y enderezada.</p> <p><b>CM2-3</b></p> <p><b>Talleres, Servicios y Venta Especializada:</b> Insumos para la industria, centros ferreteros, material de construcción y comercio mayorista.</p> <p><b>CM2-4</b></p> <p><b>Centro de Abastecimiento:</b> Centro de acopio de GLP, bodegas comerciales, centrales de abastos, bodegas de productos (que no impliquen alto riesgo), distribuidora de insumos agropecuarios, centrales frigoríficas.</p> <p><b>CM2-5</b></p> <p>Casas de cita, prostíbulos, centros nocturnos, cabarets.</p>
--	--	--

Fuente: GADMA, 2009

- **Equipamiento:** El equipamiento se clasifica de la siguiente manera (véase tabla 10):

**Tabla 10.** Clasificación de equipamiento

	Salud (ES)
	Educación (EE)

EQUIPAMIENTO	Recreación (ER)
	Administración pública (ER)
	Seguridad (EG)
	Transporte (ET)
	Infraestructura (ET)
	Especial (EP)
	Cultural (EC)
	Bienestar social (EB)
	Culto (EQ)
	Funerarios (EF)

- **Salud:** “Prestación de servicios como: prevención, tratamiento, rehabilitación, servicios quirúrgicos y profilaxis” (véase en la Tabla 10.1).

**Tabla 10.1.:** Salud (ES)

SIMBOLOGÍA	TIPOLOGÍA	ESTABLECIMIENTOS
ESS	SECTORIAL	Consultorios médicos y dentales, dispensarios médicos.
ESZ	ZONAL	Clínicas con máximo de 15 camas, centros de salud, unidades de emergencia, hospital del día, consultorios

		hasta 20 unidades de consulta, clínica-hospital.
ESU	URBANO	Hospital general, consultorios mayores a 20 unidades de consulta, hospital de especialidades, centros de rehabilitación y reposo.

Fuente: GADMA, 2009

- **Educación:** “Formación intelectual, capacitación y la preparación de los individuos para la integración en la sociedad” (véase en la Tabla 10.2).

**Tabla 10.2.:** Educación (EE)

SIMBOLOGÍA	TIPOLOGÍA	ESTABLECIMIENTOS
EES	SECTORIAL	Pre-escolar, escuelas.
EEZ	ZONAL	Colegios secundarios, unidades educativas, institutos de educación especial, centro de capacitación laboral, institutos técnicos, centros artesanales y ocupacionales, escuelas taller, centros de investigación y experimentación, sedes universitarias.
EEU	URBANO	Campus universitarios, centros tecnológicos e institutos de educación superior.

Fuente: GADMA, 2009

- **Recreación:** “Conformado por espacios verdes encargados de ser reguladores del equilibrio ambiental, áreas destinadas a la práctica del ejercicio físico, deporte de alto rendimiento y exhibición de la competencia de actividades deportivas” (véase en la Tabla 10.3).

**Tabla 10.3.:** Recreación (ER)

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ESTABLECIMIENTOS</b>
ERS	SECTORIAL	Parques infantiles, parque barrial, plazas, canchas deportivas.
ERZ	ZONAL	Centros deportivos, públicos y privados, polideportivos, gimnasios y piscinas, parque zonal, polideportivos especializados y coliseos hasta 500 personas, galleras.
ERU	URBANO	Parques de la ciudad, centro de exposiciones, estadios, coliseos, jardín botánico, zoológico, plaza de toros, centro de espectáculos.

Fuente: GADMA, 2009

- **Administración Pública:** “Edificaciones e instalaciones destinadas a áreas administrativas en todos los niveles” (véase en la Tabla 10.4).

**Tabla 10.4.:** Administración Pública (EA)

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ESTABLECIMIENTOS</b>
EAZ	ZONAL	Agencias municipales, oficinas de agua potable, energía eléctrica, correos y teléfonos, administraciones zonales.
ERU	URBANO	Organismos internacionales, alcaldía, sedes principales de entidades públicas y centros administrativos provinciales y educativos.

Fuente: GADMA, 2009

- **Seguridad:** “Áreas, edificaciones e instalaciones destinadas a la seguridad y protección civil” (véase en la Tabla 10.5).

**Tabla 10.5.:** Seguridad (EG)

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ESTABLECIMIENTOS</b>
EGS	SECTORIAL	Unidad de policía comunitaria.
EGZ	ZONAL	Cuartel de policía, estación de bomberos.
EGU	URBANO	Instalaciones militares, cuarteles y centros de rehabilitación social.

Fuente: GADMA, 2009

- **Transporte:** “Servicio público sobre el cual se desarrollan los movimientos de las personas y los vehículos de transporte” (véase en la Tabla 10.6).

**Tabla 10.6.:** Transporte (ET)

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ESTABLECIMIENTOS</b>
ETS	SECTORIAL	Estación de taxis, parada de buses.
ETZ	ZONAL	Estacionamiento de camionetas, buses urbanos, parqueaderos públicos, centros de revisión vehicular, parada férrea, terminal transferencia de transporte público.
ETU	URBANO	Estación de transporte de carga y maquinaria pesada, terminales de buses interprovinciales y de carga, estaciones de ferrocarril de carga y pasajeros, helipuerto.

Fuente: GADMA, 2009

- **Infraestructura:** “Instalaciones que permiten garantizar el buen funcionamiento de los servicios de infraestructura” (véase en la Tabla 10.7).

**Tabla 10.7.:** Infraestructura (EI)

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ESTABLECIMIENTOS</b>
EIS	SECTORIAL	Servicios higiénicos y lavanderías de ropa.

EIZ	ZONAL	Estaciones de bombeo y tanques de almacenamiento de agua, subestaciones eléctricas.
EIU	URBANO	Plantas potabilizadoras de agua, plantas de tratamiento, estaciones e energía eléctrica, plantas termoeléctricas.

Fuente: GADMA, 2009

- **Especial:** “Instalaciones susceptibles de producir siniestros o riesgos en el territorio, sin ser de tipo industrial, también infraestructura que requiere áreas restrictivas a su alrededor” (véase en la Tabla 10.8).

**Tabla 10.8.:** Especial (EP)

SIMBOLOGÍA	TIPOLOGÍA	ESTABLECIMIENTOS
EPU	URBANO	Depósitos de desechos industriales, tratamiento de desechos sólidos y líquidos (plantas procesadoras, incineración, lagunas de oxidación, rellenos sanitarios, botaderos, oleoductos y similares.

Fuente: GADMA, 2009

- **Cultural:** “Espacios y edificaciones destinados a las actividades culturales, custodia, transmisión y conservación del conocimiento, fomento y difusión de las manifestaciones culturales” (véase en la Tabla 10.9).

**Tabla 10.9:** Cultural (EC)

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ESTABLECIMIENTOS</b>
ECS	SECTORIAL	Casas comunales.
ECZ	ZONAL	Bibliotecas, museos de arte, galerías públicas de arte, teatros y cines, centros de promoción popular, auditorios, centros culturales, centros de documentación.
ECU	URBANO	Casas de la cultura, museos, cinematecas y hemerotecas.

Fuente: GADMA, 2009

- **Bienestar Social:** “Edificaciones y dotaciones de asistencia no específicamente sanitaria, destinadas al desarrollo y la promoción del bienestar social, con actividades de información, orientación y prestación de servicios a grupos humanos específicos” (véase en la Tabla 10.10).

**Tabla 10.10.:** Bienestar Social (EB)

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ESTABLECIMIENTOS</b>
EBS	SECTORIAL	Guarderías infantiles, asistencia social.
EBZ	ZONAL	Centros de formación juvenil y familiar, aldeas educativas, albergues, centro de protección de menores.
EBU	URBANO	Orfanatos, asilo de ancianos.

Fuente: GADMA, 2009

- **Culto:** “Edificaciones para la celebración de los diferentes cultos” (véase en la Tabla 10.11).

**Tabla 10.11.: Culto (EQ)**

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ESTABLECIMIENTOS</b>
EQS	SECTORIAL	Capillas.
EQZ	ZONAL	Templos e iglesias.
EQU	URBANO	Catedral, conventos y monasterios.

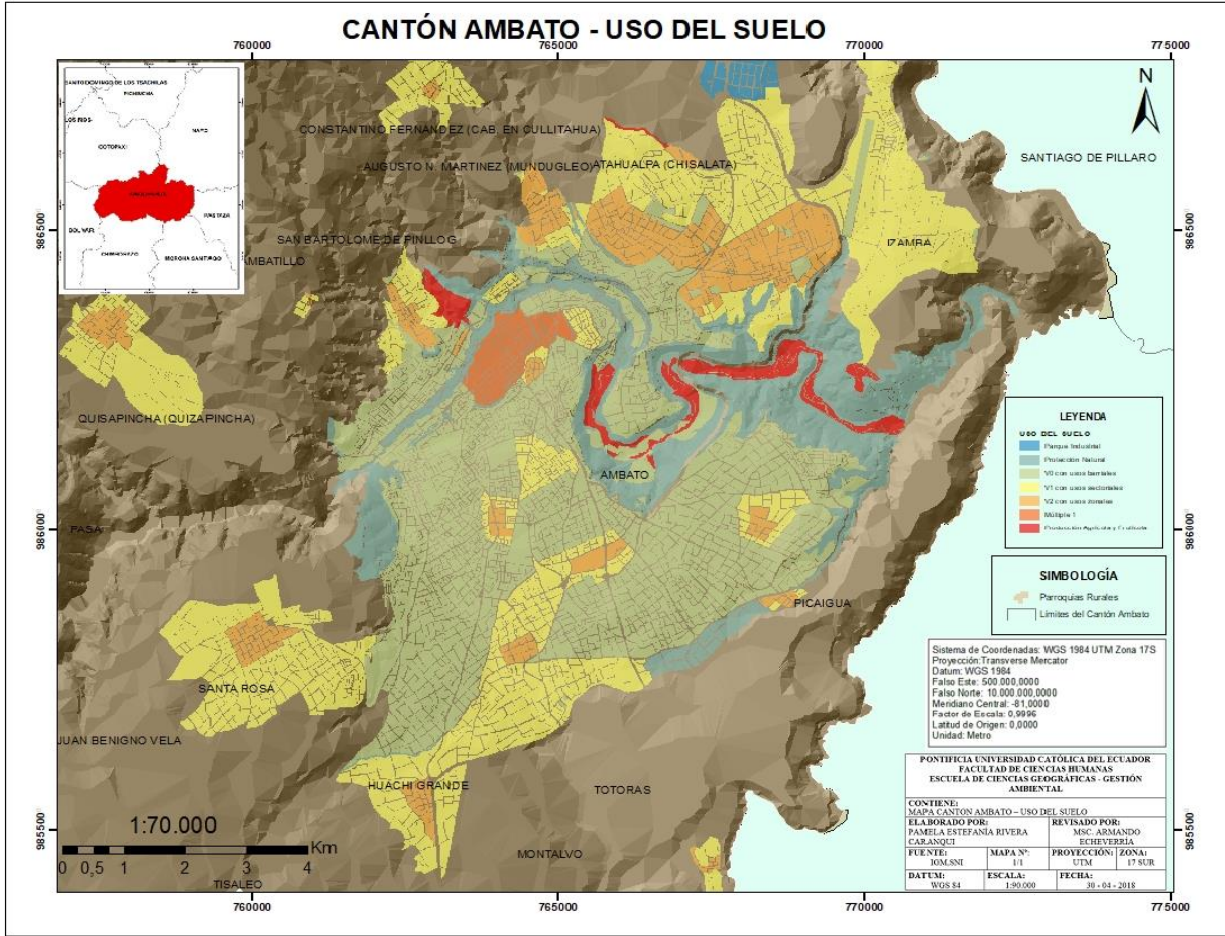
Fuente: GADMA, 2009

- **Funerarios:** “Áreas, edificaciones e instalaciones dedicadas a la cremación, inhumación o enterramiento de restos humanos” (véase en la Tabla 10.12).

**Tabla 10.12.: Funerarios (EF)**

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>ESTABLECIMIENTOS</b>
EFZ	ZONAL	Funerarias, cementerios parroquiales, servicios de cremación y/o velación, osarios.
EFU	URBANO	Cementerios, parques, cementerios, crematorios.

Fuente: GADMA, 2009



**Gráfico 2.** Mapa de Uso del Suelo

**2.2. VIALIDAD Y TRANSPORTE**

El sistema vial de la ciudad de Ambato realiza un análisis a nivel estatal, provincial, cantonal y urbano, y es en este en el que se enfoca el estudio; cabe recalcar la importancia de la clasificación vial urbana ya que es un punto de partida para determinar principales puntos de emisión en el área de estudio, por lo que en el numeral 2.2 se explica la conformación del sistema vial, clasificación rutas de transporte público, etc. (véase tabla 11).

**Tabla 11.** Resumen información vial y transporte

<b>SISTEMA VIAL</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>FUENTE</b>
Jerarquización del Sistema Vial	-Cantonal -Urbano	-Reforma y Codificación de la Ordenanza General del Plan de Ordenamiento Territorial de Ambato.
Sistema Vial Cantonal	-Estatal -Provincial -Cantonal	
Sistema Vial Urbano	-Vías Arteriales Principales -Vías Arteriales Secundarias -Vías Colectoras -Vías Locales -Vías Peatonales	
<b>TRANSPORTE</b>		
Tipos de Transporte Público y Comercio	-Urbano -Intracantonal -Taxis -Escolar -Carga Liviana -Carga Mixta	-Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015.
Patrones de Rutas de Buses	-Interparroquial -Urbana	

	-Urbana – interparroquial	
Tipos de Patrones	-Patrón 1 (urbano) -Patrón 2 (intracantonal)	
Ruta de buses por calle principal		

### 2.2.1. VIALIDAD

En la Reforma y Codificación de la Ordenanza General del Plan de Ordenamiento Territorial de Ambato, en su capítulo X se menciona las características técnicas del sistema vial de acuerdo con a las Normativa de Arquitectura y Urbanismo; el Departamento de Planificación se encarga del diseño de la estructura vial como: arteriales, colectoras, locales, peatonales, escalinatas en la ciudad de Ambato.

**2.2.1.1. Jerarquización del sistema vial:** en el art. 75 se clasifica el sistema vial en Cantonal y Urbano dentro del límite cantonal como se menciona en el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Ambato.

**2.2.1.2 . Sistema vial cantonal:** Está conformado por la red estatal, red provincial y red cantonal cuya función es la movilidad de los tráficos nacionales, regionales y provinciales, sujetas a disposiciones establecidas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) de acuerdo al art. 76.

a) **Red Estatal:** Establece conexiones entre los grandes generadores de tráfico como son ciudades importantes, zonas productivas en industrias, consta de una subdivisión: corredores arteriales y vías colectoras (art. 77).

- **Corredores arteriales:** se caracterizan por:
  - Asumir el tráfico nacional y regional.
  - Proveer de gran movilidad al tráfico de larga distancia.
  - Garantizar continuidad en las grandes regiones.

- Permitir conexiones con las vías similares en regiones vecinas.
- Conectar ciudades con poblaciones superiores a 50.000 habitantes y las capitales provinciales.

Forman parte de esta categoría las siguientes vías:

- **Panamericana Norte:** desde el paso lateral hasta el límite provincial (Corredor Unamuncho – Cunchibamba), es una vía de 8 carriles de row de 44m.; cuenta con 4 vías internas – rápidas y 4 vías laterales de baja velocidad.
- **Paso Lateral de Ambato:** Para completar el anillo vial formado el paso lateral, las avenidas: Manuela Sáenz, Rodrigo Pachano e Indoamérica y se incluirá un trazado vial que una el paso elevado de Huachi Grande con la vía a Santa Rosa en el sector de la Magdalena, con un row de 24m y parterre central de 3m.
- **Vía a Baños:** Desde el paso lateral hasta el límite cantonal. Continuación de la Av. Bolivariana hasta el límite provincial, con un row de 26m y 6 carriles.
- **Panamericana Sur:** desde el paso lateral hasta el límite cantonal, con un row de 24 m., 4 carriles y parterre central.
- **Vías colectoras:** se caracteriza por:
  - Asumir el tráfico interprovincial.
  - Proveer de gran movilidad al tráfico de mediana distancia.
  - Establecer un sistema continuo combinado con las vías arteriales.
  - Conectar poblaciones superiores a 20.000 habitantes.

Forman parte de esta categoría las siguientes vías:

- **Vía a Guaranda:** comprende desde Huachi La Magdalena hasta la entrada a Santa Rosa se incrementa a 20 metros, desde esta entrada hasta salir de Santa Rosa; se plantea un Bypass de 20 metros hasta el límite cantonal.

b) **Red Provincial:** Sus características funcionales son:

- Asumir el tráfico intercantonal.
- Proporcionar movilidad y acceso.
- Sistema vial continuo combinado con el Sistema Arterial.

- Alimentador del Sistema Arterial.
- Conectar ciudades con poblaciones superiores a los 5.000 habitantes.

Dentro de esta categoría se encuentra una sola vía dentro del Cantón Ambato y conduce al Cantón Píllaro.

- **Av. Julio Castillo:** Desde la Av. Indoamérica hasta el paso lateral, con una distancia de 20m., desde le paso lateral hasta el límite cantonal.

c) **Red Cantonal:** Sus características funcionales son:

- Asumir el tráfico interparroquial.
- Proveer el acceso y movilidad.
- Alimentador de los sistemas de más alta función.
- Conectar poblaciones superiores a los 2.000 habitantes y a las sedes parroquiales.
- Servir a pequeños generadores de tráfico.

**2.2.1.3. Sistema vial urbano:** Está conformado por: vías arteriales principales, arteriales secundarias, colectoras y locales, de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial Ambato 2020.

a) **Vías Arteriales Principales:** se caracterizan por:

- Conformar el sistema de enlace entre los corredores arteriales y las vías arteriales secundarias.
- Proporcionar conexiones con algunas vías del sistema interparroquial.
- Proveer una buena velocidad de operación y movilidad.
- Admitir la circulación de importantes flujos vehiculares.
- Circular algunas líneas de buses urbanos de grandes recorridos.

Para garantizar una buena conectividad el sistema vial a nivel urbano, parte de un anillo perimetral como límite exterior: Av. Manuela Sáenz, Rodrigo Pachano, Av. Indoamérica, Paso Lateral falta la apertura de la Av. Manuela Sáenz hasta la José Peralta para cerrar el anillo.

**b) Vías Arteriales Secundarias:** se caracterizan por:

- Servir de enlace entre el anillo vial urbano y las vías colectoras.
- Distribuir el tráfico entre las diferentes áreas de la ciudad.
- Permitir buena velocidad de operación y movilidad.
- Admitir importantes flujos de tráfico, inferiores al del anillo vial urbano.
- Los cruces en intersecciones se resolverán con facilitadores de tránsito, dotándose con buena señalización.
- Excepcionalmente se puede permitir el estacionamiento controlado de vehículos.
- Admitir la circulación en un solo sentido.
- Circulación principalmente de líneas de buses urbanos, se puede incluir carriles exclusivos para ello.

Se vinculan las diferentes plataformas de la ciudad y enlazan al anillo periférico urbano; se propone completar el sistema arterial con el mantenimiento, apertura y ampliación de las avenidas: Miraflores, Atahualpa, Víctor Hugo, Bolivariana, Real Audiencia de Quito, Platón, Julio Jaramillo, José Peralta, Albert Einstein, Alfredo Nobel, Luis A. Valencia, Pedro Vásquez, Julio Castillo, Cóndor Mirador, Teniente Hugo Ortiz, El Sauce, Los Guaytambos, Galo Vela, Carlos Rubira Infante, Pitágoras y todas las vías arteriales secundarias serán arborizadas.

**c) Vías Colectoras:** Sus características son:

- Recoger el tráfico de las vías arteriales secundarias y canalizar hacia el sistema local.
- Distribuir el tráfico dentro de las piezas urbanas.
- Favorecer desplazamientos entre barrios cercanos.
- Proveer acceso a propiedades frentistas.
- Razonable velocidad de operación y movilidad.
- Admitir el estacionamiento lateral de vehículos.
- Volúmenes de tráfico son relativamente bajos en comparación con vías de jerarquía superior.
- Circulación de vehículos en un solo sentido.
- Circulación de líneas de buses urbanos.

A través de la distribución del tráfico dentro de las áreas urbanas, permite el acceso directo a zonas residenciales, institucionales, gestión, recreativas y comercio a menor escala. Las calles que forman parte de esta categoría son: Espejo, Maldonado, Av. 12 de Noviembre, Av. Las Américas, González Suárez, Unidad Nacional, Av. Los Chasquis, Sixto María Durán, Antonio Clavijo, Rumiñahui, Leonidas Plaza, Atis, Carlos Amable Ortiz, Platón, Benjamín Franklin, Luis A. Granja, Marco Tulio Cicerón, Av. Edmundo Chiriboga, Arenillas, 22 de Enero, Algarrobo, Av. El Cóndor, José de San Martín, José Martí, Francouse Toussaint, Augusto Salazar, Aguacollas, Los Higos, Chaguarqueros, 13 de Diciembre, Cueva de los Tayos, Becquerel, Galileo Galilei, Albert Einstein, Frederich Loffler, Buenos Aires.

**d) Vías Locales:** Se caracteriza por:

- Conectarse solamente con vías colectoras.
- Acceso directo a lotes frentistas.
- Proporcionar baja movilidad de tráfico y velocidad de operación.
- Bajos flujos vehiculares.
- Vías sin continuidad.
- No permitir la circulación de vehículos pesados, excepcionalmente a vehículos de mantenimiento, emergencia y salubridad.
- Se permite el estacionamiento de vehículos.
- Circulación en un solo sentido.
- Circulación peatonal tiene preferencia sobre la circulación vehicular.
- Restricción de velocidad.
- No se permite la circulación de líneas de buses.

Permite el acceso a propiedades residenciales, circulación peatonal, no se permite el tráfico de vehículos pesados; los tramos de restricción no deben ser mayores a 500m., para conectarse con una vía colectora.

**e) Vías Peatonales**

Los ingresos peatonales tendrán mínimo 3 metros de ancho deben ser para el acceso desde la vía pública, a un máximo de 3 lotes interiores y una profundidad máxima de 40m (véase en la figura 3).

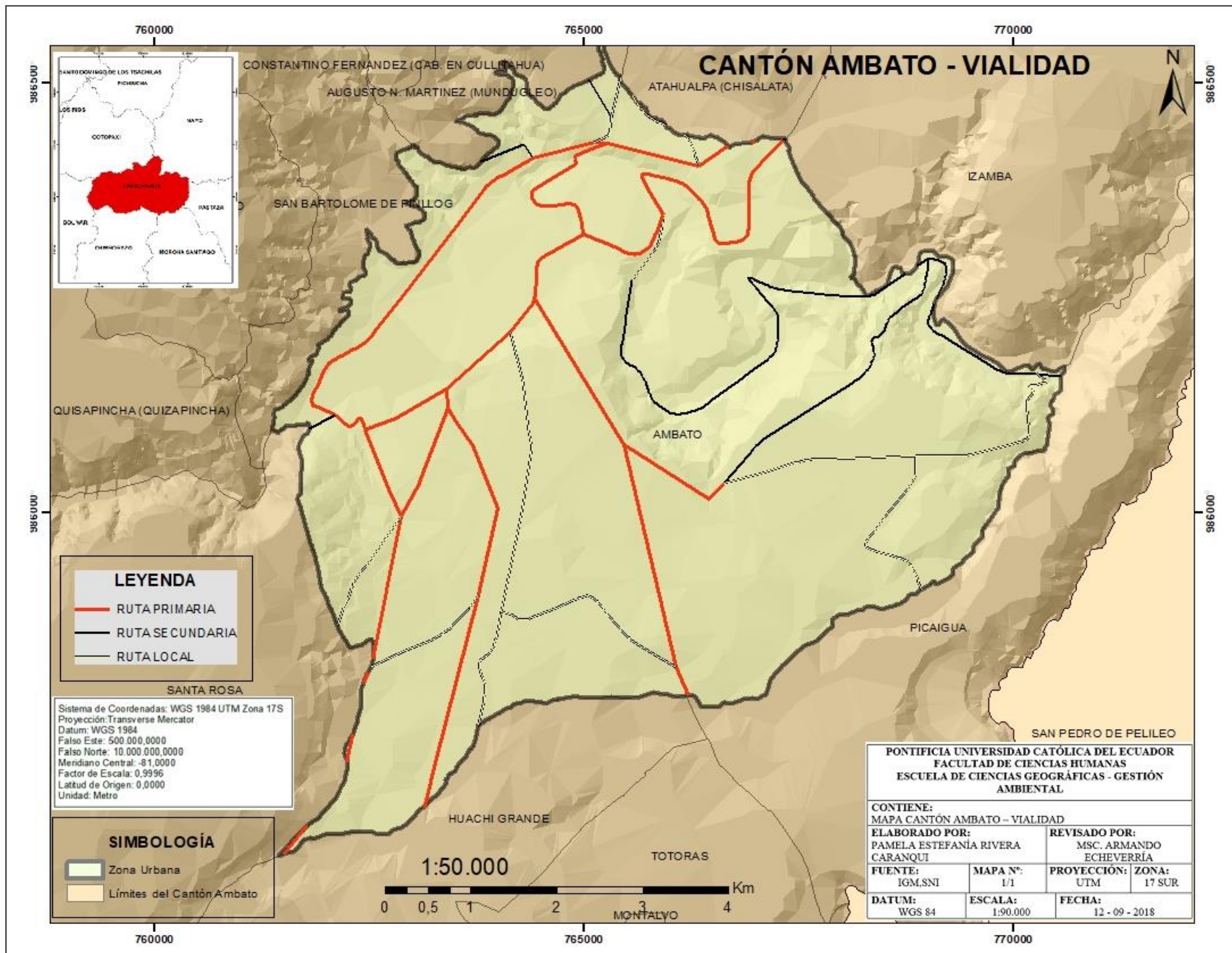


Gráfico 3. Mapa de Vialidad

## TRANSPORTE

El sistema de transporte del cantón Ambato está dividido en cooperativas de transporte urbano e interparroquial, taxis y transporte escolar para facilitar el desplazamiento de sus habitantes y se lo describe en la Tabla 12 (GAD, 2015).

**Tabla 12.** Tipos de transporte público y comercial del cantón Ambato

SERVICIO	N° DE COOPERATIVAS	N° DE CUPOS
Urbano	5	431
Intracantonal	4	68
Taxis	50	2399
Escolar	11	270
Carga Liviana	29	730
Carga Mixta	1	4

Fuente: (GAD, 2015)

Según INEN (2010), los buses urbanos están bajo la Norma Técnica de Vehículos Automotores y Buses Urbanos para proporcionar un adecuado nivel de seguridad y comodidad al usuario; por otro lado, los buses interprovinciales tienen un tiempo de funcionamiento de 20 años y las cooperativas urbanas, de taxi y transporte escolar tienen el tiempo de funcionamiento no más de 15 años. El GAD de Ambato tiene la responsabilidad de regular el número de unidades disponibles para el desplazamiento de la población y de esta manera minimizar el impacto del tráfico y niveles de contaminación dentro de la urbe (GAD Ambato, 2015).

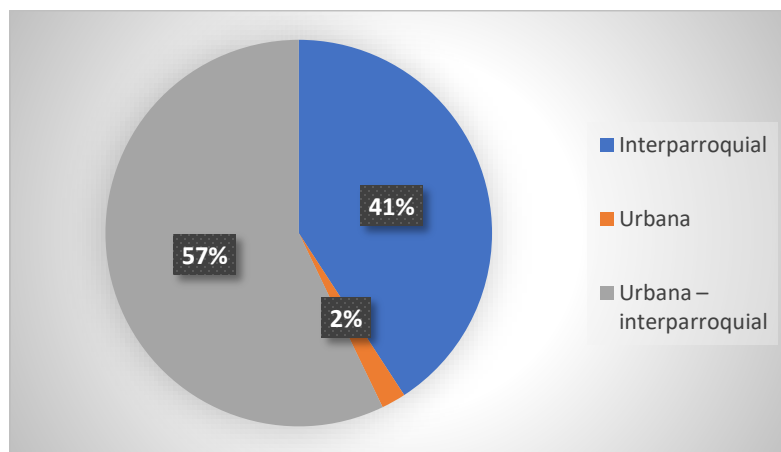
### 2.2.1.4. Patrones de Rutas de Bus

Según El GAD Ambato (2015) se registran 49 rutas de transporte público y se clasifica en urbano e interparroquial (véase en la tabla 13).

**Tabla 13.** Rutas de transporte público del cantón Ambato

RUTAS	N° RUTAS	PORCENTAJE %	TERMINAL	PARADAS
Interparroquial	20	40,81	Fuera del centro	c/500 m. aprox.
Urbana	1	2,04	Extremos de ruta	c/250 m. aprox.
Urbana – interparroquial	28	57,14	Extremos de ruta	c/250 m. aprox.
<b>Total</b>	49	100,00		

Fuente: (GAD Ambato, 2015)



**Gráfico 4.** Patrones de Ruta de Buses del Cantón Ambato

Fuente: (GAD, 2015)

**Descripción:** De las 49 rutas de transporte público solamente 1 es netamente urbana y corresponde al 2,04%; las interparroquiales cubren el 57,14% cruzan el centro de la ciudad, es decir, unen una o más parroquias rurales que circundan Ambato; las 20 rutas restantes poseen paradas en los alrededores del centro con un 40,81% (véase gráfico 14).

### 2.2.1.5. Tipos de Patrones

**Tabla 14.** Tipos de patrones

<b>TIPO DE PATRÓN</b>	<b>N° LÍNEAS</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
Patrón 1 (urbano)	29	59,16
Patrón 2 (intracantonal)	20	40,18
<b>Total</b>	49	100,00

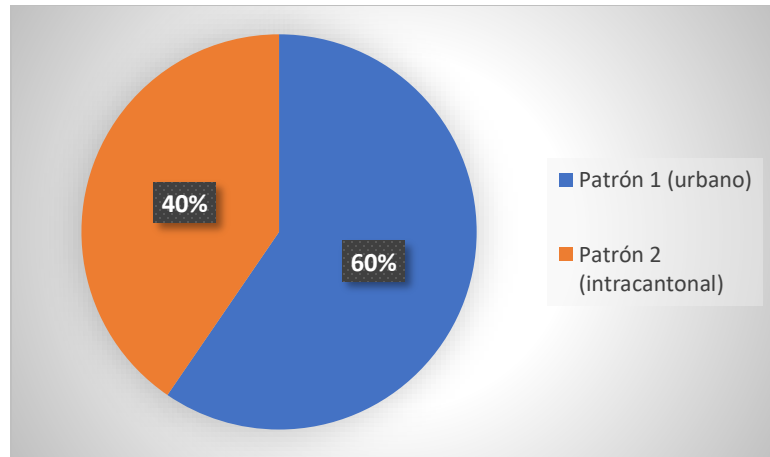
Fuente: (GAD Ambato, 2015)

#### **A. Patrón 1:** Ruta Diametral vía al Casco Central- Urbano

Operan 29 líneas de buses corresponde al 59,16%, posee dos terminales ubicadas en los extremos y cruzan el centro de la ciudad de este a oeste y de norte a sur; el recorrido varía de 6 a 20km y la frecuencia de salida es de 5 hasta 30 minutos (véase en la Tabla 13).

#### **B. Patrón 2:** Ruta de viaje en U vía al Casco Central-Urbano

Circulan 20 líneas que equivale al 40,18%, con dos terminales ubicadas en ambas puntas e incluyen punto de retorno dentro del centro y la frecuencia va desde los 15 minutos con la modalidad “lleno y sale” (véase en la Tabla 14).



**Gráfico 5.** Tipos de Patrones

Fuente: (GAD Ambato, 2015)

#### 2.2.1.6. Rutas de buses por calle principal

Ambato cuenta con 18 líneas de transporte público que corresponde al 51,43% del total, las rutas van de norte a sur pasando por el centro de la ciudad, por las calles Av. Rodrigo Pachano, Rómulo López Garzón, Unidad Nacional, 12 de noviembre, Juan B. Vela, Mera, 13 de abril, Atahualpa hasta el redondel de Huachi Chico; de este a oeste desde el redondel del mercado mayorista por la Bolivariana, Av. El Rey, Carihuayrazo, Cayambe, Los Andes, Espejo, Lizardo Ruiz, La Delicia, Rodrigo Pachano y a los diferentes sectores como Pinllo, Ficoa y Atocha (véase tabla 15).

**Tabla 15.** Rutas de buses por calle principal

Área de Ambato	Nombre de vía principal	No. rutas	% de rutas	Sentido de ruta
	12 de Noviembre	18	60	Doble sentido
	Calle Bolívar	1	3,33	Un sentido
	Calle Espejo	4	13,33	Un sentido

ÁREA URBANA	Lizardo Ruiz	7	23,34	Doble sentido
	<b>TOTAL</b>	30	100	
	13 de Abril	18	56,25	Doble sentido
	Av. Bolivariana	4	12,50	Doble sentido
	Unidad Nacional	5	15,62	Doble sentido
	Puente La Delicia	5	15,62	Doble sentido
	<b>TOTAL</b>	32	100	

Fuente: (GAD Ambato, 2015)

De las 49 rutas que existen, 32 cruzan el centro de la ciudad y otras 3 van desde puntos que están dentro de la Ambato, pero sin cruzar las principales vías de congestiónamiento.

### 2.2.1.7. Rutas por cooperativa urbana y urbano-interparroquial

**Tabla 16.** Rutas por urbana y urbano-interparroquial

Cooperativa	Ruta que sirve
Tungurahua-Unión Ambateña 16 rutas	Ambato - La Libertad - San Luis - Sta. Marianita
	Cunchibamba – Tiugua
	San Juan – Centro
	Ambato – Unamuncho – Primavera
	Chaupi – San Luis

	Ambato – Pucarrumi
	Huachi Chico – Martínez – M. Mayorista
	Huachi El Progreso – Izamba – Quillanloma
	Picaihua – Ciudadela España
	El Recreo – La Magdalena – Montalvo
	Ingahurco – Miñarica Dos
	Ingahurco – Miraflores
	Totoras – Terremoto – Ficoa
	Atocha – Letamendi
	Pinllo – Nueva Ambato
	Ambato – Constantino Fernández
Libertadores 6 rutas	Mercado Mayorista – Andiglata
	Tangaiche – Macasto – Pondoá
	Techo Propio – Centro
	Seminario Mayor – Ingahurco Bajo
	San Francisco – Cashapamba
	Orquídeas – La Península
Unión Ambateña 9 rutas	Ingahurco – Miñarica Dos
	Ingahurco – Miraflores
	Ficoa – Terremoto – Totoras

	Atocha – Letamendi
	Pinllo – Nueva Ambato
	Recreo – Magdalena – Montalvo
	Picaihua – Ciudadela España
	Parque Industrial – Pisque – La Joya
	San Juan – Centro
Jerpazsol 2 rutas	Huachi Grande – Puerto Arturo
	Izamba – Los Ángeles
Vía Flores 4 rutas	Juan B. Vela – La Concepción – Ex Redondel de Izamba
	Shuyurco – Ciudadela Milita
	Ambato – Chibuleo – San Francisco – San Pedro
	Ambato – San Pablo – Cuatro Esquinas – Angaguana Alto El Tope
<b>Total:</b> 29 rutas	Total

Fuente: (GAD Ambato, 2015)

La representación cartográfica de las rutas que tienen cada una de las unidades se adjuntan en el Anexo A. Sin embargo, se presenta la ruta de la cooperativa Tungurahua para citar un ejemplo (véase el gráfico 6 y la tabla 16).



### 2.3. POBLACIÓN

La Zona 3 de Planificación está conformada por las provincias de: Cotopaxi, Chimborazo, Pastaza y Tungurahua, en esta provincia se encuentra el Cantón Ambato y representa el 30,1% del territorio, conformado por 19 parroquias tanto urbanas como rurales. Se conoce como "La Matriz" a la zona urbana y agrupa a las parroquias de (véase tabla 17):

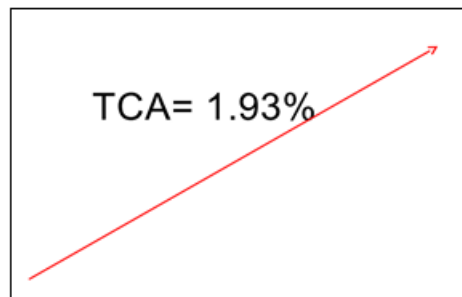
**Tabla 17.** Parroquias urbanas

<b>Parroquias</b>	
Urbanas	-San Francisco -La Merced -Celiano Monge -Huachi Loreto -Huachi Chico -La Matriz -Atocha – Ficoa -Pishilata -La Península.

Fuente: (GAD Ambato, 2015)

Según INEC (2010), cuenta con 329,9 mil habitantes; con un total de 159,830 hombres representan el 48,45% y 170,026 mujeres representan el 51,55%. La población urbana representa el 50,08% con 165,185 habitantes.

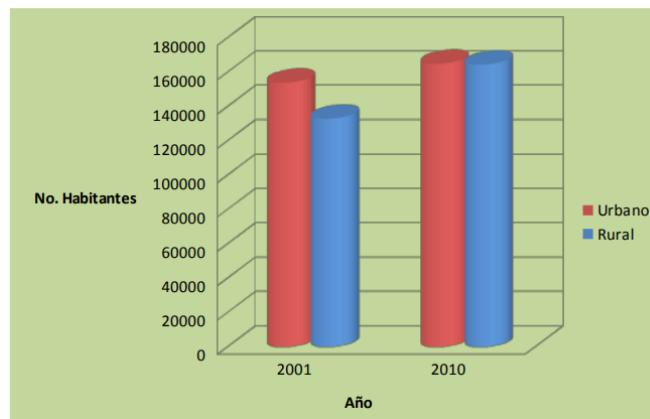
Desde el año 2001 hasta el año 2010 se registró una tasa de crecimiento poblacional de 1,93% de acuerdo al GADM (2014) (véase gráfico 7)



**Gráfico 7.** Tasa de crecimiento poblacional

Fuente: (GADMA, 2014)

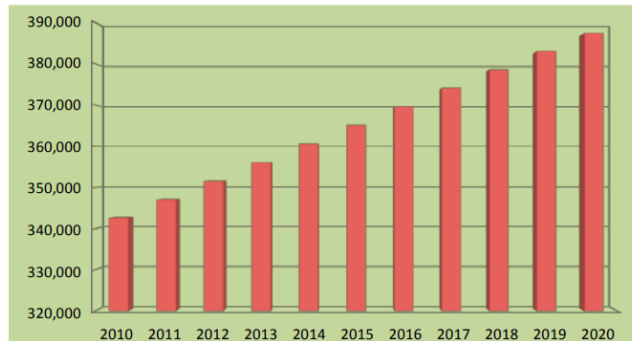
Según (GAD, 2015) el crecimiento poblacional tanto en la zona urbana como rural entre los años 2001 y 2010 se muestran en el siguiente gráfico 8.



**Gráfico 8.** Crecimiento poblacional zona urbana y rural

Fuente: (GADMA, 2014)

A continuación, se presenta un crecimiento tendencial de la población desde el año 2010 hasta el año 2014 como se presenta en el Gráfico 9.



**Gráfico 9.** Crecimiento tendencial de la población  
Fuente: (GADMA, 2014)

#### 2.4. DATOS DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO

Con base a los datos de la única estación de monitoreo de la zona urbana del cantón Ambato y de su respectiva ubicación, en el numeral 2.4 se analiza cada uno de los contaminantes, su comportamiento en los años 2016 y 2017 y sobretodo este estudio permitirá proporcionar información para el diseño de la red propuesta (véase tabla 18).

**Tabla 18.** Estación de monitoreo de calidad de aire

ESTACIÓN	AÑO	CONTAMINANTES	MESES	UBICACIÓN
Estación de Monitoreo de la	2016	-Monóxido de Carbono -Dióxido de Nitrógeno -Ozono -PM2,5	Febrero- diciembre	Zona Sur, Edificio del Gobierno Autónomo

Calidad del Aire de la Ciudad de Ambato	2017	Monóxido de Carbono -Dióxido de Nitrógeno -PM2,5 -Ozono	Enero- diciembre  Enero- diciembre	Municipalidad de Ambato.
---	------	--	--	--------------------------

Fuente: (GAD Ambato, 2016)

#### **2.4.1. Contaminación del Aire Ambato**

Según la Organización Panamericana de la Salud (2014), Ambato es una de las tres ciudades en Latinoamérica con aire más limpio y cumple con la normativa, es decir, una ciudad que tenga menos de millón de habitantes, debe contar por lo menos con una estación de monitoreo; a pesar de que la urbe cuenta con 375 mil habitantes para 2017 (INEC, 2010) continúa dentro de la norma; pero de acuerdo con GADMA (2016) se ha visto un crecimiento demográfico, industrial, automotor, minero y productivo en los últimos años, lo que genera la necesidad de implementar una red de monitoreo que permita evaluar la calidad de aire en toda la zona urbana del cantón.

Por lo que este estudio está dirigido al diseño de una red de monitoreo que permita medir y tener un control de los límites permisibles de contaminación en la zona urbana del Cantón Ambato a través de la identificación de puntos críticos de afectación y puntos de emisión en los cuáles se debe reconocer el comportamiento de los contaminantes criterio que por sus altas concentraciones afecta a las personas, animales y vegetación (Secretaría del Ambiente, 2011).

#### **2.4.2. Plan de Calidad de Aire Ambato**

El Plan de Calidad de Aire Ambato es un proyecto innovador impulsado por el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Municipalidad de Ambato, cuyo objetivo es lograr una adecuada gestión ambiental y proteger la salud y calidad de vida de los habitantes, el entorno natural y el

patrimonio cultural; cuenta con un sistema de análisis ambiental basado en una Estación de Monitoreo Automática de Aire que se encuentra en fase experimental desde el año 2015, para 2016 el periodo de febrero - diciembre y para 2017 entre los meses de enero - diciembre se obtienen datos de la concentración de contaminantes como: monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) y material particulado PM<sub>2,5</sub>; permite monitorear segundo a segundo las 24 horas del día los 7 días a la semana y los 365 días del año con una inversión de 166 mil dólares.

De acuerdo con el Plan de Calidad de Aire los contaminantes criterios pueden ser primarios o secundarios dependiendo de la interacción de diversos efectos que se originan en la atmósfera y que produce el ser humano; por tal motivo a continuación, se describe cada uno de los contaminantes que monitorea la estación:

## **PRIMARIOS**

- **Monóxido de carbono (CO):** EL contaminante más abundante en la capa inferior de la atmósfera, se produce por el aumento del parque automotor especialmente aquellos que funcionan a gasolina. Las concentraciones de este contaminante se elevan en los meses en que la temperatura es relativamente baja (Secretaría del Ambiente, 2016).
- **Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>):** Surge al reaccionar el monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno, provenientes del incremento del tráfico vehicular. Así también, los NO<sub>x</sub> se generan por el uso de fertilizantes, calderas y explosivos, mientras que el NO se oxida en el ambiente y produce NO<sub>2</sub> que es el causante del smog fotoquímico.
- **Partículas (PM):** Las partículas corresponden al material absorbido por el olfato en forma de polvo, hollín, ceniza entre otros; estas se dividen de acuerdo al tamaño: PM<sub>10</sub> o partículas con diámetro igual o menor a 10 µm, y PM<sub>2.5</sub> absorbidas con mayor frecuencia por el ser humano al ser partículas con un diámetro de 2.5 µm (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT, 2013).

## SECUNDARIOS

- **Ozono (O<sub>3</sub>):** El ozono es parte fundamental de la atmósfera, no obstante a baja altura se produce el llamado ozono troposférico que se caracteriza por ser oxidante, tóxico y agresivo (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT, 2013). Se forma por reacciones químicas en el aire entre los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, que se producen por la influencia de la luz solar (Secretaría del Ambiente, 2014).

Por otra parte, la estación está ubicada al sur de la ciudad de Ambato, en la terraza del Edificio Matriz GADMA y cuenta con equipos de última tecnología como: un receptor de muestras, tres analizadores de sustancias contaminantes y sensores; los mismos que están avalados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA); de esta manera se genera información exacta sobre los componentes analizados para posteriormente definir políticas públicas ambientales para el bienestar de la población y el cuidado del medio ambiente.

El “Plan de Calidad de Aire Ambato” no solo cuenta con la Estación de Monitoreo también realiza acciones que se complementan con el control mensual de emisiones de gases a buses de transporte público.

### 2.4.3. Análisis Estadístico

A partir de los datos obtenidos de la “Estación de Monitoreo”, se procesará en el programa Excel de los años 2016 y 2017, utilizando los contaminantes criterio que son: monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) y material particulado PM<sub>2.5</sub> por medio de la siguiente metodología:

#### 2.4.3.1. Datos de referencia 2016 -2017

Para empezar con el análisis estadístico de los datos se procede a cambiar el formato de los datos, es decir cambiar el punto (.) por coma (,) como se observa en el Gráfico 10 y 11.

		Current Date: 3/14/2017 3:26 PM		Monthly Report																	Avg Interval: 1 hour		Units: UG/M3		007		Method:		
		Site Name: GADMA		April 2016																									
		Parameter: CO		Hours																									
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Max	Avg
14	1-abr	C	181,564	147,263	177,937	230,299	240,429	338,369	972,131	853,530	409,304	389,926	381,666	389,163	330,153	419,604	533,167	412,130	408,726	500,784	644,425	395,265	480,909	542,503	306,413	C	972,131	421,1	
15	2-abr	C	270,656	312,756	292,604	446,870	460,302	628,789	638,788	935,188	462,318	264,033	255,908	285,645	308,395	297,986	411,332	394,899	437,234	448,556	378,446	323,351	357,700	307,081	17,324	C	935,188	397,2	
16	3-abr	C	279,285	213,995	154,914	219,834	240,087	296,224	554,057	505,632	670,207	887,683	506,765	525,151	440,679	425,495	609,913	468,792	468,947	939,787	990,851	1003,492	355,026	1315,565	745,077	C	1315,565	557,2	
17	4-abr	C	549,803	255,591	211,852	451,787	490,595	709,462	266,303	178,141	1675,400	728,385	582,709	391,977	392,089	353,341	P	P	272,810	248,008	349,226	395,369	293,751	192,508	-145,583	C	2556,303	619,5	
18	5-abr	C	98,525	67,418	40,764	33,388	67,590	228,813	582,180	919,599	1001,182	553,014	436,826	332,900	248,052	240,431	264,070	378,788	297,357	451,084	441,111	428,459	268,342	278,887	26,870	C	1001,182	334,1	
19	6-abr	C	215,705	159,828	133,137	292,134	400,617	549,318	624,871	552,170	334,184	269,059	296,409	216,146	145,135	176,386	235,640	231,164	208,249	251,965	262,810	201,793	164,874	156,342	-191,022	C	624,871	255,9	
20	7-abr	C	52,027	76,651	38,108	60,039	109,876	248,744	377,119	302,119	240,619	196,141	201,039	228,367	169,060	213,889	227,705	272,076	241,089	247,561	406,524	533,980	250,187	306,595	-165,300	C	533,980	209,3	
21	8-abr	C	18,993	-594	18,308	216,099	213,622	320,571	930,013	841,611	401,796	193,365	211,129	185,080	141,098	171,638	201,276	218,828	216,689	292,206	301,067	311,367	193,258	344,796	19,408	C	930,013	259,1	
22	9-abr	C	167,414	167,958	162,785	251,004	179,810	192,633	416,347	590,314	444,748	341,105	325,806	324,503	317,274	308,006	293,587	281,002	304,499	309,664	276,819	212,644	223,473	335,963	79,257	C	590,314	282,8	
23	10-abr	C	378,234	399,070	496,136	458,362	349,097	302,191	264,807	301,188	273,133	183,401	154,978	150,939	160,598	154,451	153,716	156,334	144,753	180,829	283,158	389,071	364,528	266,751	84,742	C	496,136	262,9	
24	11-abr	C	117,856	66,446	52,331	55,983	77,212	326,324	540,350	605,938	418,218	362,202	260,505	212,747	172,369	145,794	194,888	214,909	275,793	366,154	558,980	566,653	590,977	429,425	334,419	C	605,938	302,0	
25	12-abr	C	268,905	302,063	215,998	178,887	245,067	559,904	1105,502	204,006	664,245	404,744	314,152	302,199	207,970	207,442	350,390	449,941	394,440	330,313	415,865	209,668	198,997	184,471	-97,844	C	1204,008	374,6	

Gráfico 10. Tabla original de datos CO mes de abril de 2016

Day		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1-abr	C	181,56	147,26	177,94	230,30	240,43	338,37	972,13	853,53	409,30	389,93	381,67	389,16	3
2-abr	C	270,66	312,76	292,60	446,87	460,30	628,79	838,79	935,19	462,32	264,03	255,91	285,65	3
3-abr	C	279,27	214,00	154,91	219,63	240,09	296,27	554,06	505,63	670,21	887,68	506,77	525,15	4
4-abr	C	549,80	255,59	291,85	225,88	490,60	1709,48	2556,30	1176,14	1675,41	728,39	382,71	391,98	3
5-abr	C	98,53	67,42	40,76	225,88	67,59	228,81	582,18	919,60	1001,18	553,01	436,83	332,90	2
6-abr	C	215,71	159,83	133,14	292,13	400,62	549,32	624,87	552,17	334,18	269,06	296,41	216,15	1
7-abr	C	52,03	76,65	147,97	60,04	109,88	248,74	357,12	302,12	240,62	196,14	201,04	228,37	1
8-abr	C	18,99	122,31	147,97	216,10	213,62	320,57	930,01	841,61	401,80	193,37	211,13	185,08	1
9-abr	C	167,41	167,96	162,79	251,00	179,81	192,63	416,35	590,31	444,75	341,11	325,81	324,50	3
10-abr	C	376,23	399,07	496,14	458,36	349,10	302,19	264,81	301,19	273,13	183,40	154,98	150,94	1
11-abr	C	117,86	66,45	52,33	317,62	77,21	326,32	540,35	605,94	418,22	362,20	260,51	212,75	1
12-abr	C	268,91	302,06	216,00	176,89	245,07	559,90	1105,50	1204,01	664,25	404,74	316,15	302,20	2
PROMEDIO		216,412	190,946	192,866	260,059	256,192	475,118	811,872	732,287	582,947	397,755	310,824	295,401	25

Gráfico 11. Tabla corregida de datos CO mes de abril de 2016

### 2.4.3.2. Proceso Estadístico

- a) Para el procesamiento de los datos se calcula la media aritmética tanto de cada día y hora como se muestra a continuación en el Gráfico 12.

Day	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Promedio												
1-jun	C	C	C	C	C	C	0.01	0.332	0.744	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0.307	0.519	0.423	C	C	C	C	0.416					
2-jun	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0.884	C	C	C	C	C	C	0.684					
3-jun	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0.684					
4-jun	C	C	C	-0.219	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-0.071					
5-jun	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0.033	0.008	0	0.037	0.064	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0.028					
6-jun	C	C	C	C	C	C	C	-0.373	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0.139					
7-jun	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-213	-372	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-0.342					
8-jun	C	C	C	C	C	C	-0.41	-0.258	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	-0.342					
9-jun	473.538	450.063	418.717	671.171	940.342	1396.673	3661.462	3120.113	1094.186	206.196	164.231	151.566	135.343	135.005	133.512	163.400	243.361	310.436	263.963	236.236	386.321	305.324	227.777	664.000	113.651	98.437	113.651	98.437	113.651	98.437	113.651	98.437	113.651	98.437	113.651	98.437			
10-jun	132.670	103.638	23.925	20.391	224.630	436.533	1392.654	1620.211	663.963	325.429	215.665	236.241	193.248	174.011	210.311	263.747	301.860	430.022	423.102	293.231	244.079	955.905	113.651	98.437	113.651	98.437	113.651	98.437	113.651	98.437	113.651	98.437	113.651	98.437	113.651	98.437	113.651	98.437	
11-jun	61.868	85.710	89.646	227.917	240.263	248.300	388.889	352.529	130.663	174.537	154.165	151.147	128.695	123.921	134.615	133.732	125.168	165.936	175.435	133.914	142.586	108.113	39.526	165.936	175.435	133.914	142.586	108.113	39.526	165.936	175.435	133.914	142.586	108.113	39.526	165.936	175.435	133.914	142.586
12-jun	4.962	-0.532	-0.904	-1.061	22.452	47.276	115.636	94.253	30.255	103.190	93.629	81.517	159.466	237.376	189.616	235.188	165.582	178.737	180.437	223.348	113.613	73.747	74.503	107.326	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	
13-jun	34.366	28.238	24.738	1.978	35.268	143.520	308.335	281.855	236.487	160.472	160.970	193.951	183.930	176.121	254.120	278.560	201.638	251.638	200.833	209.351	251.638	184.291	123.148	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	164.681	
14-jun	40.686	103.438	53.182	109.364	188.773	447.221	733.168	420.527	149.531	162.421	144.332	156.861	132.915	120.434	142.148	178.667	205.758	258.768	259.300	163.212	187.423	142.586	54.056	212.102	212.102	212.102	212.102	212.102	212.102	212.102	212.102	212.102	212.102	212.102	212.102	212.102	212.102	212.102	
15-jun	-1.046	5.201	0.133	-0.574	71.391	400.825	121.862	734.306	221.273	176.043	168.160	146.771	146.414	126.301	165.912	193.962	214.402	269.364	270.787	197.448	130.074	126.783	73.442	220.314	220.314	220.314	220.314	220.314	220.314	220.314	220.314	220.314	220.314	220.314	220.314	220.314	220.314	220.314	
16-jun	18.043	2.270	3.444	11.323	44.172	237.335	384.608	233.237	304.707	333.403	318.452	348.140	281.378	283.477	294.628	335.658	385.148	364.423	407.157	363.453	271.242	272.594	288.426	243.233	243.233	243.233	243.233	243.233	243.233	243.233	243.233	243.233	243.233	243.233	243.233	243.233	243.233		
17-jun	138.503	106.378	103.730	104.745	145.495	307.369	875.020	658.624	351.386	275.438	282.067	236.681	199.607	199.607	270.742	342.186	381.245	385.207	373.958	303.633	250.073	134.663	155.66	234.253	234.253	234.253	234.253	234.253	234.253	234.253	234.253	234.253	234.253	234.253	234.253	234.253	234.253		
18-jun	106.597	114.871	86.557	85.522	111.327	181.490	257.418	325.433	279.094	248.011	240.475	265.274	285.152	233.695	208.618	216.188	262.333	334.001	325.237	296.194	325.905	364.241	244.221	234.629	234.629	234.629	234.629	234.629	234.629	234.629	234.629	234.629	234.629	234.629	234.629	234.629	234.629	234.629	
19-jun	137.578	185.301	191.550	151.021	186.421	308.360	533.374	244.182	206.088	195.838	195.311	203.455	191.052	173.344	167.163	165.616	212.422	382.208	471.570	362.350	230.368	191.852	165.656	223.181	223.181	223.181	223.181	223.181	223.181	223.181	223.181	223.181	223.181	223.181	223.181	223.181	223.181	223.181	
20-jun	33.271	34.080	86.559	110.134	140.218	258.448	468.570	337.035	276.982	230.076	226.830	242.360	201.112	186.546	196.189	245.054	262.633	281.996	320.973	279.342	216.345	35.913	38.161	206.201	206.201	206.201	206.201	206.201	206.201	206.201	206.201	206.201	206.201	206.201	206.201	206.201	206.201	206.201	
21-jun	11.301	8.629	-0.302	11.802	21.378	147.679	437.695	304.742	177.139	159.601	159.352	166.774	144.383	125.411	139.600	169.061	172.842	221.855	307.343	189.703	144.641	133.012	164.825	162.271	162.271	162.271	162.271	162.271	162.271	162.271	162.271	162.271	162.271	162.271	162.271	162.271	162.271	162.271	
22-jun	44.858	38.593	16.377	20.074	52.365	153.171	333.623	347.024	258.487	258.121	188.375	204.015	187.816	157.571	238.251	225.715	365.478	417.133	643.633	386.306	433.621	264.466	84.886	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782	236.782
23-jun	35.101	14.641	36.465	23.535	76.304	203.487	651.269	372.940	287.779	170.241	210.527	197.421	167.877	149.686	164.469	204.073	256.135	270.618	259.621	167.383	188.756	150.913	84.87	163.643	163.643	163.643	163.643	163.643	163.643	163.643	163.643	163.643	163.643	163.643	163.643	163.643	163.643	163.643	
24-jun	60.846	66.652	74.332	83.280	329.717	306.028	435.392	601.411	534.766	279.571	250.353	235.411	181.244	191.433	240.334	228.610	234.570	233.586	331.230	251.458	430.647	375.225	379.619	263.672	263.672	263.672	263.672	263.672	263.672	263.672	263.672	263.672	263.672	263.672	263.672	263.672	263.672	263.672	
25-jun	263.253	114.247	159.306	205.147	216.530	377.716	637.232	634.330	443.131	367.275	137.910	124.478	140.664	130.240	133.030	176.253	148.139	161.438	256.236	186.600	156.917	268.464	162.206	261.317	261.317	261.317	261.317	261.317	261.317	261.317	261.317	261.317	261.317	261.317	261.317	261.317	261.317	261.317	
26-jun	17.585	87.785	164.282	110.662	144.362	233.391	398.125	140.083	18.471	109.866	104.225	104.432	102.696	103.653	81.188	94.201	84.284	166.386	161.973	161.941	140.878	132.373	114.378	132.373	132.373	132.373	132.373	132.373	132.373	132.373	132.373	132.373	132.373	132.373	132.373	132.373	132.373	132.373	
27-jun	20.201	32.637	3.120	20.361	45.851	162.050	304.078	253.836	238.205	208.678	173.747	195.638	181.982	188.146	220.314	203.425	344.255	355.844	310.056	206.460	115.600	42.715	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	179.948	
28-jun	12.051	28.058	2.688	-0.053	20.586	138.477	246.508	206.448	240.559	174.143	145.883	166.275	165.655	197.716	171.161	210.851	233.764	303.137	305.123	234.392	159.656	87.234	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	162.210	
29-jun	13.760	17.429	3.801	11.472	79.889	223.704	342.378	322.274	247.231	264.642	189.202	173.904	165.334	171.011	22																								

2016	
Contam/mes	CO
Febrero	364,989
Marzo	339,233
Abril	362,571
Mayo	354,817
Junio	238,614
Julio	353,316
Agosto	275,505
Septiembre	285,026
Octubre	762,238
Noviembre	297,268
Diciembre	291,496
PROMEDIO	356,825
D.E.	140,834

**Gráfico 14.** Cálculo de la media y desviación estándar

#### 2.4.3.4. Cálculos de Límites de Control y Advertencia de los Contaminantes

Con el fin de validar la información de la variable CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y PM 2,5 obtenida de la estación del “GADMA” se procede hacer un análisis estadístico que permita identificar la existencia de posibles daños y como consecuencia de ello se pudo haber registrado valores atípicos; por tal motivo, se ha calculado límites de control y advertencia para cada uno de los contaminantes en los años 2016 y 2017 respectivamente.

Para el cálculo del límite de control superior (LCS) y límite de control inferior (LCI) se aplica la siguiente fórmula:

**Fórmula a:**

$$LCS = x + 3S \quad (1)$$

$$LCI = x - 3S \quad (2)$$

Para el límite de advertencia superior (LAS) y límite de advertencia inferior (LAI) se utiliza:

**Fórmula b:**

$$LAS = x + 2S \quad 3)$$

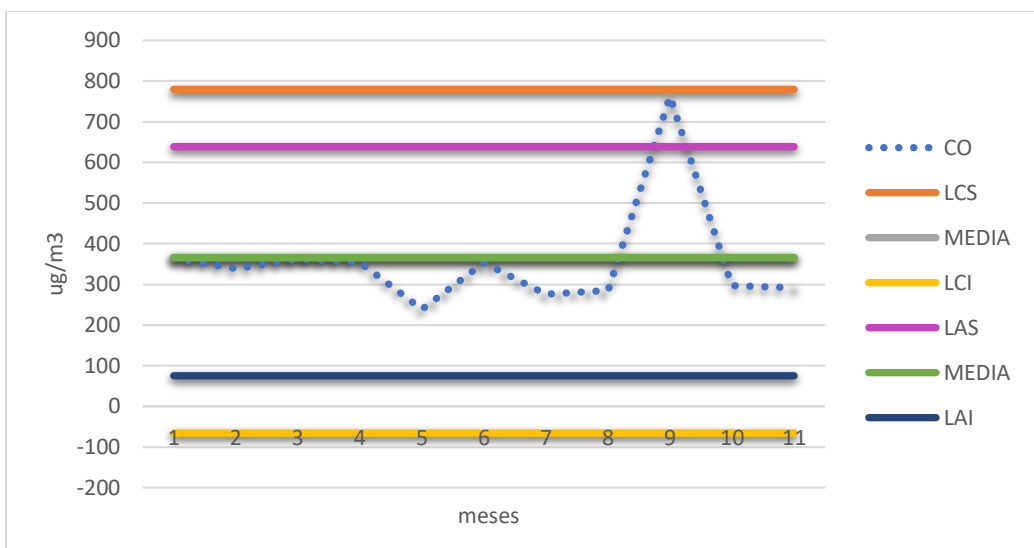
$$LCS = x - 2S \quad (4)$$

**a) Límites de control y advertencia CO -2016**

Con respecto al CO del año 2016 existe una variación desde 238,614 hasta 762,238 ug/m<sup>3</sup> entre los meses de febrero a diciembre, no se registran datos del mes de enero; al analizar los datos existe una constante en los meses de febrero, marzo, abril y mayo, mientras que en el mes de octubre se registra el valor más alto (762,238 ug/m<sup>3</sup>) por lo que se puede considerar un alto nivel de concentración de CO en el ambiente, como se muestra en la Tabla 19 y Gráfico 15:

**Tabla 19.** Límites de control y advertencia de CO - 2016

Contam/mes	CO	LCS	MEDIA	LCI	LAS	MEDIA	LAI
Febrero	364,989	779,327	365,825	-65,677	638,493	365,825	75,157
Marzo	339,233	779,327	365,825	-65,677	638,493	365,825	75,157
Abril	362,571	779,327	365,825	-65,677	638,493	365,825	75,157
Mayo	354,817	779,327	365,825	-65,677	638,493	365,825	75,157
Junio	238,614	779,327	365,825	-65,677	638,493	365,825	75,157
Julio	353,316	779,327	365,825	-65,677	638,493	365,825	75,157
Agosto	275,505	779,327	365,825	-65,677	638,493	365,825	75,157
Septiembre	285,026	779,327	365,825	-65,677	638,493	365,825	75,157
Octubre	762,238	779,327	365,825	-65,677	638,493	365,825	75,157
Noviembre	297,268	779,327	365,825	-65,677	638,493	365,825	75,157
Diciembre	291,496	779,327	365,825	-65,677	638,493	365,825	75,157



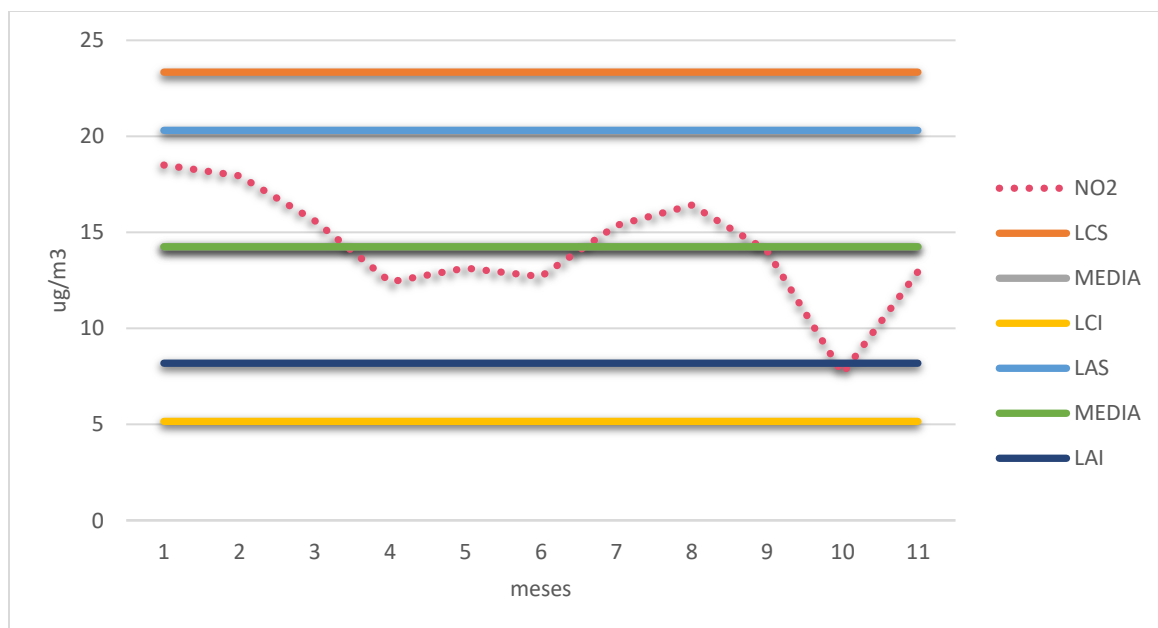
**Gráfico 15.** Límites de control y advertencia CO – 2016

**b) Límites de control y advertencia NO<sub>2</sub> -2016**

En la tabla 20 y el gráfico 16 se muestra que los valores de NO<sub>2</sub> para el año 2016 poseen una variación desde 7,646 ug/m<sup>3</sup> hasta 18,503 ug/m<sup>3</sup>, de igual manera que en el CO no se registran valores para el mes de enero. El mes de febrero tiene el valor más alto y a partir del mes de marzo se registra un declive hasta el mes de noviembre, convirtiéndose en el valor más bajo y con menor concentración en el año.

**Tabla 20.** Límites de control y advertencia NO<sub>2</sub> -2016

Contam/mes	NO <sub>2</sub>	LCS	MEDIA	LCI	LAS	MEDIA	LAI
Febrero	18,503	23,344	14,248	5,153	20,312	14,248	8,185
Marzo	17,936	23,344	14,248	5,153	20,312	14,248	8,185
Abril	15,610	23,344	14,248	5,153	20,312	14,248	8,185
Mayo	12,409	23,344	14,248	5,153	20,312	14,248	8,185
Junio	13,133	23,344	14,248	5,153	20,312	14,248	8,185
Julio	12,699	23,344	14,248	5,153	20,312	14,248	8,185
Agosto	15,373	23,344	14,248	5,153	20,312	14,248	8,185
Septiembre	16,421	23,344	14,248	5,153	20,312	14,248	8,185
Octubre	14,067	23,344	14,248	5,153	20,312	14,248	8,185
Noviembre	7,646	23,344	14,248	5,153	20,312	14,248	8,185
Diciembre	12,934	23,344	14,248	5,153	20,312	14,248	8,185



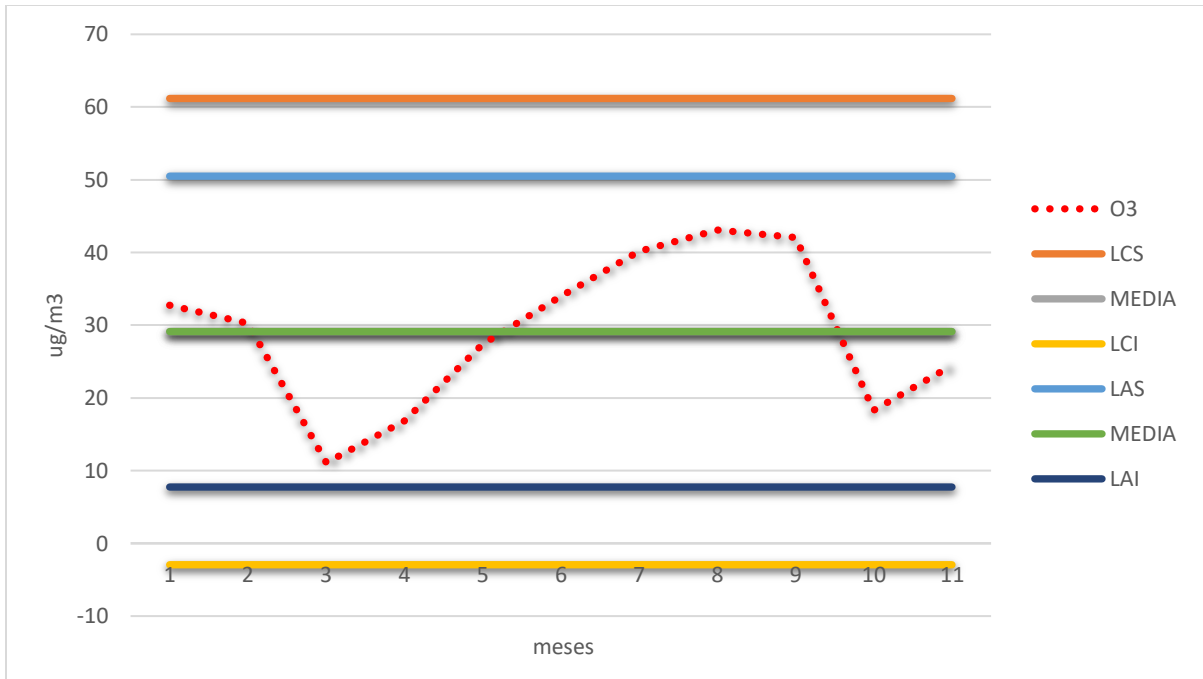
**Gráfico 16.** Límites de control y advertencia NO<sub>2</sub> – 2016

**c) Límites de control y advertencia O<sub>3</sub> – 2016**

En la tabla 21 y el gráfico 17 se muestra que los valores de Ozono (O<sub>3</sub>) varían desde 11,094 hasta 43,092 ug/m<sup>3</sup>; no se registran datos para el mes de enero del 2016, se registran variaciones significativas en los meses de abril, octubre y noviembre, siendo el menor 11,094 ug/m<sup>3</sup> en abril.

**Tabla 21.** Límites de control y advertencia O<sub>3</sub> – 2016

Contam/mes	O <sub>3</sub>	LCS	MEDIA	LCI	LAS	MEDIA	LAI
Febrero	32,736	61,182	29,123	-2,936	50,496	29,123	7,750
Marzo	30,285	61,182	29,123	-2,936	50,496	29,123	7,750
Abril	11,094	61,182	29,123	-2,936	50,496	29,123	7,750
Mayo	16,815	61,182	29,123	-2,936	50,496	29,123	7,750
Junio	27,380	61,182	29,123	-2,936	50,496	29,123	7,750
Julio	34,010	61,182	29,123	-2,936	50,496	29,123	7,750
Agosto	40,166	61,182	29,123	-2,936	50,496	29,123	7,750
Septiembre	43,092	61,182	29,123	-2,936	50,496	29,123	7,750
Octubre	42,058	61,182	29,123	-2,936	50,496	29,123	7,750
Noviembre	18,262	61,182	29,123	-2,936	50,496	29,123	7,750
Diciembre	24,456	61,182	29,123	-2,936	50,496	29,123	7,750



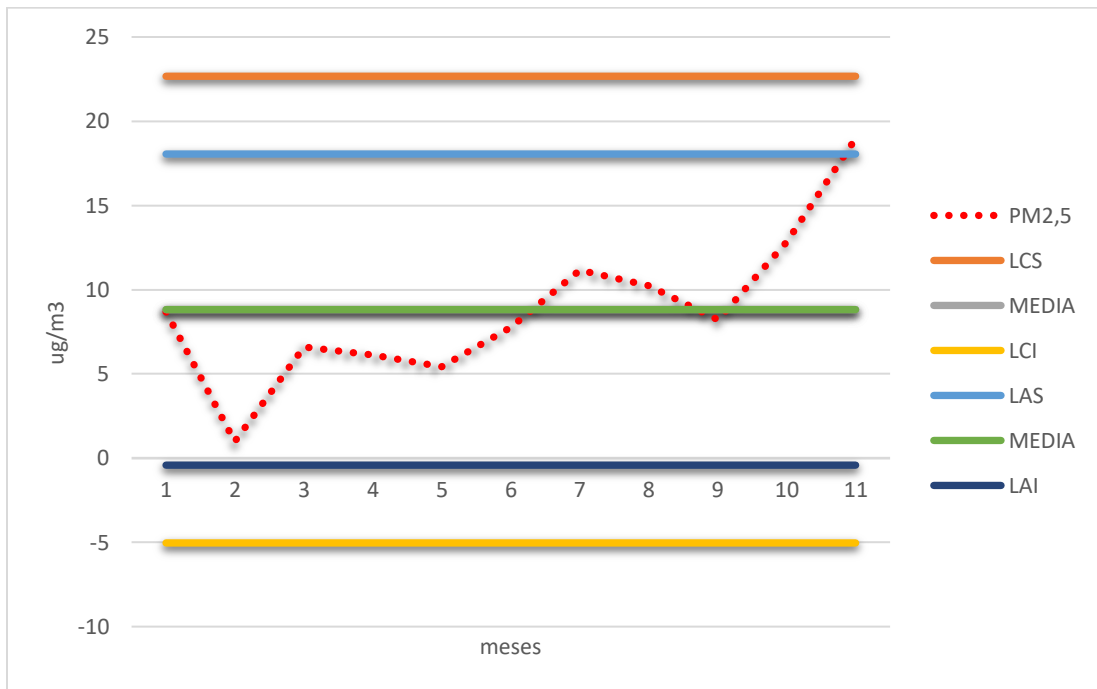
**Gráfico 17.** Límites de control y advertencia O3 – 2016

**d) Límites de control y advertencia PM<sub>2.5</sub>– 2016**

En la tabla 22 y el gráfico 18 se registran valores de PM<sub>2.5</sub> desde 0,985 hasta 18,974 ug/m<sup>3</sup>, las variaciones significativas se reportan con menor concentración en el mes de marzo y mayor concentración en diciembre; no se obtienen valores en el mes de enero.

**Tabla 22.** Límites de control y advertencia PM2.5 – 2016

Contam/mes	PM2,5	LCS	MEDIA	LCI	LAS	MEDIA	LAI
Febrero	8,703	22,669	8,818	-5,033	18,052	8,818	-0,416
Marzo	0,985	22,669	8,818	-5,033	18,052	8,818	-0,416
Abril	6,596	22,669	8,818	-5,033	18,052	8,818	-0,416
Mayo	6,134	22,669	8,818	-5,033	18,052	8,818	-0,416
Junio	5,422	22,669	8,818	-5,033	18,052	8,818	-0,416
Julio	7,765	22,669	8,818	-5,033	18,052	8,818	-0,416
Agosto	11,151	22,669	8,818	-5,033	18,052	8,818	-0,416
Septiembre	10,240	22,669	8,818	-5,033	18,052	8,818	-0,416
Octubre	8,210	22,669	8,818	-5,033	18,052	8,818	-0,416
Noviembre	12,822	22,669	8,818	-5,033	18,052	8,818	-0,416
Diciembre	18,974	22,669	8,818	-5,033	18,052	8,818	-0,416



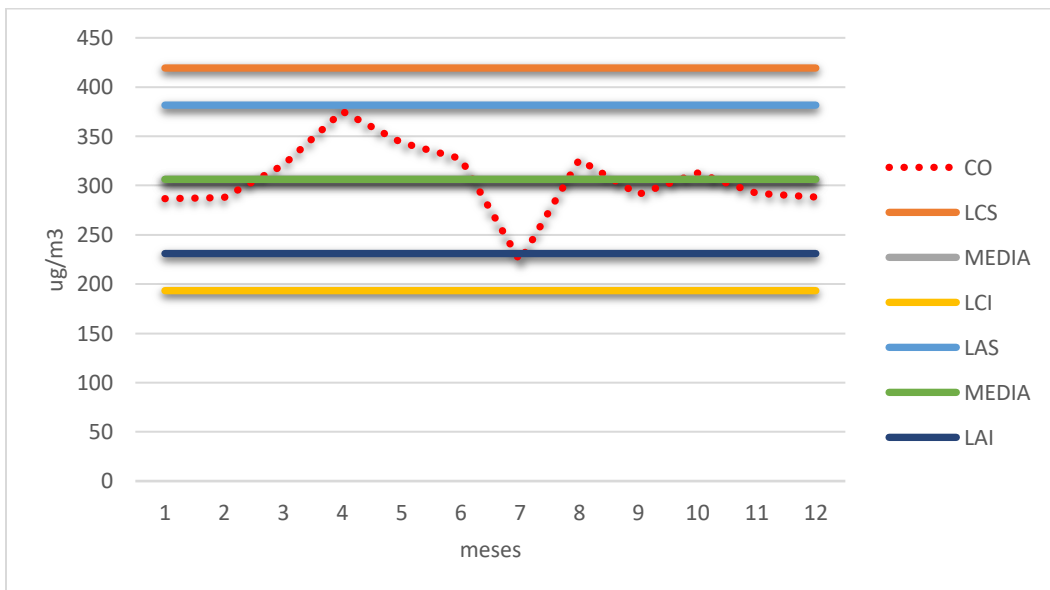
**Gráfico 18.** Límites de control y advertencia PM2.5 – 2016

**e) Límites de control y advertencia CO – 2017**

En la tabla 23 y gráfico 19 para CO del año 2017 se registran variaciones desde 286,935 hasta 375,408ug/m<sup>3</sup>, reportándose dos variaciones significativas en los meses de abril con la mayor concentración y julio con la menor concentración.

**Tabla 23.** Límites de control y advertencia CO – 2017

Contam/mes	CO	LCS	MEDIA	LCI	LAS	MEDIA	LAI
Enero	286,935	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012
Febrero	287,972	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012
Marzo	321,101	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012
Abril	375,408	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012
Mayo	343,712	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012
Junio	327,379	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012
Julio	223,371	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012
Agosto	326,041	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012
Septiembre	290,895	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012
Octubre	312,523	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012
Noviembre	292,273	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012
Diciembre	288,516	419,341	306,344	193,346	381,675	306,344	231,012



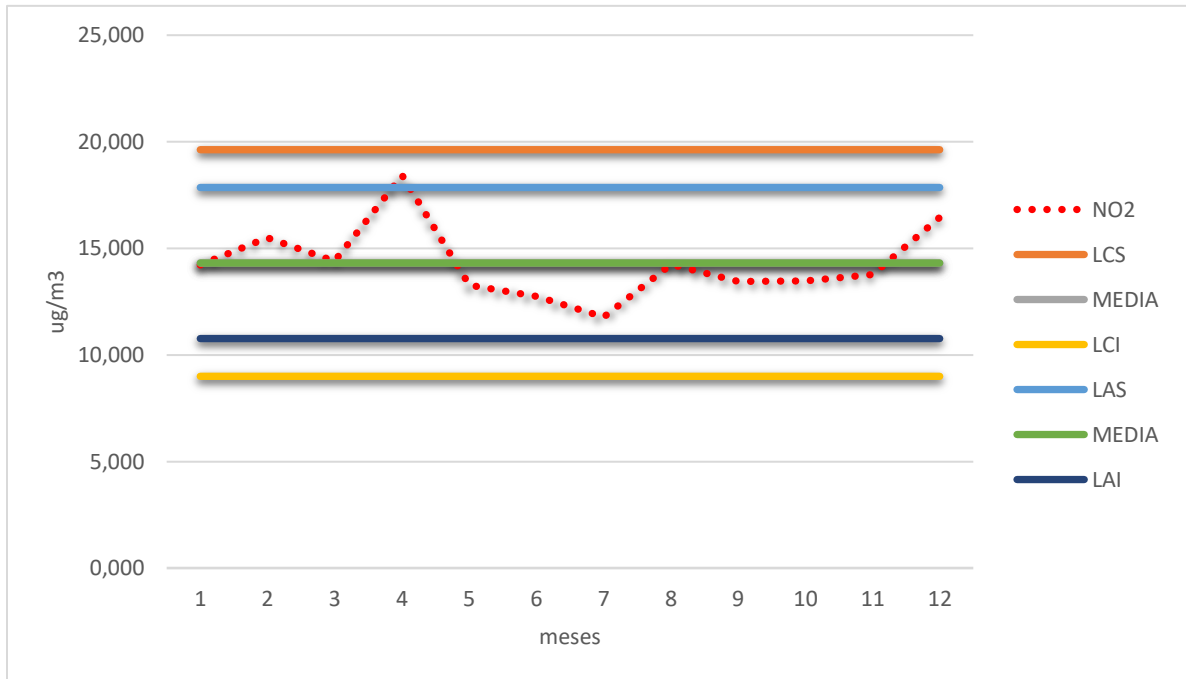
**Gráfico 19.** Límites de control y advertencia CO – 2017

**f) Límites de control y advertencia NO<sub>2</sub> – 2017**

La variación del NO<sub>2</sub> que se muestra en la tabla 24 y gráfico 20 va desde 11,777 hasta 18,419 ug/m<sup>3</sup>, se registran variaciones significativas en los meses de abril con mayor concentración y tiene declinación brusca para el mes de mayo hasta julio; llega a tener una constante para los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, para el mes de diciembre existe un aumento en la concentración del contaminante.

**Tabla 24.** Límites de control y advertencia NO<sub>2</sub> – 2017

Contam/mes	NO2	LCS	MEDIA	LCI	LAS	MEDIA	LAI
Enero	14,230	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768
Febrero	15,510	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768
Marzo	14,398	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768
Abril	18,419	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768
Mayo	13,283	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768
Junio	12,756	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768
Julio	11,777	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768
Agosto	14,247	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768
Septiembre	13,434	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768
Octubre	13,474	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768
Noviembre	13,766	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768
Diciembre	16,442	19,627	14,311	8,996	17,855	14,311	10,768



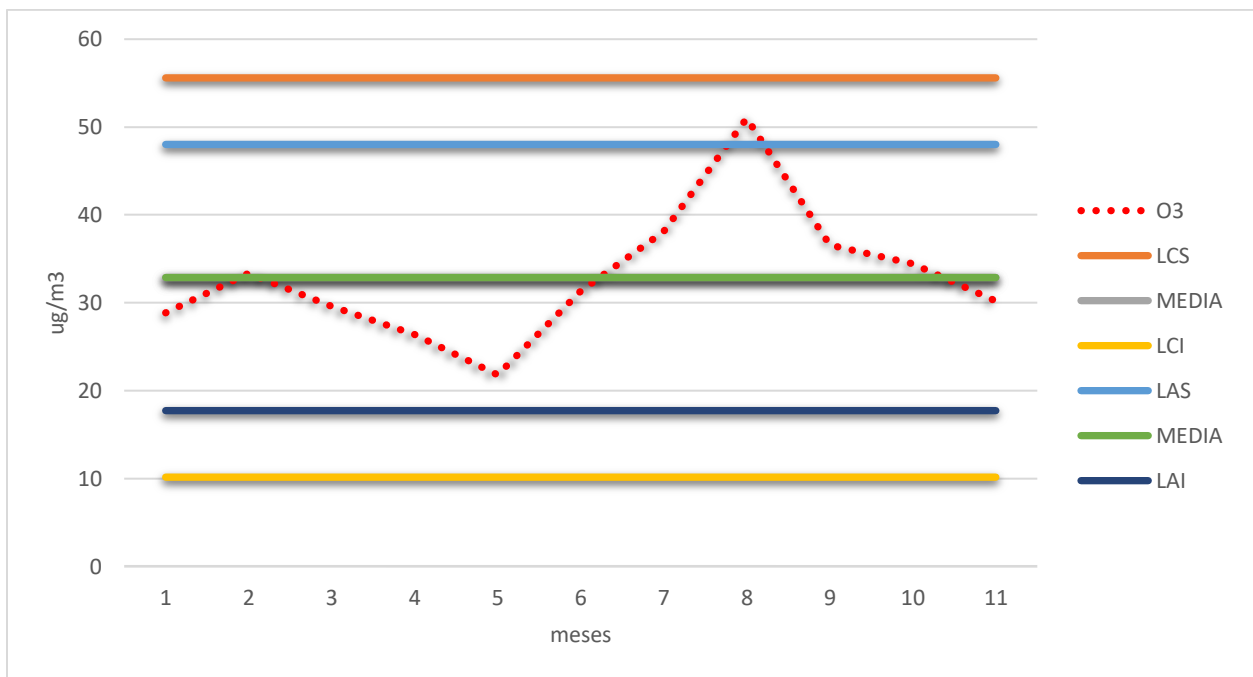
**Gráfico 20.** Límites de control y advertencia NO2 – 2017

**g) Límites de control y advertencia Ozono (O<sub>3</sub>) – 2017**

En la tabla 25 y el gráfico 21 se muestra que los valores de ozono (O<sub>3</sub>) varían desde 21,786 hasta 50,989 ug/m<sup>3</sup>; no se registran datos para el mes de mayo del 2017, se registran variaciones significativas en los meses de junio con las concentraciones más bajas y septiembre con las concentraciones más altas.

**Tabla 25.** Límites de control y advertencia O3

Contam/mes	O3	LCS	MEDIA	LCI	LAS	MEDIA	LAI
Enero	28,859	55,594	32,870	10,146	48,019	32,870	17,720
Febrero	33,377	55,594	32,870	10,146	48,019	32,870	17,720
Marzo	29,592	55,594	32,870	10,146	48,019	32,870	17,720
Abril	26,365	55,594	32,870	10,146	48,019	32,870	17,720
Junio	21,786	55,594	32,870	10,146	48,019	32,870	17,720
Julio	31,330	55,594	32,870	10,146	48,019	32,870	17,720
Agosto	38,097	55,594	32,870	10,146	48,019	32,870	17,720
Septiembre	50,989	55,594	32,870	10,146	48,019	32,870	17,720
Octubre	36,590	55,594	32,870	10,146	48,019	32,870	17,720
Noviembre	34,411	55,594	32,870	10,146	48,019	32,870	17,720
Diciembre	30,171	55,594	32,870	10,146	48,019	32,870	17,720



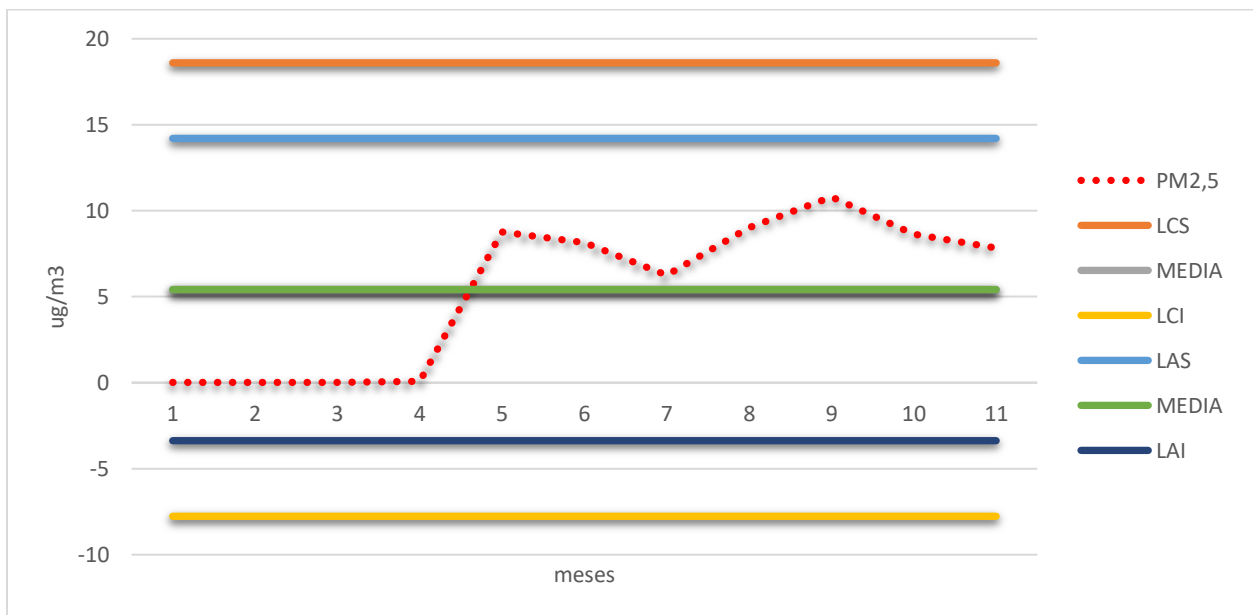
**Gráfico 21.** Límites de control y advertencia O3

**h) Límites de control y advertencia PM<sub>2.5</sub> – 2017**

En la tabla 26 y el gráfico 22 se registran valores de PM<sub>2.5</sub> desde 0,018 hasta 10,802 ug/m<sup>3</sup>; no se reportan datos para el mes de agosto. Existe una constante para los meses de enero, febrero, marzo y abril, un aumento en la concentración para los meses restantes hasta diciembre.

**Tabla 26.** Límites de control y advertencia PM25 - 2017

Contam/mes	PM2,5	LCS	MEDIA	LCI	LAS	MEDIA	LAI
Enero	0,019	18,600	5,417	-7,767	14,206	5,417	-3,373
Febrero	0,018	18,600	5,417	-7,767	14,206	5,417	-3,373
Marzo	0,020	18,600	5,417	-7,767	14,206	5,417	-3,373
Abril	0,092	18,600	5,417	-7,767	14,206	5,417	-3,373
Mayo	8,760	18,600	5,417	-7,767	14,206	5,417	-3,373
Junio	8,134	18,600	5,417	-7,767	14,206	5,417	-3,373
Julio	6,265	18,600	5,417	-7,767	14,206	5,417	-3,373
Septiembre	9,009	18,600	5,417	-7,767	14,206	5,417	-3,373
Octubre	10,802	18,600	5,417	-7,767	14,206	5,417	-3,373
Noviembre	8,636	18,600	5,417	-7,767	14,206	5,417	-3,373
Diciembre	7,827	18,600	5,417	-7,767	14,206	5,417	-3,373



**Gráfico 22.** Límites de control y advertencia PM2.5 – 2017

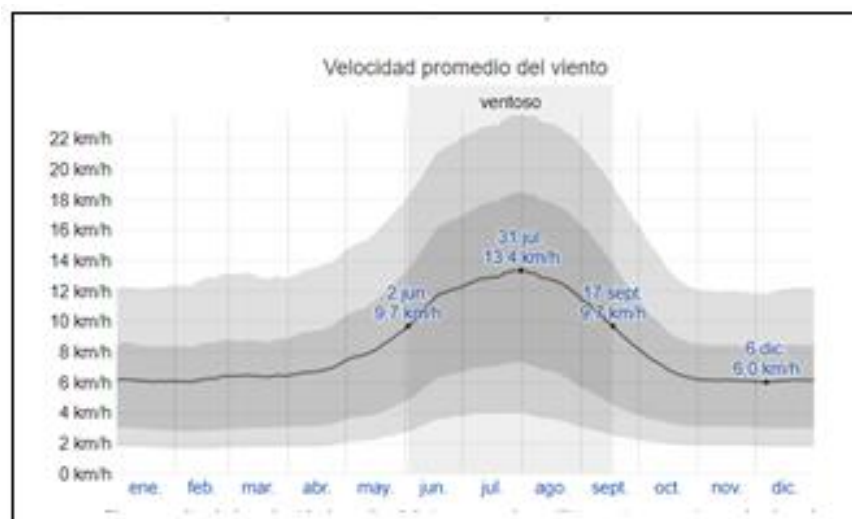
## 2.5. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Según GAD (2015), para la caracterización del clima en el Cantón Ambato se define un conjunto de valores estadísticos como son: temperatura, humedad, presión, vientos y precipitaciones durante un periodo representativo que corresponden a 30 años o más. Para el siguiente estudio se analizará las variables de dirección y velocidad del viento para posteriores estudios de modelos de distribución de los diferentes contaminantes y la influencia que tendrá en la zona urbana de Ambato una vez establecidas las estaciones propuestas; cabe recalcar que los vientos no inciden en la colocación de las estaciones de monitoreo ni en los equipos ya que se deben situar a máximo 3 metros sobre el suelo según el A.M. 097.

### 2.5.1. Dirección y velocidad del viento

El viento promedio en área ancha (velocidad y dirección) es 10 metros sobre el suelo; el viento depende sobretodo de la topografía local y distintos factores. La velocidad promedio del cantón Ambato posee variaciones estacionales durante todo el año.

A continuación, se muestra la velocidad del viento de acuerdo a las diferentes épocas del año: el tiempo más ventoso dura 3,5 meses, es decir, del 2 de junio al 17 de septiembre con velocidades promedio de más d 9,7 km/h. Cabe recalcar que el día más ventoso del año es el 31 de julio, con una velocidad de 13,4km/h. Por otra parte, tenemos el tiempo más calmado que dura 8,5 meses y va desde el 17 de septiembre al 2 de junio con un promedio de 6km/h. La dirección del viento predominante por hora es este durante todo el año (NASA, s.f.) (Véase gráficos 23 y 24).



**Gráfico 23.** Velocidad promedio del viento en Ambato

**Fuente:** (NASA, s.f.)



*“El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste)”.*

**Gráfico 24.** Dirección del viento en Ambato

**Fuente:** (NASA, s.f.)

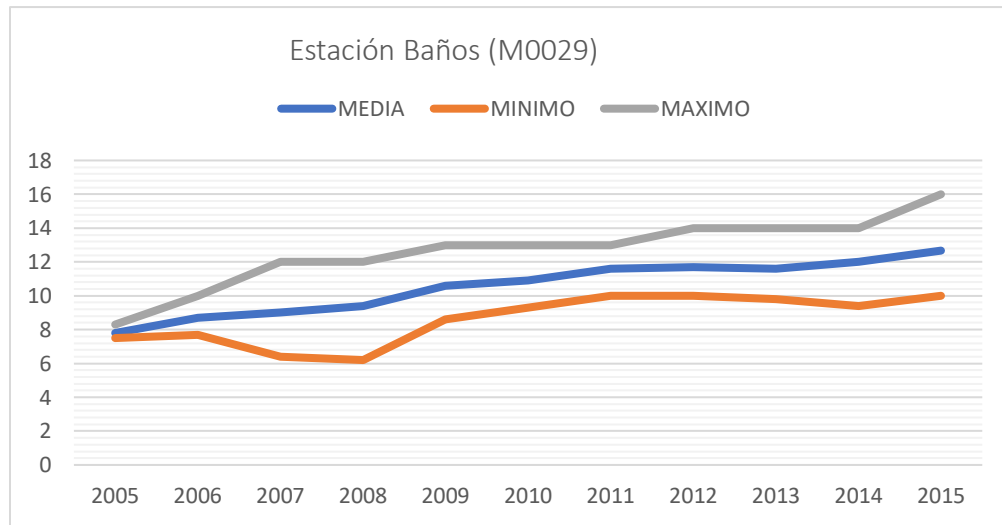
Se realiza un análisis en la zona urbana de Ambato utilizando los datos de las 7 estaciones que han sido instaladas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) las cuáles son: Baños, Patate, Píllaro, Pedro Fermín Cevallos, Querochaca, Calamaca y Cunchibamba, a partir del año 2005 hasta el 2015 en el cual se obtienen los siguientes resultados.

### 2.5.1.1. Estación Baños (M0029)

La Estación Baños (M0029) con coordenadas en Latitud: 1° 23' 29" S y Longitud: 78°25' 5" W, se caracteriza por poseer vientos con dirección NE y con una velocidad promedio a 13H (m/s). Se encuentra a 1695 msnm (véase en la tabla 27 y gráfico 25).

**Tabla 27.** Estación Baños (M0029)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUM A	MEDIA	MINIMO	MAXIMO
2005		8,3 NE	7,5 NE					7,6 NE						7,8	7,5	8,3
2006	9,8 NE	10,0 NE	8,1 NE	8,4 NE	8,3 NE	7,7 NE	9,5 NE	8,7 NE	7,7 NE	8,8 NE	9,1 NE	8,8 NE	104,9	8,7	7,7	10
2007	8,0 E	7,9 E	11,0 NE	9,2 NE	8,2 NE	6,4 NE	10,0 NE	8,2 NE	9,5 NE	12,0 NE	9,1 NE	8,9 NE	108,4	9	6,4	12
2008	9,2 NE	8,7 NE	9,6 NE	10,0 NE	8,9 NE	9,2 NE	6,2 NE	8,9 NE	9,2 NE	10,0 NE	11,0 NE	12,0 NE	112,9	9,4	6,2	12
2009	9,0 NE	10,0 NE	13,0 NE	11,0 NE	11,0 NE	8,7 NE	10,0 NE	11,0 NE	8,6 NE	12,0 NE	12,0 NE	12,0 NE	128,3	10,6	8,6	13
2010	8,7 NE	9,3 NE	12,0 NE	11,0 NE	11,0 NE	13,0 NE	12,0 NE	9,3 NE	12,0 NE	11,0 NE	12,0 NE	9,9 NE	131,2	10,9	9,3	13
2011	12,0 NE	11,0 NE	13,0 NE	11,0 NE	10,0 NE	13,0 NE	11,0 NE	12,0 NE	10,0 NE	13,0 NE	13,0 NE	11,0 NE	140	11,6	10	13
2012	13,0 NE	10,0 NE	12,0 NE	13,0 SE	12,0 NE	11,0 NE	11,0 NE	12,0 NE	11,0 NE	11,0 NE	11,0 NE	14,0 NE	141	11,7	10	14
2013	12,0 NE	11,0 NE	12,0 NE	11,0 NE	10,0 NE	12,0 NE	10,0 NE	9,8 NE	12,0 NE	14,0 NE	13,0 NE	13,0 NE	139,8	11,6	9,8	14
2014	13,0 NE	11,0 NE	15,0 NE	9,4 NE	11,0 NE	12,0 NE	12,0 NE	9,8 NE	12,0 NE	13,0 NE	14,0 NE	12,0 NE	144,2	12	9,4	14
2015	12,0 NE	16,0 NE	12,0 NE	10,0 NE	14,0 NE	13,0 NE	12,0 NE	11,0 NE	13,0 NE	13,0 NE					10	16



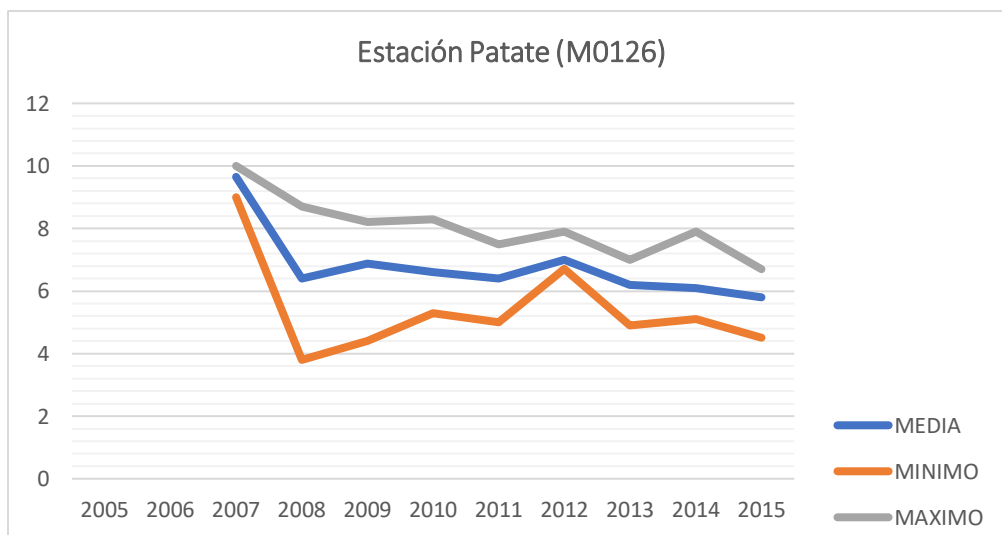
**Gráfico 25.** Datos Meteorológicos Estación Baños

### 2.5.1.2. Estación Patate (M0126)

La Estación Patate (M0126) se encuentra a una altura de 2220 msnm con coordenadas en Latitud: 1° 18' 1" S y Longitud: 78°30' 0" W, se caracteriza por tener vientos en dirección SE y con una velocidad media de 6,7 H (m/s), con vientos mínimos de 3,8H (m/s) y máximos que llegan a 10H (m/s) (véase en la tabla 28 y gráfico 26).

**Tabla 28.** Estación Patate (M0126)

AÑO S	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUM A	MEDI A	MÍNIM O	MÁXIM O
2005																
2006																
2007							10,0 SE	9,8 SE	9,0 SE	9,8 SE			38,6	9,65	9	10
2008	8,8 SE	7,3 SE	5,5 E	3,8 E	5,5 SE	7,6 SE		4,7 E	8,7 SE	5,2 E	6,3 SE	7,0 SE	70,4	6,4	3,8	8,7
2009	3,8 E					4,4 E	5,6 NE	6,0 NE	8,0 NE	8,2 NE	8,0 SE	7,9 SE	48,1	6,9	4,4	8,2
2010	8,3 SE	6,5 SE	7,1 SE	6,2 SE	6,3 SE	5,3 SE	5,5 SE	6,3 SE	7,6 SE	7,5 SE	6,6 SE	6,2 SE	79,4	6,6	5,3	8,3
2011	6,5 SE	6,5 SE	6,6 SE	5,0 SE	5,6 SE	6,3 SE	6,5 SE	7,5 SE	7,1 SE	7,4 SE	6,1 SE	5,9 SE	77	6,4	5	7,5
2012	6,6 SE	7,0 SE	7,3 SE	6,8 SE	7,0 SE	7,7 SE	7,9 SE	7,0 SE	6,9 SE	7,0 SE	7,0 SE	6,7 SE	84,9	7	6,7	7,9
2013	6,9 SE	5,1 SE	5,7 SE	7,0 SE	6,6 SE	6,8 SE	5,6 SE	6,7 SE	6,7 SE	6,5 SE	6,1 SE	4,9 SE	74,6	6,2	4,9	7
2014	6,0 SE	6,5 SE	5,1 SE	6,1 SE	5,8 SE	5,8 SE	6,9 SE	6,3 SE	7,9 SE	5,5 SE	5,9 SE	6,1 SE	73,9	6,1	5,1	7,9
2015	4,5 SE	6,0 SE	6,1 SE	5,5 SE	6,7 SE	5,3 SE			6,5 SE				40,6	5,8	4,5	6,7



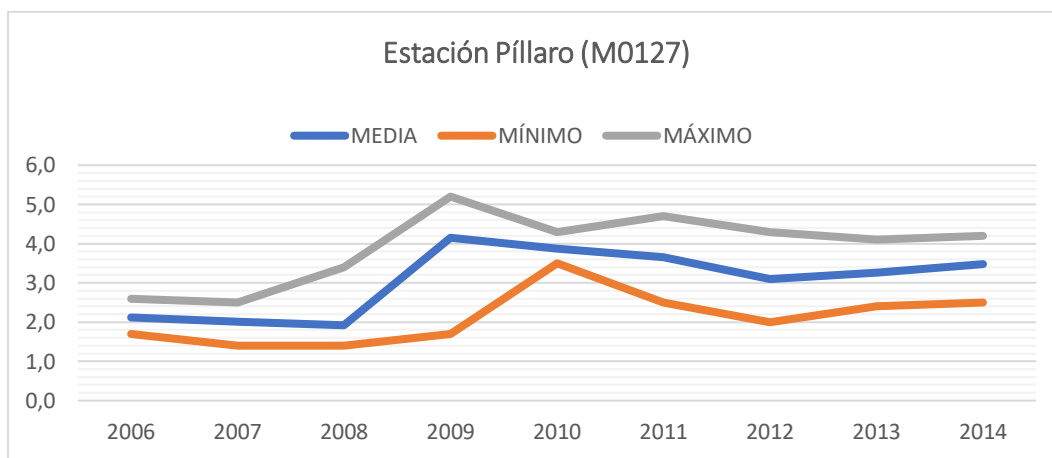
**Gráfico 26.** Datos Meteorológicos Estación Patate

### 2.5.1.3. Estación Píllaro (M0127)

La Estación Píllaro (M0127) posee coordenadas en Latitud: 1°10' 21" S y Longitud: 78° 33' 18" W, ubicada a 2793 msnm; se caracteriza por vientos en dirección S y con una velocidad promedio de 3,1H (m/s). Representan valores máximos de 5,2 H (m/s) y valores mínimos de 1,4H (m/s) (véase en la tabla 29 y gráfico 27).

**Tabla 29.** Estación Píllaro (M0127)

AÑO S	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUM A	MEDI A	MÍNIMO	MÁXIMO
2006	1,8 NW	2,3 SW	2,2 NW				2,4 SW	2,6 SW	1,7 SW	1,8 SW			14,8	2,1	1,7	2,6
2007	1,6 SW	1,4 NW	1,8 SE	2,3 SW	2,5 SW	1,7 SW	2,5 SW	2,3 SW					16,1	2,0	1,4	2,5
2008		2,1 NE	3,4 NE	1,8 NE	1,9 NE	1,4 NE	1,6 NE	1,6 NE		1,7 NE	1,7 NW	2,0 NW	19,2	1,9	1,4	3,4
2009	1,7 NE				4,1 NE	4,1 NE	5,2 NE	4,9 NE	4,9 NW				24,9	4,2	1,7	5,2
2010	3,8 NE	4,3 NE	3,5 NE										11,6	3,9	3,5	4,3
2011					3,6 S	3,9 S	3,5 S	4,4 S	4,7 S	2,5 S	2,9 S	3,7 S	29,2	3,7	2,5	4,7
2012	2,7 S	3,2 SE	3,6 S	3,5 S	2,9 S	2,9 S	3,8 S	3,5 S	4,3 S	2,0 SE	2,8 S	2,9 S	38,1	3,1	2	4,3
2013	2,6 S	3,9 S	3,4 S	2,5 SE		2,4 S		4,1 S	3,3 S	3,9 S	3,7 S	2,8 S	32,6	3,3	2,4	4,1
2014	2,5 S	4,0 S	3,8 S		2,9 S	4,2 S							17,4	3,5	2,5	4,2



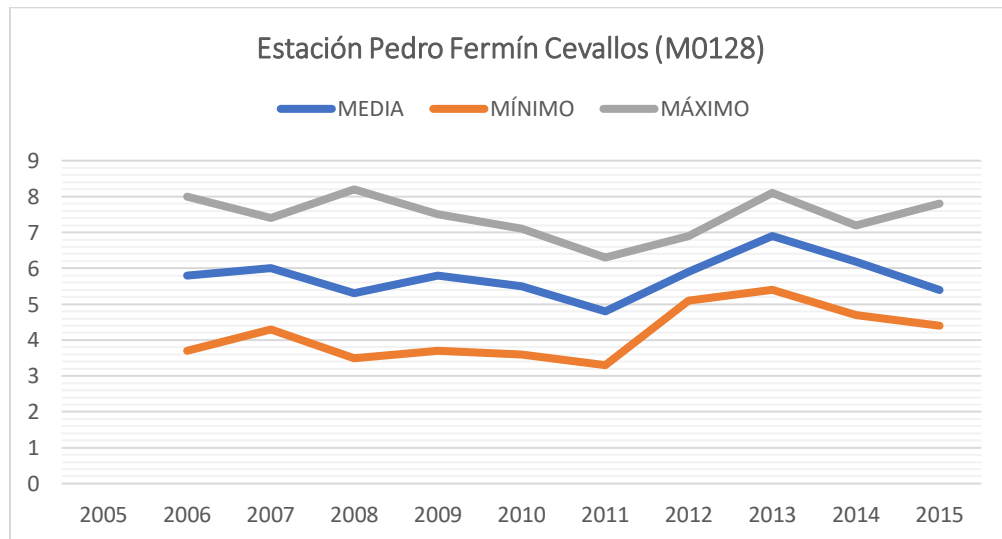
**Gráfico 27.** Datos Meteorológicos Estación Píllaro

### 2.5.1.4. Estación Pedro Fermín Cevallos (M0128)

La Estación Pedro Fermín Cevallos (M0128) se encuentra a una altura de 2910 msnm con coordenadas en Latitud: 1° 21' 22" S y Longitud: 78°36' 46" W, se caracteriza por tener vientos en dirección NE y con una velocidad media de 5,75 H (m/s), con vientos mínimos de 3,3H (m/s) y máximos que llegan a 8,2H (m/s) (véase en la tabla 30 y gráfico 28).

**Tabla 30.** Estación Pedro Fermín Cevallos (M0128)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA	MÍNIMO	MÁXIMO
2005																
2006	4,0 N	4,8 N	5,7 E	3,9 N	8,0 E	7,3 E	7,4 E	7,6 E	7,1 E	6,9 E	3,7 N	4,0 N	70,4	5,8	3,7	8
2007	6,0 E	7,4 E	6,4 E	4,0 N	6,8 E	6,0 E	6,7 E	6,7 E	6,6 E	4,3 N	7,0 E	4,6 N	72,5	6	4,3	7,4
2008	3,9 N	6,3 E	4,5 N	4,0 N	4,4 N	7,8 E	6,7 E	6,0 E	8,2 E	4,8 N	4,5 N	3,5 N	64,6	5,3	3,5	8,2
2009	3,8 N	3,7 N	7,5 E	4,6 N	6,8 E	6,3 E	7,2 E	6,6 E	7,1 E	6,9 E	4,5 N	4,7 N	69,7	5,8	3,7	7,5
2010	7,1 E	6,4 E	6,2 E	5,7 N	3,8 N	6,5 E	5,2 N	6,7 E	6,4 E	4,4 N	4,5 N	3,6 N	66,5	5,5	3,6	7,1
2011	4,0 N	3,3 N	3,7 N	4,4 N	5,0 E	3,6 E	5,1 E	5,1 E	6,3 E	5,7 E	5,6 E	6,0 E	57,8	4,8	3,3	6,3
2012	5,7 E	5,1 E	5,5 E	5,6 N	5,5 E	6,3 E	6,9 E	6,4 E	6,5 E	5,8 E	5,8 N	6,4 N	71,5	5,9	5,1	6,9
2013	6,9 E	6,6 E	7,1 E	7,9 E	6,0 E	6,4 E	6,8 E	8,1 E	8,1 E	7,8 E	5,4 E	6,4 E	83,5	6,9	5,4	8,1
2014	6,6 E	6,7 E	5,9 E	7,2 E	6,7 E		6,5 E	6,1 E	6,2 E	6,2 E	5,2 E	4,7 E	68	6,2	4,7	7,2
2015	5,6 E	5,6 E	5,1 E	5,3 E	5,7 E	5,2 E	5,7 E	5,1 E	7,8 E	4,4 E	4,4 E	5,7 E	65,6	5,4	4,4	7,8



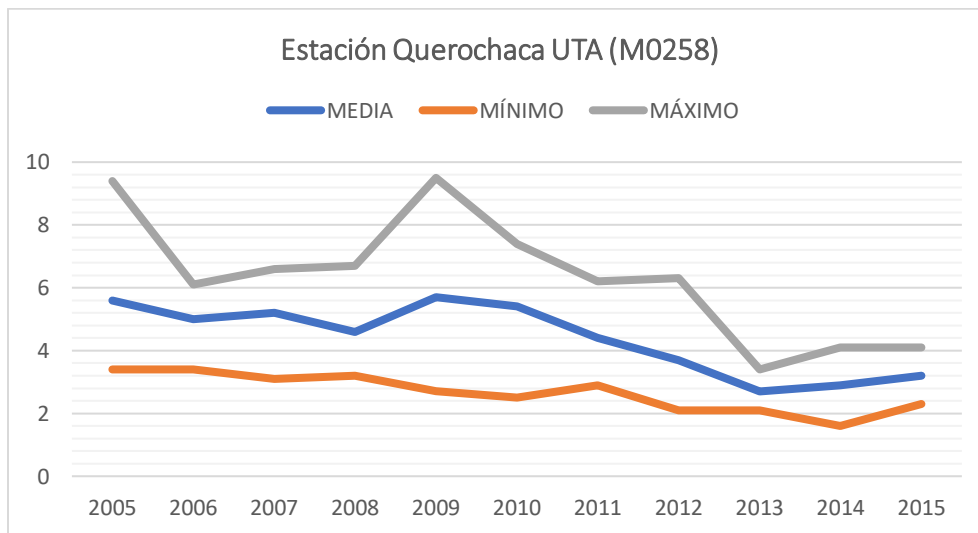
**Gráfico 28.** Datos Meteorológicos Estación Pedro Fermín Cevallos

### 2.5.1.5. Estación Querochaca UTA (M0258)

La Estación Querochaca (M0258) posee coordenadas en Latitud: 1° 22' 1.6" S y Longitud: 78° 36' 19.8" W, ubicada a 2865 msnm; se caracteriza por vientos en dirección E y con una velocidad promedio de 4,2H (m/s). Representan valores máximos de 9,4 H (m/s) y valores mínimos de 1,6H (m/s) (véase en la tabla 31 y gráfico 29).

**Tabla 31.** Estación Querochaca UTA (M0258)

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA	MÍNIMO	MÁXIMO
2005	6,2 E	5,9 E	5,0 E	6,3 E	4,8 E	6,7 E	5,8 E	6,4 E	9,4 E	4,8 E	3,5 E	3,4 E	68,2	5,6	3,4	9,4
2006	5,4 E	3,5 E	5,1 E	4,8 E	5,6 E	5,2 E	6,1 E	5,8 E	5,8 E	5,8 E	3,8 E	3,4 E	60,3	5	3,4	6,1
2007	6,6 E	5,7 E	5,3 E	3,1 E	4,7 E	6,1 E	6,3 E	5,6 E	5,4 E	5,1 E	5,1 E	3,4 E	62,4	5,2	3,1	6,6
2008	5,9 E	5,3 E	4,0 E	4,5 E	4,0 E	5,1 E	6,7 E	4,8 E	5,1 E	4,2 E	3,2 E	3,2 E	56	4,6	3,2	6,7
2009	2,7 E	5,0 E	6,6 E	5,5 E	4,5 E	5,9 E	6,0 E	6,5 E	9,5 E	6,1 E	6,5 E	4,5 E	69,3	5,7	2,7	9,5
2010	7,4 E	5,7 E	5,9 E	5,4 E	5,6 E	5,5 E	6,7 E	5,5 E	6,8 E	5,2 E	2,9 E	2,5 E	65,1	5,4	2,5	7,4
2011	4,4 E	3,6 N	4,2 E	3,2 E	3,6 E	5,6 E	4,4 E	6,2 E	6,2 E	4,3 E	4,2 E	2,9 E	52,8	4,4	2,9	6,2
2012	3,3 E	3,9 E	6,1 E	3,0 E	5,5 E	6,3 E	3,4 E	3,7 E	3,2 E	2,2 E	2,1 E	2,2 E	44,9	3,7	2,1	6,3
2013	2,7 E	2,1 E	2,2 E	2,9 E	2,2 E	3,1 E	3,0 E	2,7 E	3,3 E	3,4 E	2,7 E	3,2 E	33,5	2,7	2,1	3,4
2014	2,8 E	2,7 E	2,6 E	3,5 E	2,9 E	3,2 E	4,1 E	3,1 E	3,2 E	2,8 E	1,6 E	2,6 E	35,1	2,9	1,6	4,1
2015	3,1 E	3,2 SE	2,6 SE	3,5 SE	3,3 SE	4,1 E	3,4 E	3,0 E	3,8 E	2,8 E	2,3 E	3,9 E	39	3,2	2,3	4,1
2016	2,8 E	3,3 E	3,4 E	2,9 E	3,3 E	2,8 E	5,2 E	4,0 E	5,0 E	2,9 E	2,7 E	2,3 E	40,6	3,3		
2017	3,3 E	2,3 E	1,8 N	2,6 E	2,9 E	3,1 E	3,1 E	3,8 E	2,8 E	4,1 E	2,5 E	2,9 E	35,2	2,9		



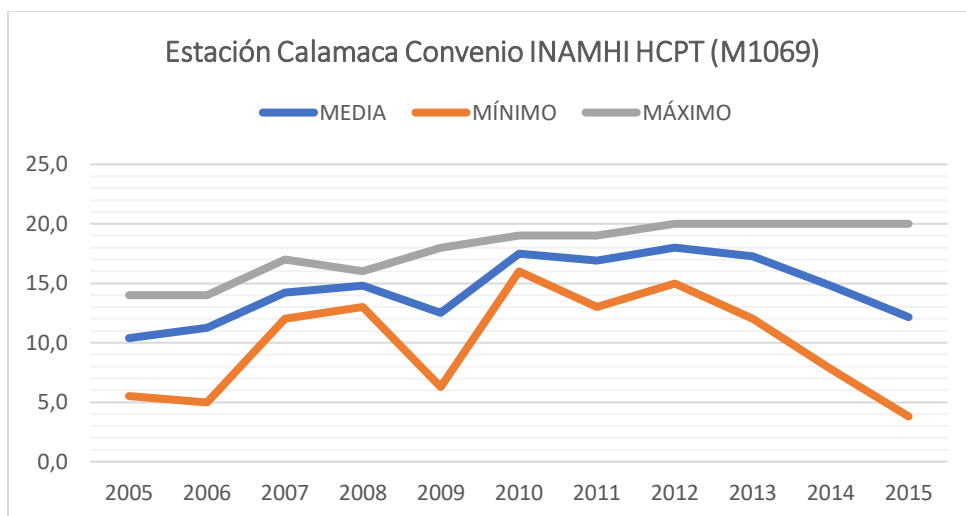
**Gráfico 29.** Datos Meteorológicos Estación Querochaca

### 2.5.1.6. Estación Calamaca Convenio INAMHI HCPT (M1069)

La Estación Calama Convenio INAMHI HCPT (M1069) se encuentra a una altura de 3402 msnm con coordenadas en Latitud: 1° 16' 33.73" S y Longitud: 78° 49' 7.85" W. Se caracteriza por tener vientos en todas las direcciones y con una velocidad media de 14,5 H(m/s), con vientos mínimos de 5 H (m/s) y máximos que llegan a 20H (m/s) (véase en la tabla 32 y gráfico 30).

**Tabla 32.** Estación Calamaca Convenio INAMHI HCPT (M1069)

AÑO S	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUM A	MEDI A	MÍNIM O	MÁXIM O
2005	12,0 N	8,2 N	5,5 N		9,1 N	9,0 N	14,0 S	12,0 S	13,0 S	12,0 S	9,5 S	10,0 N	114,3	10,4	5,5	14
2006	6,0 S	5,0 N	13,0 S	11,0 N	14,0 S	11,0 N	14,0 S	13,0 S	12,0 S	13,0 S		12,0 W	124	11,3	5	14
2007	15,0 S	15,0 S	13,0 S	13,0 N	14,0 N	17,0 S	14,0 N	13,0 N	12,0 W	16,0 S	15,0 S	14,0 N	171	14,2	12	17
2008	16,0 N	14,0 W	16,0 S	14,0 N		15,0 W	16,0 W	14,0 W	13,0 S	15,0 S	16,0 S	14,0 W	163	14,8	13	16
2009	13,0 S	8,4 N	13,0 N	8,5 N	13,0 S	6,3 S	13,0 S	15,0 N	11,0 W	14,0 W	17,0 W	18,0 W	150,2	12,5	6,3	18
2010	18,0 W	16,0 W	18,0 N	17,0 W	16,0 N	17,0 N	18,0 N	18,0 N	19,0 W	19,0 W	16,0 N	19,0 E	211	17,5	16	19
2011	19,0 N	16,0 N	17,0 E	14,0 N		19,0 N		19,0 W	16,0 N	17,0 N	19,0 E	13,0 N	169	16,9	13	19
2012	15,0 N	19,0 E	20,0 N	17,0 N	18,0 N	19,0 N	20,0 N	20,0 N	16,0 N	17,0 N	18,0 N	18,0 E	217	18,0	15	20
2013	18,0 N	18,0 N	20,0 N	19,0 N	15,0 N				19,0 E		17,0 W	12,0 W	138	17,3	12	20
2014	19,0 W	19,0 SW	15,0 W	15,0 W	10,0 S	18,0 W	20,0 W	17,0 W	13,0 W	7,8 E	15,0 W	9,7 W	178,5	14,8	7,8	20
2015	9,0 W	4,5 S	3,8 S	8,1 S	12,0 S	18,0 N	15,0 N	19,0 N	20,0 N				109,4	12,2	3,8	20



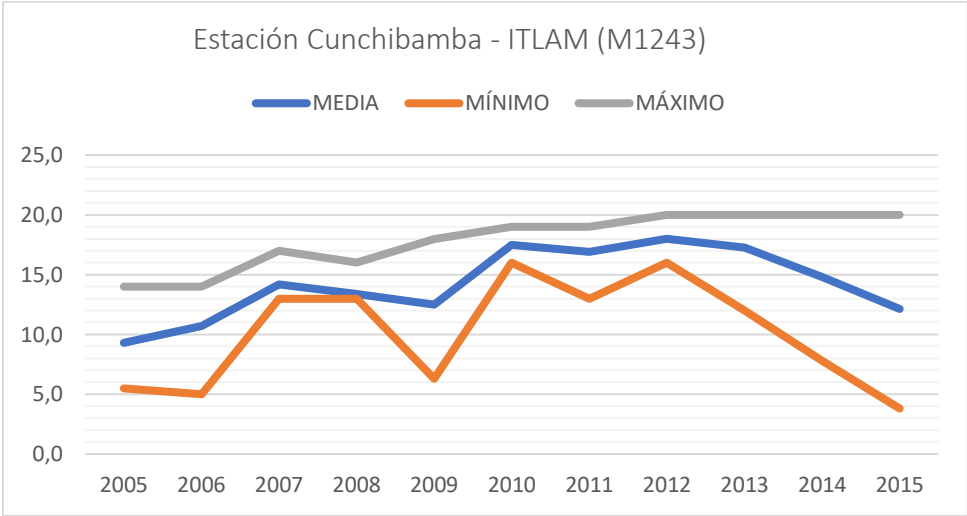
**Gráfico 30.** Datos Meteorológicos Estación Calamaca Convenio INAMHI HCPT

### 2.5.1.7. Estación Cunchibamba – ITLAM (M1243)

La Estación Cunchibamba (M1243) posee coordenadas en Latitud: 1° 08' 01" S y Longitud: 78° 35' 53" W, ubicada a 2688 msnm. Se caracteriza por vientos en dirección NW y con una velocidad promedio de 14,2H (m/s); representan valores máximos de 20 H (m/s) y valores mínimos de 3,8H (m/s) (véase en la tabla 33 y gráfico 31).

**Tabla 33.** Estación Cunchibamba – ITLAM (M1243)

AÑO S	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUM A	MEDI A	MÍNIM O	MÁXIM O
2005	12,0 N	8,2 N	5,5 N		9,1 N	9,0 N	14,0 S	12,0 S	13,0 S	12,0 S	9,5 S	10,0 N	102,3	9,3	5,5	14,0
2006	6,0 S	5,0 N	13,0 S	11,0 N	14,0 S	11,0 N	14,0 S	13,0 S	12,0 S	13,0 S		12,0 W	118	10,7	5,0	14,0
2007	15,0 S	15,0 S	13,0 S	13,0 N	14,0 N	17,0 S	14,0 N	13,0 N	12,0 W	16,0 S	15,0 S	14,0 N	171	14,2	13,0	17,0
2008	16,0 N	14,0 W	16,0 S	14,0 N		15,0 W	16,0 W	14,0 W	13,0 S	15,0 S	16,0 S	14,0 W	147	13,4	13,0	16,0
2009	13,0 S	8,4 N	13,0 N	8,5 N	13,0 S	6,3 S	13,0 S	15,0 N	11,0 W	14,0 W	17,0 W	18,0 W	150,2	12,5	6,3	18,0
2010	18,0 W	16,0 W	18,0 N	17,0 W	16,0 N	17,0 N	18,0 N	18,0 N	19,0 W	19,0 W	16,0 N	19,0 E	211	17,5	16,0	19,0
2011	19,0 N	16,0 N	17,0 E	14,0 N		19,0 N		19,0 W	16,0 N	17,0 N	19,0 E	13,0 N	169	16,9	13,0	19,0
2012	15,0 N	19,0 E	20,0 N	17,0 N	18,0 N	19,0 N	20,0 N	20,0 N	16,0 N	17,0 N	18,0 N	18,0 E	217	18,0	16,0	20,0
2013	18,0 N	18,0 N	20,0 N	19,0 N	15,0 N				19,0 E		17,0 W	12,0 W	138	17,3	12,0	20,0
2014	19,0 W	19,0 SW	15,0 W	15,0 W	10,0 S	18,0 W	20,0 W	17,0 W	13,0 W	7,8 E	15,0 W	9,7 W	178,5	14,8	7,8	20,0
2015	9,0 W	4,5 S	3,8 S	8,1 S	12,0 S	18,0 N	15,0 N	19,0 N	20,0 N				109,4	12,2	3,8	20,0



**Gráfico 31.** Datos Meteorológicos Estación Cunchibamba

## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA Y DISTRIBUCIÓN DE DATOS

El análisis de la estructura y distribución de datos consiste en la selección de contaminantes que formarán parte de la creación de la red de monitoreo en la zona urbana de Ambato. Sin embargo, es importante la selección de puntos críticos de afectación y puntos de emisión los cuáles serán georreferenciados según corresponda en el área de estudio, en referencia a la información que se obtuvo en el capítulo II. Continuando con la descripción de este capítulo se buscará el número de posibles estaciones de monitoreo que se deberá colocar, cada una de ellas tendrá características particulares dependiendo de su localización, impacto social e infraestructura; a partir de la evaluación de todos los criterios ya mencionados, se trabajará en la conformación de la red de monitoreo de calidad de aire del cantón.

#### 3.1. Selección de contaminantes

Para la selección de los contaminantes que serán medidos en la red de monitoreo del cantón Ambato se realiza un análisis previo de las redes de monitoreo existentes en el país como son la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y la Red de Monitoreo de la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV EP) de la ciudad de Cuenca; también se tomará en cuenta el estudio sobre la revisión y validación de la Red de Monitoreo de la Calidad de Aire de Bogotá.

##### 3.1.1. Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ).

Está constituida por nueve estaciones de monitoreo distribuidas en todo el DMQ como: Carapungo (Car), Cotocollao (Cot), Jipijapa (Jip), Belisario (Bel), El Camal (Cam), Centro (Cen), Guamaní (Gua), Tumbaco (Tum) y Los Chillos (Chi); las cuales tienen la capacidad de analizar de manera continua y automática los siguientes contaminantes:

- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub> y NOX)

- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) y menor (PM<sub>10</sub>).

De acuerdo a la Secretaría del Ambiente, (s.f.) a continuación, se muestra la conformación de las estaciones de monitoreo en el DMQ (véase en la tabla 34).

**Tabla 34.** Detalle de los analizadores de gases y partículas de la REMMAQ

CONTAMINANTE	NÚMERO EQUIPOS	UBICACIÓN	MÉTODO DE MEDIDA O PRINCIPIO DE OPERACIÓN	MARCA Y MODELO
Material particulado PM <sub>10</sub>	4	Tum, Gua, Car, Sap	Atenuación de rayos beta (Método equivalente para PM <sub>10</sub> EPA No. EQPM-1102-150)	Thermo Scientific/FH62C14
Material particulado PM <sub>2.5</sub>	6	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Sap	Atenuación de rayos beta (Método equivalente para PM <sub>10</sub> EPA No. EQPM-1102-150)	Thermo Andersen / FH62C14
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	7	Bel, Cam, Cen, Tum, Cot, Car, Chi	Fluorescencia por pulsos de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQSA-0486-060)	THERMO 43C / 43i
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Fluorescencia ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQSA-0495-0100)	TELEDYNE API / T100
Ozono (O <sub>3</sub> )	10	Bel, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Jip*, Lab. Electrónico	Absorción de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQOA-0880-047)	THERMO 49C / 49i
Ozono (O <sub>3</sub> )	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Absorción de luz ultravioleta (Método equivalente EPA No. EQOA-0992-087)	TELEDYNE API / T400
Óxidos de nitrógeno(NO <sub>X</sub> )	8	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Gua, Jip, Chi	Quimiluminiscencia Método de referencia EPA No. RFNA-1289-074)	THERMO 42C / 42i
Óxidos de nitrógeno(NO <sub>X</sub> )	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Quimiluminiscencia (Método de referencia EPA No. RFNA-1194-099)	TELEDYNE API / T200

Monóxido de carbono(CO)	8	Bel, Cam, Cen, Cot, Car, Gua, Jip, Lab. Electrónico	Absorción infrarroja no dispersiva (Método de referencia EPA No. RFCA-0981-054)	THERMO / 48C / 48i
Monóxido de carbono(CO)	2	Laboratorio Estándares, E. móvil	Absorción infrarroja no dispersiva (Método de referencia EPA No. RFCA-1093-093)	TELEDYNE API/ T300
Multicalibrador (SO2, NOX, CO, O3)	12	Bel, Cam, Cen, Tum, Chi, Cot, Car, Gua, Jip, Lab. Electrónico, E. móvil	Principio de operación: Dilución de gases, aire cero con un material de referencia certificado (contaminante de concentración conocida).	THERMO/ 146C / 146i
Multicalibrador (SO2, NOX, CO, O3)	1	Laboratorio Estándares	Principio de operación: Dilución de gases, aire cero con un material de referencia certificado (contaminante de concentración conocida).	TELEDYNE API/ 700E
Generador Aire Cero	12	<sup>1</sup> Bel, <sup>2</sup> Jip, <sup>3</sup> Cam, <sup>4</sup> Cen, <sup>5</sup> Tum, <sup>6</sup> Chi, <sup>7</sup> Cot, <sup>8</sup> Car, <sup>9</sup> Gua, Lab. electrónico, E. móvil	Principio de operación: Filtración de aire comprimido por medio de carbón activado y purafill, y calentamiento para oxidación.	THERMO / 111
Generador Aire Cero	1	Lab. Estándares Jipijapa	Principio de operación: Filtración de aire comprimido por medio de carbón activado y purafill, y calentamiento para oxidación.	ECOTECH / HTO-1000HC
Estación portátil para monitoreo de CO, SO2, NO2, O3, PM2.5, humedad relativa y temperatura del aire	1	Lab. Electrónico	Principio de operación: Gas Sensitive Semiconductor (GSS) Gas Sensitive Electrochemical (GSE)	AQM60
Sistema Blade, con 5 servidores físicos	1	Centro de Datos	Virtualizado para instalar los servidores de: comunicaciones, bases de datos, web explotación, índice quiteño calidad del aire, proxy, respaldos, correo, envío de alarmas, web.	>HP C-3000

Sistema Almacenamiento, con capacidad de 9.6 TB.	1	Centro de Datos	Almacenamiento de información de Analizadores de Gases, Meteorología, bases de datos y sistemas que utiliza la REMMAQ y la Secretaría de Ambiente.	HP P2000
Librería Cintas para 24 cintas de (1.5 TB) con tecnología LTO-4 y LTO-5	1	Centro de Datos	Respaldos de información y sistemas	HP M5L2024

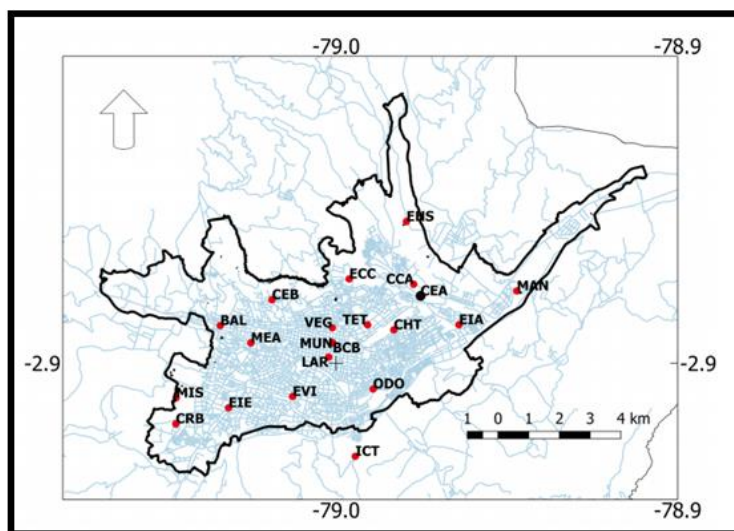
Fuente: (Secretaría del Ambiente, s.f.)

### **3.1.2. Red de Monitoreo de la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV EP) Cuenca.**

La Red de Monitoreo de la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte (EMOV EP) de la ciudad de Cuenca cuenta con una estación de monitoreo automática operable desde el 2008, como primer punto a monitorearse fue el Centro Histórico y permitió el registro real de los niveles de contaminación atmosférica y los valores de los principales parámetros meteorológicos. La información generada al momento es fiable ya que posee métodos y procedimientos reconocidos internacionalmente como es la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EMOV, 2017).

#### **Descripción de la Red de Monitoreo**

En la actualidad la red de monitoreo cuenta con 20 puntos de vigilancia localizados en distintos sitios de la ciudad y monitorea contaminantes como: Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Material Particulado (PM<sub>10</sub>) y (PM<sub>2.5</sub>), Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), Monóxido de carbono (CO), Compuestos orgánicos volátiles (COV), Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>), como se muestra a continuación (véase gráfico 32):



**Gráfico 32.** Localización de las estaciones de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca 2017

Fuente: (EMOV, 2017)

Según la (EMOV, 2017):

- La Red de Monitoreo incluye una estación automática localizada en la estación MUN, en la que se registran datos de las concentraciones en tiempo real de: CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y PM 2,5; además parámetros meteorológicos: precipitación, radiación solar global, velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa (EMOV, 2017).
- Existe un sensor automático de PM<sub>2.5</sub> ubicado en el colegio Carlos Arízaga, permite medir concentraciones ya que es la zona de influencia del Parque Industrial de Cuenca (EMOV, 2017).
- Posee una subred de muestro de contaminantes gaseosos que mide concentraciones de NO<sub>2</sub> en muestras expuestas de 10 a 12 días consecutivos, dos veces por mes; de Ozono (O<sub>3</sub>) en muestras expuestas de 10 a 12 días consecutivos, dos veces por mes y por último dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos, en muestras expuestas durante 30

días consecutivos, una vez por mes. Cabe recalcar que en laboratorio se realiza la desorción del contaminante y se procede a su cuantificación.

- Posee una subred de partículas sedimentarias, la cual tiene 17 puntos de medición, a través del análisis gravimétrico se determina la concentración del material particulado, las muestras son recogidas una vez por mes, luego de 30 días consecutivos de exposición según Norma de Calidad del Aire Ambiente (NCAA).
- La tercera subred activa de PM<sub>10</sub> está conformada por 3 equipos semiautomáticos de alto volumen para tener una duración de 24 horas consecutivas, con un intervalo de 6 días.

A continuación, se muestra los métodos de medición y sensores de la Estación Automática de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Cuenca (véase en la tabla 35).

**Tabla 35.** Métodos de medición y sensores de la Estación Automática de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Cuenca.

<b>Contaminante</b>	<b>Puntos de vigilancia</b>	<b>Método</b>	<b>Marca / modelo</b>
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	19	Difusión pasiva; extracción y análisis por cromatografía iónica	Metrohm 861 Advanced Compact IC.
Ozono (O <sub>3</sub> )	17	Difusión pasiva; espectrofotometría UV visible (reacción de color MBTH. longitud de onda 442nm)	Thermo Scientific GENESIS 20
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	19	Difusión pasiva; espectrofotometría UV visible (longitud de onda 540nm)	Thermo Scientific GENESIS 20

Partículas sedimentables (PS)	17	Muestreo por el método Bergerhoff y análisis gravimétrico	Horno Memmert Balanza Analítica Adventurer Pro OHAUS
Material Particulado (PM <sub>10</sub> )	3	Gravimétrico empleando muestreador de alto volumen (Referencia EPA 40CFR50. Apéndice J).	THERMO. HY-VOL MP10. Balanza Sartorius /LA 130S-F.
Benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (BTEX)	19	Difusión pasiva. extracción con solventes y análisis por cromatografía de gases	Shimatzu /GC 17 <sup>a</sup>

Fuente: (EMOV, 2017)

### 3.1.3. Red de Monitoreo de la Calidad de Aire de Bogotá (RMCA).

Para el establecimiento de un programa de monitoreo y evaluación de calidad de aire es necesario contar con 3 elementos fundamentales: un monitoreo, un modelamiento y un inventario de emisiones. El monitoreo es un estudio científico, que aporta para el desarrollo y políticas para mejorar la calidad del aire; sin embargo, cabe recalcar que cualquier red de monitoreo a pesar de ser bien diseñada y operada solamente da una imagen parcial, pero útil, del comportamiento de las variables de contaminación del aire, en el espacio y tiempo, para una ciudad o región.

De acuerdo a lo establecido por la RMCA (DAMA, 2001), los objetivos que se proponen son los siguientes:

- *“Suministro de datos actuales sobre la contaminación atmosférica para la comparación con las normas vigentes.*

- *Medir tendencias en los niveles de contaminación como respuesta a medidas tomadas y explorar los niveles en zonas potencialmente contaminadas.*
- *Elaborar una base de datos para evaluar resultados de modelación.*
- *Suministrar datos para estudios dosis-respuesta (efectos en la salud).*
- *Servir de aporte en la motivación/argumentación para tomar medidas correctivas.*
- *Servir de aporte en la planificación urbana.*
- *Servir para comparar la calidad del aire en diferentes centros urbanos y como parte integrante de una red nacional de Monitoreo”.*

- **Escala de monitoreo**

En relación al área que se debe monitorear se presenta la siguiente información:

- **Micro:** áreas de dimensiones que van desde 2 metros hasta 100 metros.
- **Media:** concentraciones de algunas manzanas de la ciudad, con un área de dimensiones entre 100 metros 0.5 km.
- **Vecindario:** área con suelos relativamente similares, con dimensiones entre 0.5 y 4 km.
- **Urbana:** área con dimensiones desde 4 a 50 km, se requiere más de un punto para su definición.
- **Regional:** área geográfica con condiciones homogéneas, con dimensiones entre decenas y centenas de kilómetros.
- **Nacional/Global:** Se caracteriza a un país o a una nación como un todo.

- **Relación entre las escalas de monitoreo y objetivos**

Para escoger la ubicación se debe relacionar la escala de medición anteriormente expuesta con los objetivos propuestos por la red. De esta manera, para la construcción de RMCA se determina la relación de la siguiente manera (véase en la tabla 36):

**Tabla 36:** Relación entre las escalas de monitoreo y objetivos

<b>OBJETIVO</b>	<b>ESCALA</b>
Concentración más alta	Micro, media, vecindario y algunas veces urbana
Impacto en la población	Vecindario y urbana
Impacto de fuentes	Micro, media y vecindario
Concentraciones de Background	Vecindario y regional
Transporte de contaminantes	Urbana, regional
Impacto sobre zonas remotas	Urbana, regional

Fuente: DAMA (2001)

- **Relación de las escalas y los contaminantes**

Según la EPA (2016), determina las escalas que son aplicables para cada contaminante, como se puede observar en la Tabla 37:

**Tabla 37:** Relación de las escalas y los contaminantes

<b>ESCALA</b>	<b>ANALIZADORES</b>					<b>DOAS</b>
	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	
Micro		X			X	
Media	X	X	X	X	X	X
Vecindario	X	X	X	X	X	X
Urbana	X		X	X	X	X
Regional	X		X	X	X	X

Fuente: DAMA (2001)

- **Diseño de la red de monitoreo**

En referencia a EPA E. P. (1998), la selección de los sitios representativos donde se ubicaran las posibles estaciones de monitoreo se debe realizar de manera cuidadosa con base a los objetivos de monitoreo y modelos de emisión y dispersión de los contaminantes característicos en la zona de estudio. Por lo que se requiere menos sitios de monitoreo, pero donde se pueda recolectar datos que sean útiles y que permitan realizar modelamientos para estudios posteriores.

En la tabla 37 se muestran, los requerimientos mínimos según EPA E. P. (1998) y los contaminantes a ser monitoreados en la RMCA destinado para áreas urbanas con varios tipos de concentración y con relación a la densidad poblacional (véase en la tabla 38).

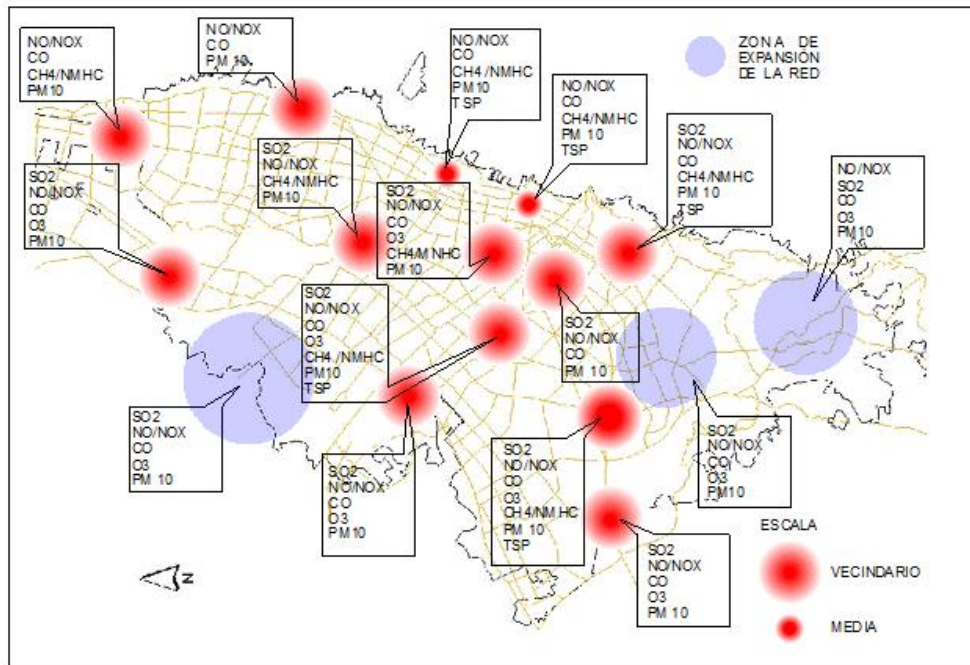
**Tabla 38.** Requerimientos mínimos de una RMCA

CONTAMINANTE	POBLACIÓN N° HABITANTES	NUMERO APROXIMADO DE ESTACIONES		
		CONCENTRACION		
		ALTA	MEDIA	BAJA
PM <sub>10</sub> y SO <sub>2</sub>	> 200.000	6-10	4-8	2-4
	500,000- 1,000,000	4-8	2-4	1-2
	650,000-500,000	3-4	1-2	0-1
	100,000-650,000	1-2	0-1	0
CO	> 500.000	≥ 2		
NO <sub>2</sub>	> 500.000	≥ 2		

O <sub>3</sub>	> 1.000.000	≥ 2
----------------	-------------	-----

Fuente: (RMCA, 2001).

A continuación, se muestra la RMCA constituida por sus estaciones y los tipos de contaminantes que se monitorean; el estudio brinda la posibilidad de reubicación de algunas estaciones las cuáles se puede observar en color azul y son: Engativá, Usme, y San Cristóbal (véase gráfico 33).



**Gráfico 33.** Reubicación de estaciones de la RMCA

Fuente: (RMCA, 2001)

### 3.1.4. Contaminantes seleccionados para la Red de Monitoreo de Ambato

#### ○ Contaminantes criterio:

Según Forero (s.f.) se define como contaminantes criterios a: *“Contaminante común en una zona de acuerdo a su contexto; porque fueron objeto de evaluaciones publicadas en*

*documentos de calidad del aire con el objetivo de establecer niveles permisibles que protejan la salud, el medio ambiente y el bienestar de la población”.*

La Agencia de Protección Ambiental (EPA),(2015) por sus siglas en inglés, establece a seis contaminantes denominados criterio de los cuales se elabora un inventario que presenta los niveles y las tendencias de las emisiones y todas las categorías de fuentes tanto fijas como móviles. Los contaminantes que van a ser analizados en este estudio específicamente para la zona urbana del cantón Ambato son 5 tipos de contaminantes:

- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>)
- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

A continuación, se describe cada uno de los contaminantes a ser estudiados. En virtud, a este tema se analizará su origen y consecuencias para la población y el medio ambiente.

- **Ozono (O<sub>3</sub>):** Es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno, se produce tanto en la atmósfera superior de la Tierra como a nivel del suelo. Existen dos tipos de ozono, el estratosférico es bueno y se produce de forma natural en la atmósfera superior, la cual forma la capa protectora de los rayos ultravioleta del sol; como bien se sabe esta capa ha sido destruida por químicos originados de manera antrópica. El ozono a nivel del suelo es un contaminante dañino del aire, se produce por efecto de las actividades realizadas por el hombre, principalmente por el smog de los automotores, centrales eléctricas, calderas industriales, refinerías, plantas químicas y otras fuentes que reaccionan químicamente en presencia de la luz solar.

- **Efectos para la salud**

Las personas que tienen mayor exposición al ozono son quienes trabajan al aire libre, presentan ciertos caracteres genéticos y quienes tienen un déficit de consumo de vitaminas C y E. Pueden desencadenar síntomas tales como: dolor en el pecho, tos, irritación de la garganta e inflamación de las vías respiratorias.

- **Efectos para el ambiente**

El ozono afecta directamente a los ecosistemas sensibles y áreas protegidas como: parques nacionales, refugios de vida silvestre, etc., daña directamente a la vegetación durante la temporada de crecimiento.

- **Material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>):** Es la combinación de partículas sólidas y gotitas de líquido que se encuentran en el aire, algunas son suficientemente grandes que se pueden apreciar a simple vista como el polvo, suciedad, hollín o humo; mientras tanto hay otras que solo se pueden detectar con microscopio, por tal motivo se clasifican en PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>:
  - PM<sub>10</sub>: son partículas inhalables, con diámetros de 10 micrómetros.
  - PM<sub>2.5</sub>: son partículas finas inhalables, con diámetros de 2,5 micrómetros y más pequeños.

Las fuentes de origen son principalmente de actividades antrópicas como sitios de construcción, caminos sin pavimentar, campos, chimeneas o incendios. Cabe recalcar que la formación de la mayoría de las partículas es el resultado de las reacciones complejas de productos químicos como dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.

- **Monóxido de carbono (CO):** Se caracteriza por ser un gas incoloro e inodoro, puede llegar a ser dañino si se inhala en grandes cantidades. La mayoría de las fuentes de CO son los automóviles, camiones, otros vehículos y todo tipo de maquinaria que queman combustibles fósiles.

Cuando el ser humano respira altas concentraciones de CO disminuye el aporte de oxígeno a órganos como el cerebro y el corazón; causando síntomas como: mareo, confusión, pérdida del conocimiento y muerte, personas con enfermedades del corazón están expuestas a mayor vulnerabilidad.

Para disminuir los niveles de CO en el aire libre, la EPA en el año 2015 establece estándares para controlar la contaminación y sirve como base para las diferentes agencias estatales y locales que permita garantizar niveles seguros de CO.

- **Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>):** Es un grupo de gases perjudiciales para el ser humano y el ambiente, se origina principalmente por la quema de combustible. El NO<sub>2</sub> se forma a partir de las emisiones de automóviles, camiones, autobuses y plantas de energía.

El 6 de abril del 2018 la EPA toma la decisión de mantener los estándares nacionales primarios de calidad de aire (NAAQS) para dióxido de nitrógeno, es decir, “*de 1 hora a un nivel de 100ppb basado en el promedio de 3 años del percentil 98 de la distribución anual de las concentraciones máximas diarias de 1 hora, y un estándar anual de 53ppb*”.

- **Efectos para la salud**

Respirar altas concentraciones de NO<sub>2</sub> puede causar irritaciones en la vía respiratoria, empeorando enfermedades respiratorias, tales como asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y como consecuencia de ello, causar síntomas como tos, sibilancias o producir dificultad respiratoria (EPA, 2015).

- **Efectos ambientales**

El NO<sub>2</sub> y otros NO<sub>x</sub> interactúan con el agua, oxígeno y otros químicos en la atmósfera para formar lluvia ácida, ocasionando cambios severos en los ecosistemas, especialmente los vulnerables como lagos y bosques.

- **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>):** Es el componente de mayor preocupación y se utiliza como indicador para el grupo más grande de óxidos de azufres gaseosos (SO<sub>x</sub>). Las mayores fuentes de emisiones de SO<sub>2</sub> provienen de la combustión de combustibles fósiles en las centrales eléctricas, otras instalaciones industriales y procesos industriales como la extracción de metal de mineral y también por fuentes naturales como volcanes.

- **Efectos en la salud**

Afecta directamente a grupos vulnerables como niños, ancianos y personas con comorbilidades evidenciándose a corto plazo daños en el sistema respiratorio.

- **Efectos en el ambiente**

En altas concentraciones de SO<sub>2</sub> puede dañar los árboles y plantas como consecuencia de ello disminuye el crecimiento y el follaje; contribuye a la lluvia ácida y afecta a los ecosistemas sensibles.

## **Definición de contaminantes específicos**

Se denomina contaminantes específicos a “*contaminantes que presenten valores más altos*” (CICA, 2012). Se presenta a continuación los tipos de contaminantes analizados en el capítulo II que forman parte de la única estación de monitoreo existente en la zona urbana de Ambato en los años 2016 y 2017:

- **Monóxido de carbono (CO):**

Se registra el valor más alto, es decir, de 762, 238 ug/m<sup>3</sup> para el año 2016, específicamente en el mes de octubre; no se registran datos para el mes de enero, y los meses de febrero, marzo, abril y mayo presentan una constante para el contaminante CO.

Por lo contrario, en el año 2017 se registra variaciones de concentración en los meses de abril y julio, con valores de 286,935 hasta 375,408 ug/m<sup>3</sup>, reportándose como el valor más alto.

- **Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>):**

Los valores de NO<sub>2</sub> poseen una variación desde 7,646 ug/m<sup>3</sup> hasta 18,503 ug/m<sup>3</sup>, registrándose como el valor más alto para el mes de febrero y el menor para el mes de noviembre para el año 2016. El mes que presenta mayor concentración para NO<sub>2</sub> es abril con 18,419 ug/m<sup>3</sup>, pero se presentan variaciones con registro de alta concentración para el mes de diciembre del año 2017.

- **Ozono (O<sub>3</sub>):**

En la estación sur se registran concentraciones de ozono (O<sub>3</sub>) de máximo 43,092 ug/m<sup>3</sup> en el mes de septiembre para el año 2016 y 2017, será de vital importancia analizar datos de próximos años para analizar el compartimiento repetitivo de este contaminante en dicho sector y toda la zona urbana.

- **Material particulado (PM<sub>2.5</sub>):**

Para el año 2016 se reportan mayor concentración en el mes de diciembre con un valor de 18,974 ug/m<sup>3</sup> y para el año 2017 un valor de 10,802 ug/m<sup>3</sup> en los meses de mayo hasta diciembre. Cabe mencionar que para este año no se registran datos para el mes de agosto.

En primera instancia se pudo recopilar datos sobre la selección de contaminantes en diferentes redes de monitoreo existentes tanto nacional como es la REMMAQ en Quito, la EMOV EP en Cuenca y a nivel internacional la RMCA en Bogotá; los tres tipos de estudio se han realizado en diferentes años y con diferentes metodológicas. Por consiguiente, permitirá a este estudio escoger la manera más adecuada y de acuerdo a la legislación vigente determinar qué tipos de contaminantes serán monitoreados en la red para la zona urbana de Ambato. Bajo criterios de la EPA, NCAA y en la actualidad el TULSMA que expide en el Acuerdo Ministerial 097 A el Libro VI anexo 4 sobre la Norma de Calidad de Aire Ambiente en su literal 4.1.1.1 se menciona los contaminantes comunes en el ambiente, los mismos que tendrán sus respectivos programas de monitoreo para controlar sus niveles de contaminación (véase en la tabla 39), y los contaminantes previamente monitoreados en la única estación de monitoreo de calidad de aire en el cantón Ambato se presenta los contaminantes a ser estudiados (LEXIS, 2015).

**Tabla 39.** Contaminantes seleccionados para la red de monitoreo pasivo para la zona urbana del cantón Ambato.

TIPO DE CONTAMINANTE	DESCRIPCIÓN
Partículas sedimentables	La concentración máxima de una muestra debe ser de un miligramo por centímetro cuadrado colectada durante 30 días ( $1\text{mg}/\text{cm}^2 \times 30\text{d}$ ).
Material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones ( $\text{PM}_{10}$ ).	En 24 horas la concentración máxima no deberá exceder $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , este valor no se podrá exceder más de 2 veces en el año; en cuanto al promedio aritmético de $\text{PM}_{10}$ en un año no debe exceder los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

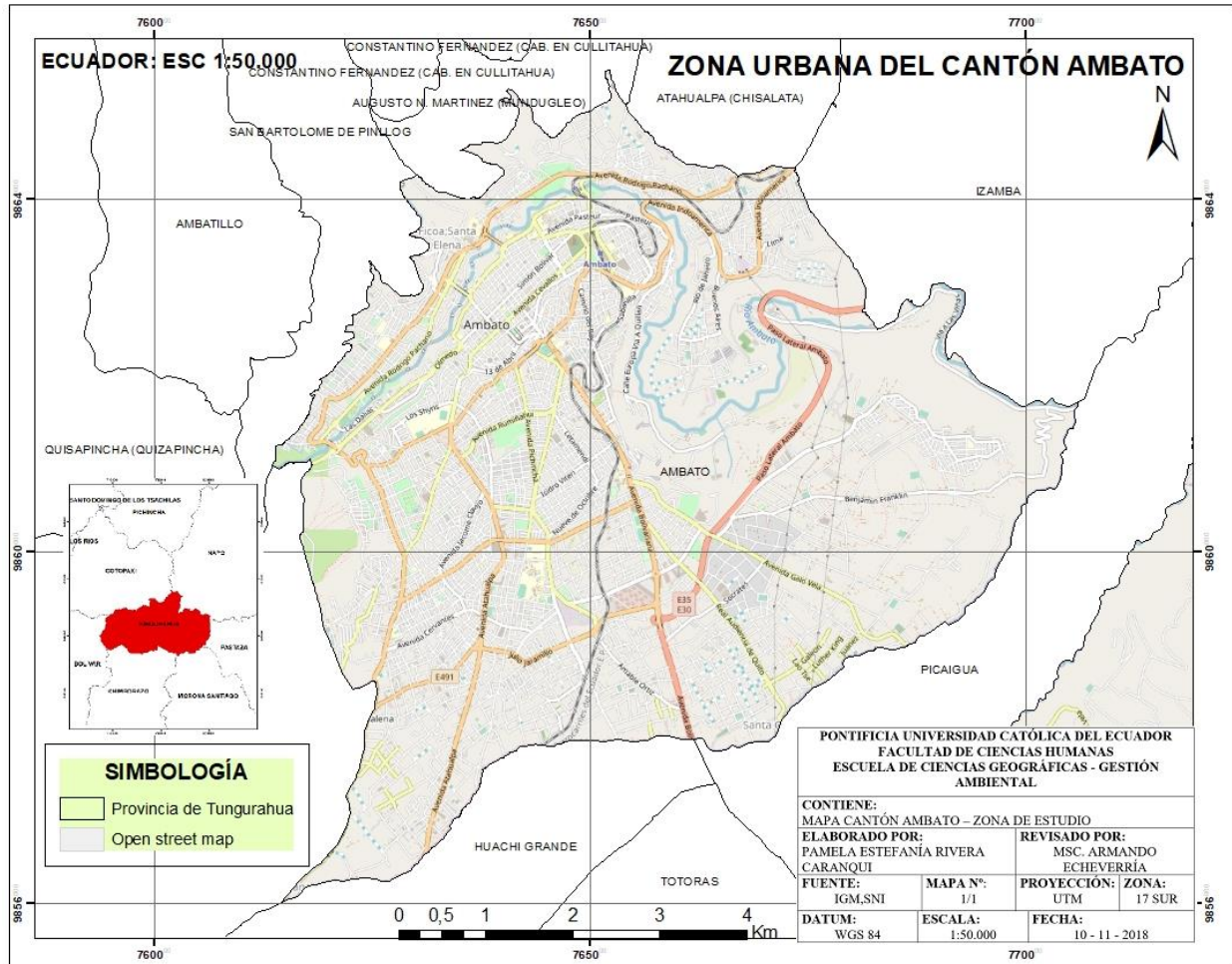
Material particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 micrones (PM <sub>2.5</sub> ).	De acuerdo a lo establecido en el TULSMA la concentración máxima en 24 horas no deberá exceder 65 µg/m <sup>3</sup> , este valor no se podrá exceder más de 2 veces en el año; en cuanto al promedio aritmético de PM <sub>2.5</sub> en un año no debe exceder los 15 µg/m <sup>3</sup> .
Óxidos de Nitrógeno (NO y NO <sub>2</sub> ).	De acuerdo a lo establecido en el TULSMA la concentración máxima en 24 horas no deberá exceder 150 µg/m <sup>3</sup> , este valor no se podrá exceder más de 2 veces en el año; en cuanto al promedio aritmético de óxidos de nitrógeno (NO y NO <sub>2</sub> ) en un año no debe exceder los 100 µg/m <sup>3</sup> .
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ).	El dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) en 24 horas la concentración máxima no deberá exceder 350 µg/m <sup>3</sup> , este valor no se podrá exceder más de 2 veces en el año; en cuanto al promedio aritmético en un año no debe exceder los 80 µg/m <sup>3</sup> .

<p>Monóxido de Carbono (CO).</p>	<p>El monóxido de carbono (CO) se determina en periodos de 8 horas de forma continua y no debe exceder 10 000 microgramos por metro cúbico (10 000 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) más de una vez al año. Por otra parte, la concentración máxima en una hora no deberá exceder 40 000 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> más de una vez en un año.</p>
<p>Oxidantes fotoquímicos, Ozono (O<sub>3</sub>)</p>	<p>Los oxidantes fotoquímicos, ozono (O<sub>3</sub>) se determina en periodos de 8 horas de forma continua y no debe exceder 120 microgramos por metro cúbico (120 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) más de una vez al año. Por otra parte, la concentración máxima en una hora no deberá exceder 160 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> más de una vez en un año.</p>

Fuente:(LEXIS, 2015)

### 3.2. Área de estudio

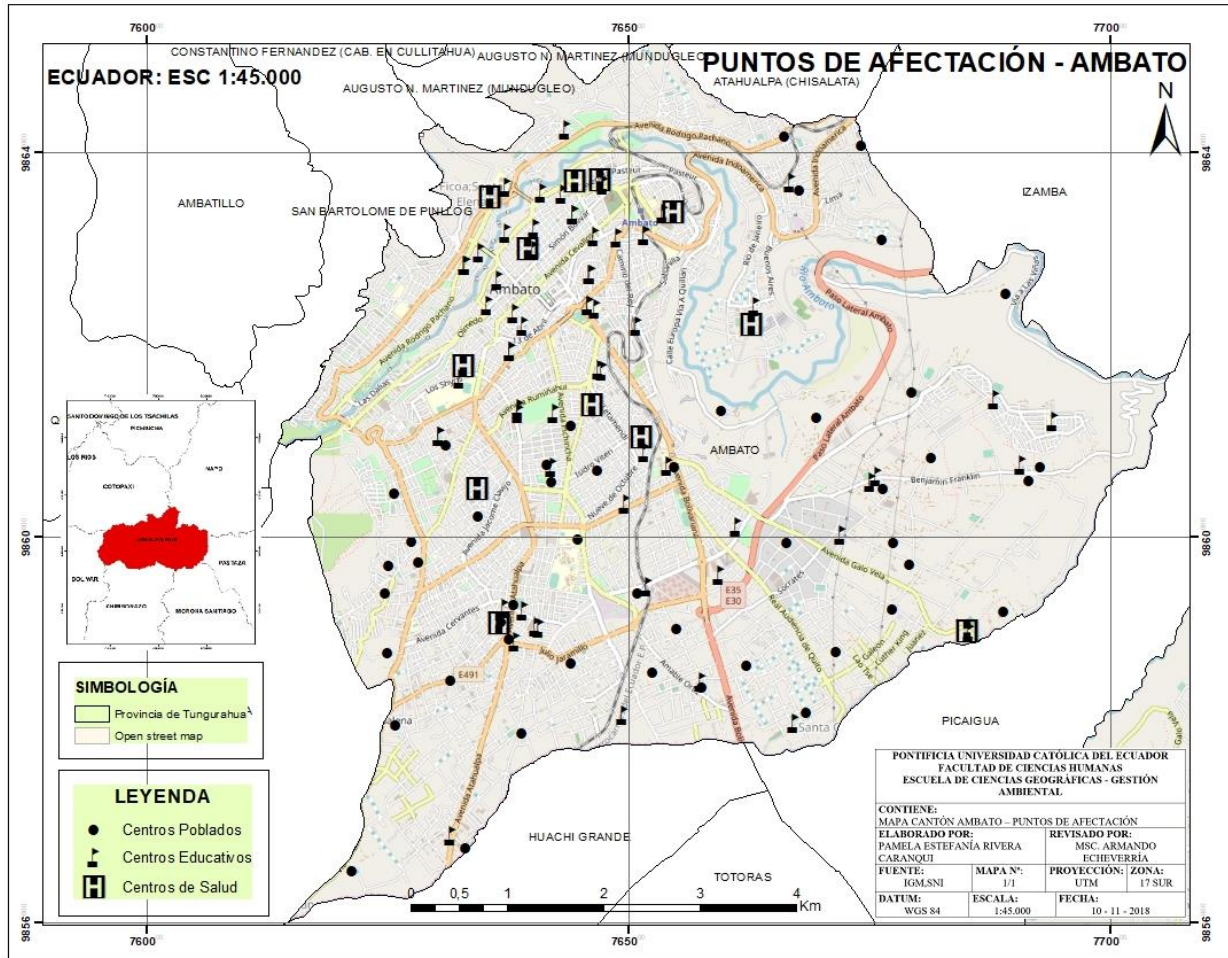
Como se ha mencionado en capítulos anteriores el área de estudio a ser analizado es la zona urbana del cantón Ambato; a pesar de ser una de las ciudades con aire menos contaminado en el Ecuador es indispensable establecer una red de monitoreo que permita medir los niveles de concentración de los diferentes contaminantes que se propone estudiar para poder reducir los niveles de contaminación, de esta manera brindar a la población ambateña un aire libre de contaminación y de una forma indirecta apoyar en la construcción y desarrollo de Ambato (véase gráfico 34).



**Gráfico 34.** Área de Estudio: Zona Urbana del Cantón Ambato

### 3.3. Selección de puntos críticos de afectación

Se define como puntos críticos de afectación según Riascos (2015) *“Lugares puntales del espacio público, donde se ve afectado la emisión de contaminantes; causando problemáticas ambientales en la zona de estudio”*. Se determina los principales puntos de afectación en la zona urbana del cantón Ambato, los cuáles son: centros educativos y centros de salud y se pueden visualizar en el Gráfico 35.



**Gráfico 35.** Mapa de Puntos de Afectación en la zona urbana del cantón Ambato

### 3.4. Selección de puntos de emisión

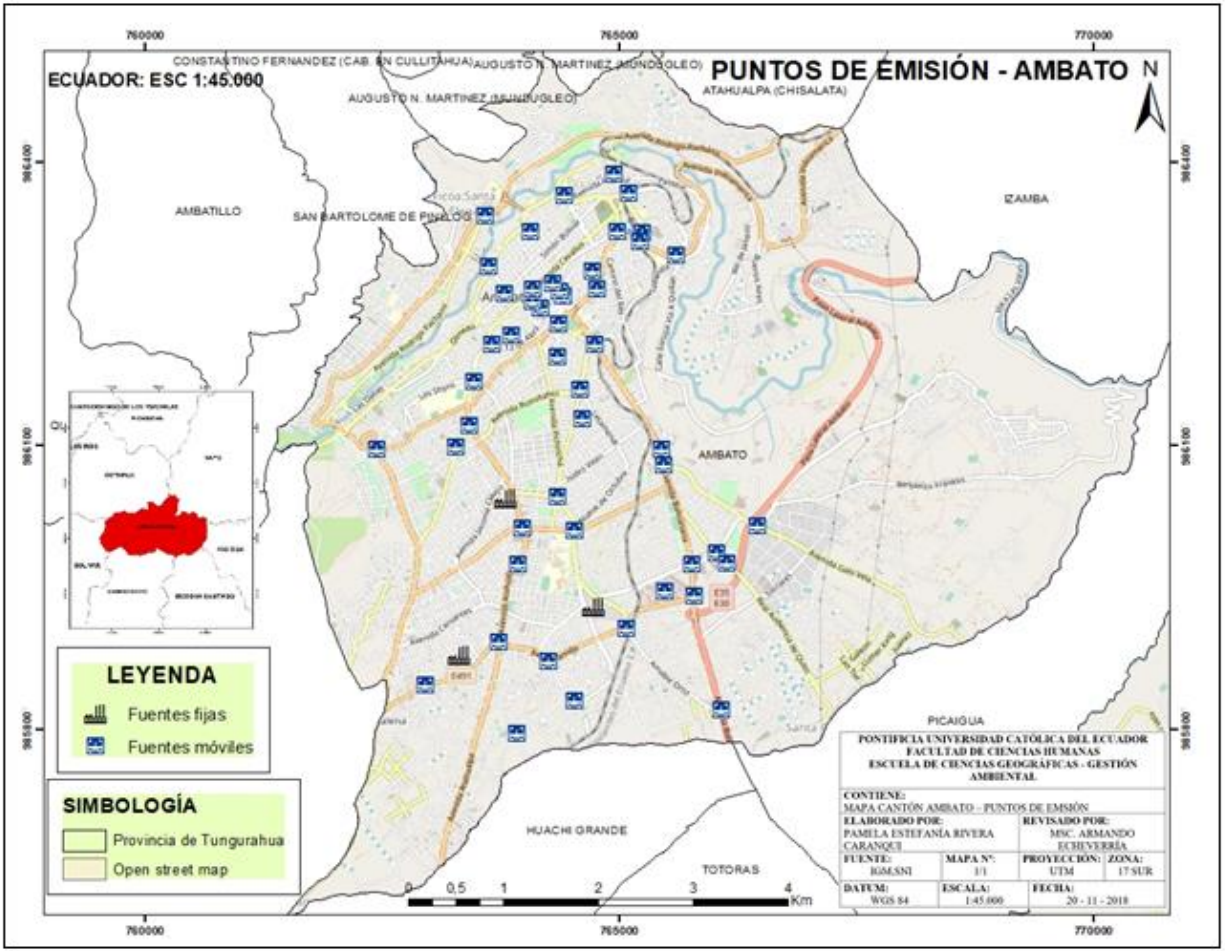
La Norma de Calidad de Aire Ambiente define a puntos de emisión como la “*descarga de sustancias en la atmósfera provenientes de actividades humanas*” (LEXIS, 2015). Por tal motivo, este capítulo clasificará a las fuentes de emisión de la siguiente manera:

- **Fuentes fijas:** Es la instalación o conjunto de instalaciones que tiene como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicios que emite

contaminantes al aire, debido a procesos de combustión. Se denomina de fuentes fijas ya que viene desde un lugar fijo o inamovible, pero se puede considerar fuentes fijas a sectores industriales como: químico, petróleo, pinturas y tintas, automotriz, celulosa y papel, acero y hierro; generación de energía eléctrica, asbestos, cemento y cal; así como el tratamiento de aguas residuales (SEMARNAT, 2015).

- **Fuentes móviles:** Está constituido por automóviles, camiones y autobuses. En la zona urbana los principales generadores de emisiones de gases son los vehículos debido al uso del combustible y una variedad de procesos evaporativos (SEMARNAT, 2015).

Para la selección de los puntos de emisión en el área urbana del cantón de Ambato se trabaja en ArcMap 10.3 con capas de catastro urbano y se hace un análisis exhaustivo de la ubicación del sector industrial y principales fuentes de emisión como terminal terrestre, intersecciones viales donde existe alta densidad vehicular, rutas de buses en la zona urbana y paradas de buses (véase gráfico 36).



**Gráfico 36.** Mapa de Puntos de Emisión en la zona urbana del cantón Ambato

### 3.5. Selección de número de posibles estaciones de monitoreo

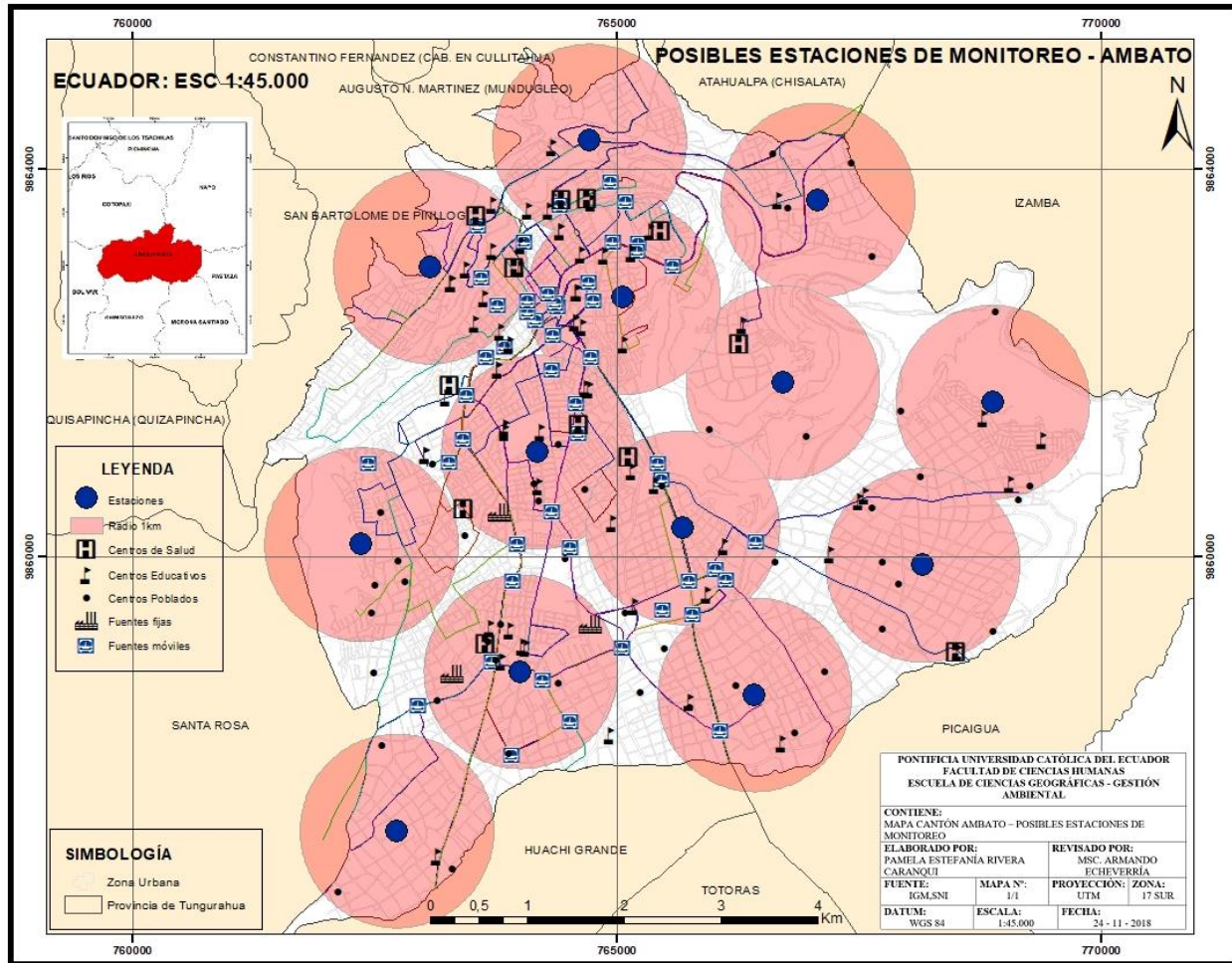
Según la (EPA E. P., 1998) los lugares de monitoreo se deben seleccionar de acuerdo a las zonas donde se detecte mayor concentración de contaminantes como: zonas industriales, zonas de mayor densidad poblacional o de crecimiento urbano y fuentes móviles en especial donde se concentre alta densidad vehicular, lugares donde se debe contralar los niveles de contaminación ya que se encuentran grupos vulnerables de la población como son los niños y ancianos.

Para el caso de la ciudad de Ambato, la metodología utilizada es la selección de puntos de emisión, en los que se clasifica en fuentes fijas y móviles; al igual que puntos de afectación se dividieron en centros educativos y centros de salud como se puede observar en el gráfico 35.

Las herramientas conceptuales que pueden proporcionar elementos básicos para un análisis geográfico se pueden clasificar en función de varios criterios, para la selección de posibles números de estaciones de monitoreo se emplearon los siguientes:

- **Criterio por densidad:** número de puntos de emisión y afectación.
- **Criterio por importancia:** puntos de interés en la zona urbana
- **Criterio por estructura y ubicación:** garantizar los puntos internos y externos.

Con base a esto, se seleccionaron 13 posibles estaciones de monitoreo en la zona urbana del cantón Ambato, entre cada una de ellas existe una distancia de 1000 a 3000 metros y cubren un radio de 1km donde se encuentran puntos de emisión y afectación como se representa en el gráfico 37.



**Gráfico 37.** Mapa de posibles estaciones de monitoreo

### 3.6. Criterios de localización

Según, Guzmán (s.f) para determinar los criterios de localización se deben tomar en cuenta diferentes variables tanto cualitativas y cuantitativas, en virtud de eso las 13 posibles estaciones de monitoreo serán analizadas bajo los criterios mencionados a continuación y se definirán en el ítem de conformación de la red de monitoreo.

- Seguridad
- Impacto social
- Infraestructura

### **3.6.1. Seguridad**

Es importante ubicar las estaciones de monitoreo en zonas de fácil acceso, donde se pueda realizar revisión y mantenimiento. El lugar debe garantizar integridad física para los equipos de monitoreo, la instalación de los equipos debe tener las medidas adecuadas para un funcionamiento correcto y de esta manera generar datos exactos para posterior análisis.

### **3.6.2. Impacto social**

En referencia al impacto social Guzmán (s.f.) recomienda que la ubicación de la infraestructura de las estaciones de monitoreo forme parte del contexto urbano y social del cual van a ser parte, es decir, colocar las estaciones donde se permita cubrir las áreas de mayor demanda social o aquellas que tienen sensibilidad por ser densamente pobladas.

Este tipo de consideraciones son importantes, también se debe considerar la percepción de los habitantes de los sectores y esto asociarlo a la ubicación y seguridad de los equipos que se van a instalar con el objetivo de garantizar bienestar y mejor calidad de vida para los habitantes con niveles mínimos o nulos de contaminación.

### **3.6.3. Infraestructura**

La infraestructura no solo se trata de protección de los equipos a instalarse, también debe cortar con vías de acceso y electrificación que garantice seguridad y seguimiento a este proyecto. Para esto Guzmán (s.f) recomienda visitas de inspección para determinar los sitios adecuados para las respectivas instalaciones o a su vez reubicaciones de las estaciones que faciliten su manejo y mantenimiento, lo importante es que cada una de las estaciones posean el mayor número de ventajas que permitan su funcionamiento correcto.

### 3.7. Definición de puntos para la conformación de la red de monitoreo

#### 3.7.1. Metodología

De acuerdo a los criterios de localización mencionados anteriormente se define 13 estaciones que serán clave para la toma de muestras de contaminantes, el proceso no sigue un método cuantitativo sino cualitativo, es decir, la investigación cualitativa se determina con base a un conjunto de principios lógicos establecidos que constituyen herramientas, procedimientos, instrumentos y modos que permite aproximarse a la realidad.

Dicho esto, la metodología a utilizarse es la triangulación para terminar puntos exactos donde se ubicarán las estaciones de monitoreo establecidas en el punto anterior, la utilización de esta metodología permite determinar múltiples puntos de referencia para definir la localización exacta del objeto de estudio, en este caso localizar el punto exacto de ubicación de las estaciones de monitoreo, de esta manera se logrará una mayor precisión (Navarro, s.f.).

La combinación de varios criterios, teorías o métodos de investigación se denomina triangulación multicriterio y se clasifica de la siguiente manera (Navarro, s.f.):

- **Triangulación de fuentes de datos:** se consideran diferentes puntos de vista de los grupos que conforman la realidad de objeto de estudio.
- **Triangulación de investigador:** consiste en la participación de investigadores relacionados al tema o al proyecto y su objetivo es compensar el sesgo potencial que se deriva del análisis de datos existentes.
- **Triangulación teórica:** aplicación de varias teorías con el propósito de encontrar datos complementarios relacionados al tema de estudio.
- **Triangulación metodológica:** al igual que en la triangulación teórica, consiste en la obtención de varias metodologías que se acerquen a la realidad y se puedan aplicar en el objeto de estudio.

Se describe los pasos a seguir para la selección de las estaciones de monitoreo:

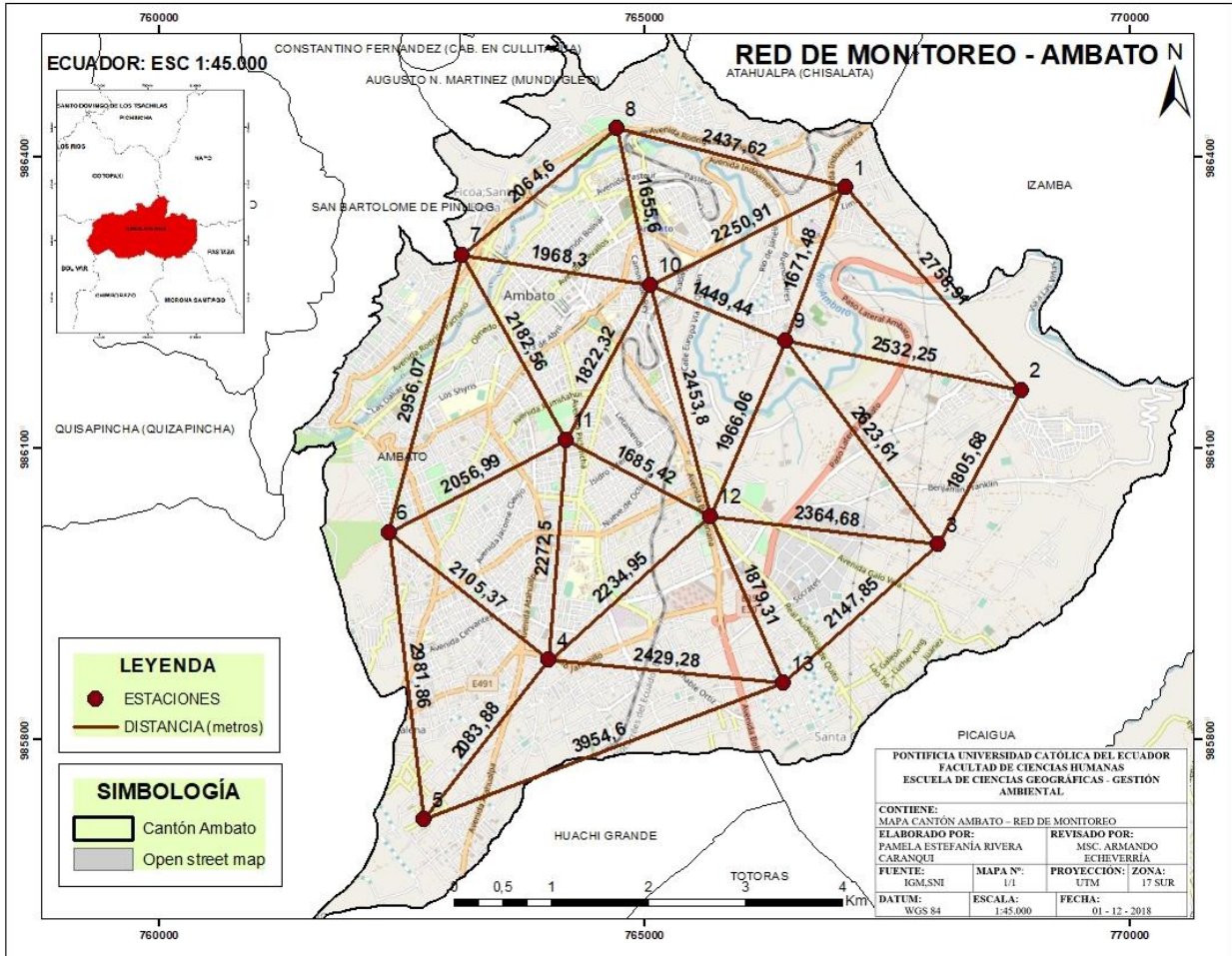
- **Selección de las estaciones de monitoreo:** con base a los criterios de densidad, importancia y ubicación se cubre el área urbana.
- **Digitalización de las estaciones:** existen 13 estaciones que representa un área de 46,5 km<sup>2</sup>.

- **Distancia:** varían entre cada una de las estaciones desde la estación denominada 0 hasta la 13 con una distancia total de 1449,4 a 3954,6 metros y se puede observar en el gráfico 38 y 39.

Table			
DISTANCIA (metros)			
OBJECTID *	SHAPE *	NOMBRE	SHAPE Length
1	Polyline	8-1	2437,62
2	Polyline	1-2	2758,91
3	Polyline	2-3	1805,68
4	Polyline	3-13	2147,85
5	Polyline	13-5	3954,6
7	Polyline	5-6	2981,86
8	Polyline	6-7	2956,07
9	Polyline	7-8	2064,6
10	Polyline	10-9	1449,44
11	Polyline	9-12	1966,06
12	Polyline	12-4	2234,95
13	Polyline	4-11	2272,5
14	Polyline	11-10	1822,32
15	Polyline	10-8	1655,6
16	Polyline	1-9	1671,48
17	Polyline	9-2	2532,25
18	Polyline	3-12	2364,68
19	Polyline	13-4	2429,28
20	Polyline	4-5	2083,88
21	Polyline	6-11	2056,99
22	Polyline	7-10	1968,3
23	Polyline	7-11	2182,56
24	Polyline	4-6	2105,37
25	Polyline	12-13	1879,31
26	Polyline	9-3	2623,61
27	Polyline	10-1	2250,91
28	Polyline	11-12	1685,42
29	Polyline	10-12	2453,8

**Gráfico 38.** Distancia de las estaciones de monitoreo

**Resultados:** Se garantiza que con esta metodología se obtendrán datos cuantitativos que en el futuro permitirá realizar modelos geo - estadísticos como Distancia Inversa Pondera por sus siglas en inglés (IDW), el cual se podrá aplicar si se cuenta con variables homogéneas o la aplicación de Vecinos Naturales si se tiene variables heterogéneas. También se emplearán variables expuestas en este estudio como son datos meteorológicos que contribuirán a un mejor análisis de los datos de las estaciones una vez ya establecidas en campo.



**Gráfico 39.** Red de monitoreo de la zona urbana del cantón Ambato

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE

#### 4.1. Antecedentes

Se denomina índice de calidad de aire a un valor adimensional cuyo objetivo es informar y lograr una mejor comprensión por parte de la población sobre los niveles de contaminación existentes en la ciudad; los valores de los contaminantes están expresados generalmente en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  por lo que es necesario expresarla de una manera más clara y que se pueda comprender; en virtud de esto, se le designará variables cualitativas como: buena, mala y regular (ICA, 2014).

Este índice se basará en el ya existente en la ciudad de Quito, denominado Índice Quiteño de Calidad de Aire (IQCA) cuyo objetivo “*es proporcionar información confiable, oportuna y fácilmente entendible sobre los niveles diarios de contaminación del aire*” (SECRETARÍA DEL AMBIENTE, s.f.).

Las estaciones de monitoreo cuentan con analizadores automáticos que permite la conversión de las mediciones de las concentraciones de los contaminantes en valores del IQCA por medio de la aplicación de las relaciones lineales para cada contaminante, las cuales están en referencia a los valores guía revisados por la OMS para determinados contaminantes; dichos valores son aplicables en todas las regiones y fueron analizados previamente a través de pruebas científicas e investigaciones donde se demuestra que los países de ingresos bajos y medianos alcanzan su nivel máximo de contaminación del aire (OMS, 2005). A continuación, se presentan las relaciones y se demostrará que serán las correctas para ser aplicadas en Ecuador (véase en la tabla 40):

**Tabla 40.** Expresiones matemáticas para el cálculo del IQCA

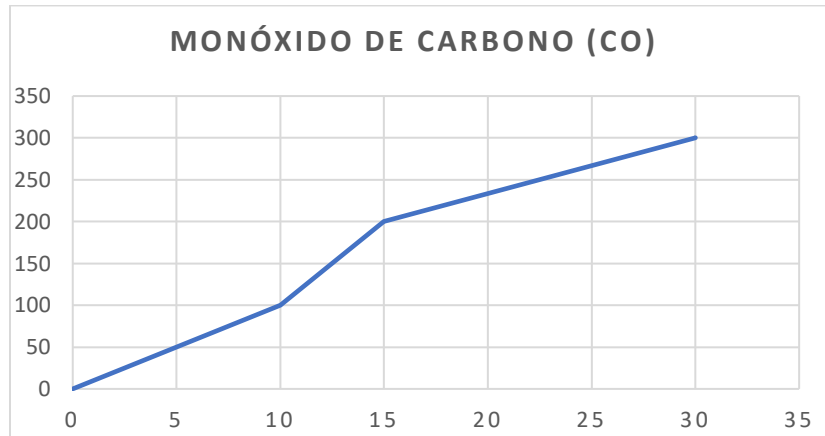
<b>Contaminante</b>	<b>Expresiones matemáticas para cada rango de concentración</b>			
CO2 concentración máxima promedio de 8 horas mg/m3	0<Ci≤10 IQCA=10Ci	10<Ci≤15 IQCA=20Ci-100.00	15<Ci≤30 IQCA=6.67Ci+100.00	30<Ci IQCA=10Ci
O3 concentración máxima promedio de 8 horas ug/m3	0<Ci≤100 IQCA=Ci	100<Ci≤200 IQCA=Ci	200<Ci≤600 IQCA=0.5Ci+100.00	600<Ci IQCA=0.5Ci+100.00
NO2 concentración máxima promedio de 1 horas mg/m3	0<Ci≤200 IQCA=0.5Ci	200<Ci≤1000 IQCA=0.125Ci+75.00	1000<Ci≤3000 IQCA=0.1Ci+100	3000<Ci IQCA=0.1Ci+100
SO2 promedio de 24 horas mg/m3	0<Ci≤62.5 IQCA=0.8Ci	62.5<Ci≤125 IQCA=1.333Ci-66.667	125<Ci≤200 IQCA=0.125Ci+175.00	200<Ci IQCA=0.125Ci+175.00
PM 2,5 promedio de 24 horas mg/m3	0<Ci≤50 IQCA=2.00Ci	50<Ci≤250 IQCA=Ci+50	250<Ci IQCA=Ci+50.00	
PM 10 promedio de 24 horas mg/m3	0<Ci≤100 IQCA=Ci	100<Ci≤250 IQCA=0.6667Ci+33.333	250<Ci≤400 IQCA=0.6667Ci+33.33	400<Ci IQCA=Ci-100

Fuente: (Secretaría del Ambiente, 2015)

En las tablas 41, 42, 43, 44, 45 y 46 a partir de las ecuaciones lineales se reemplazan los valores para cada uno de los contaminantes y se obtienen los siguientes resultados, de los cuales se presentarán gráficos que indiquen el comportamiento de los contaminantes como CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>.

**Tabla 41.** Reemplazo de ecuaciones para CO

Contaminante	Expresiones matemáticas para cada rango de concentración				x	y	x	y	x	y	x	y
	CO2 concentración máxima promedio de 8 horas mg/m3	$0 < C_i \leq 10$ IQCA=10C <sub>i</sub>	$10 < C_i \leq 15$ IQCA=20C <sub>i</sub> - 100.00	$15 < C_i \leq 30$ IQCA=6.67C <sub>i</sub> +100.00	$30 < C_i$ IQCA=10C <sub>i</sub>	0	0	10	100	15	200,05	30
					10	100	15	200	30	300,1		

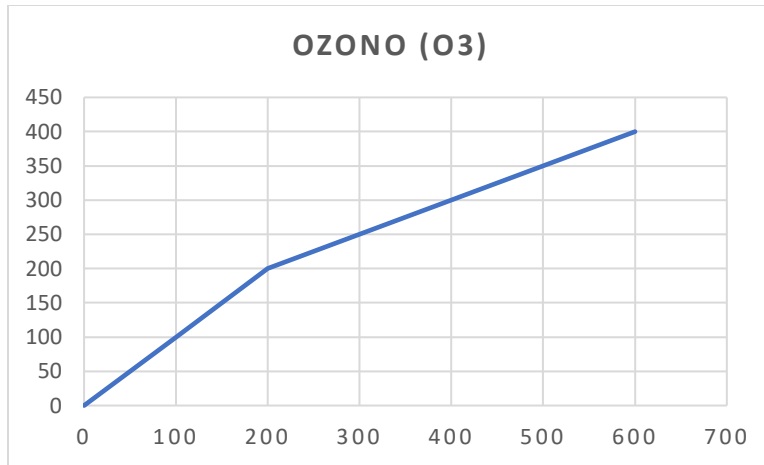


**Gráfico 40.** IQCA de Monóxido de carbono

En el gráfico 40, el comportamiento del CO varía entre 0 a 300 de acuerdo a las ecuaciones lineales utilizadas en la ciudad de Quito.

**Tabla 42.** Reemplazo de ecuaciones para O3

Contaminante	Expresiones matemáticas para cada rango de concentración				x	y	x	y	x	y	x	y
	O3 concentración máxima promedio de 8 horas ug/m3	$0 < C_i \leq 100$ IQCA=C <sub>i</sub>	$100 < C_i \leq 200$ IQCA=C <sub>i</sub>	$200 < C_i \leq 600$ IQCA=0.5C <sub>i</sub> +100.00	$600 < C_i$ IQCA=0.5C <sub>i</sub> +100.00	0	0	100	100	200	200	600
					100	100	200	200	600	400		

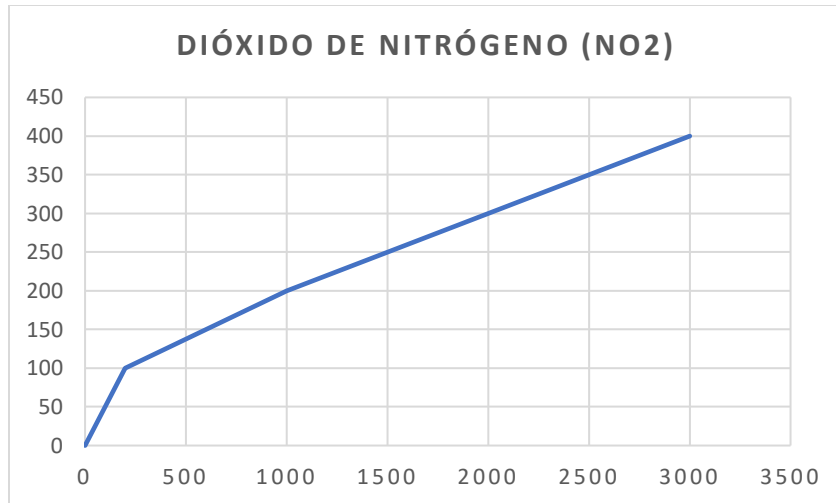


**Gráfico 41.** IQCA de Ozono

En el gráfico 41, el comportamiento del O<sub>3</sub> varía entre 0 a 600 de acuerdo a las ecuaciones lineales utilizadas.

**Tabla 43.** Reemplazo de ecuaciones para NO<sub>2</sub>

Contaminante	Expresiones matemáticas para cada rango de concentración				x	y	x	Y	x	y	x	y
	$0 < C_i \leq 200$ IQCA=0.5C <sub>i</sub>	$200 < C_i \leq 1000$ IQCA=0.125C <sub>i</sub> +75.0	$1000 < C_i \leq 3000$ IQCA=0.1C <sub>i</sub> +10	$3000 < C_i$ IQCA=0.1C <sub>i</sub> +10								
NO <sub>2</sub> concentración máxima promedio de 1 horas mg/m <sup>3</sup>					0	0	200	10	100	20	300	40
	i	0	0	0	20	10	100	20	300	40		
					0	0	0	0	0	0		

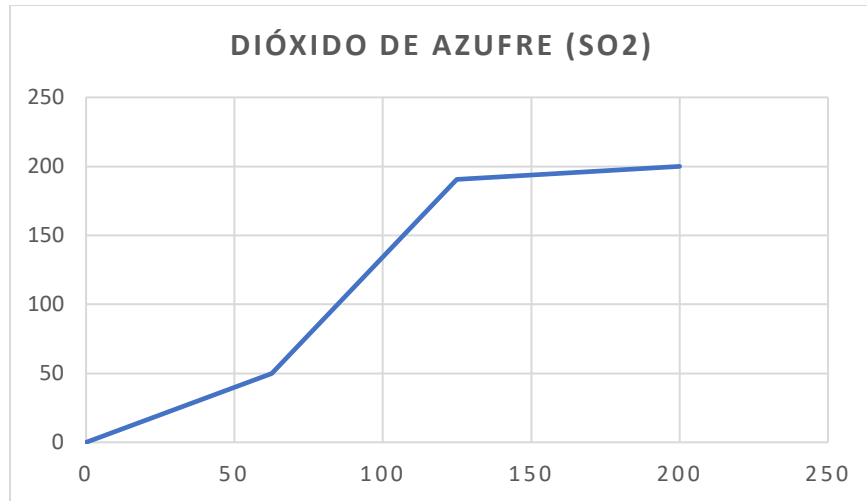


**Gráfico 42.** IQCA de Dióxido de nitrógeno (NO2)

En el gráfico 42, el comportamiento del NO<sub>2</sub> varía entre 0 a 400 de acuerdo a las ecuaciones lineales utilizadas para obtener el IQCA.

**Tabla 44.** Reemplazo de ecuaciones para SO<sub>2</sub>

Contaminante	Expresiones matemáticas para cada rango de concentración				x	y	x	y	x	y	x	y
	0 < C <sub>i</sub> ≤ 62.5	62.5 < C <sub>i</sub> ≤ 125	125 < C <sub>i</sub> ≤ 200	200 < C <sub>i</sub>								
SO <sub>2</sub> promedio de 24 horas mg/m <sup>3</sup>	IQCA=0.8	IQCA=1.333C <sub>i</sub>	IQCA=0.125C <sub>i</sub> +175.	IQCA=0.125C <sub>i</sub> +175.	0	0	62,	16,64	12	190,62	20	20
	C <sub>i</sub>	i-66.667	00	00	62,	5	99,95	20				
					5	0	125	8	0	200		

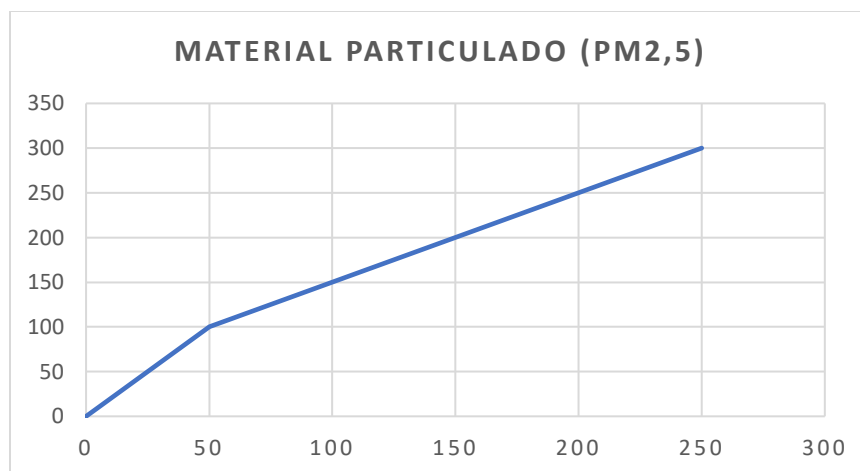


**Gráfico 43.** IQCA de Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

En el gráfico 43, el comportamiento del SO<sub>2</sub> es algo particular y varía entre 0 a 200 de acuerdo a las ecuaciones lineales utilizadas para obtener el IQCA.

**Tabla 45.** Reemplazo de ecuaciones para PM<sub>2.5</sub>

Contaminante	Expresiones matemáticas para cada rango de concentración			x	y	x	y	x	y
	PM 2,5 promedio de 24 horas mg/m <sup>3</sup>	0 < Ci ≤ 50 IQCA = 2.00Ci	50 < Ci ≤ 250 IQCA = Ci + 50	250 < Ci IQCA = Ci + 50.00	0	0	50	100	250
50					100	250	300		

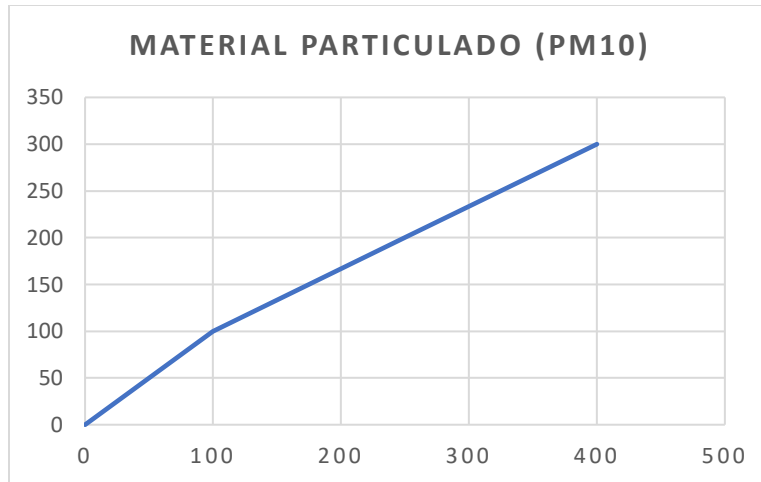


**Gráfico 44.** IQCA de Material particulado (PM2.5)

En el gráfico 44, el comportamiento del  $PM_{2.5}$  varía entre 0 a 300 de acuerdo a las ecuaciones lineales utilizadas para obtener el IQCA.

**Tabla 46.** Reemplazo de ecuaciones para PM10

Contaminante	Expresiones matemáticas para cada rango de concentración				x	y	x	y	x	y	x	y
	$0 < C_i \leq 100$	$100 < C_i \leq 250$	$250 < C_i \leq 400$	$400 < C_i$								
PM 10 promedio de 24 horas mg/m <sup>3</sup>	IQCA	$IQCA = 0.6667C_i + 33.33$	$IQCA = 0.6667C_i + 33.33$	$IQCA = C_i - 100$	0	0	10	100,00	25	200,00	40	30
	=Ci	3	3		10	10	25	200,00	40			
					0	0	0	8	0	300,01		



**Gráfico 45.** IQCA de Material particulado (PM10)

En el gráfico 45, el comportamiento del  $PM_{10}$  varía entre 0 a 400 de acuerdo a las ecuaciones lineales utilizadas para obtener el IQCA.

El IQCA posee una escala numérica entre 0 a 500, los cuales están expresados con diferentes colores; la relación es directamente proporcional, es decir, entre más alto es el valor del IQCA mayor es el nivel de contaminación atmosférica lo que ha ocasionado daños a la salud de la población y también del ambiente. Además, se asigna un valor de 100 a los límites máximo permisibles según la Norma Nacional de Calidad de Aire para los contaminantes a ser estudiados (SECRETARÍA DEL AMBIENTE, s.f.).

#### **4.2. Índice de calidad de aire para Ambato (ICAA)**

El nuevo índice de calidad de aire se le denominará Índice de Calidad de Aire para Ambato con sus siglas (ICAA). A continuación, se explica que contaminantes formarán parte de este índice y los rangos cualitativos y cuantitativos a utilizarse.

De acuerdo a los contaminantes criterios y específicos analizados en ítems anteriores los contaminantes que formarán parte del ICAA son:

- Ozono ( $O_3$ )
- Material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ )

- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

#### 4.2.1. Establecimiento de rangos

Después del análisis bibliográfico se determina dos tipos de rangos para el Índice de Calidad del Aire para Ambato (ICAA), el cálculo del mismo se realizará en cada una de las posibles estaciones establecidas en este estudio y permitirá proporcionar resultados representativos del área de influencia de cada una de las estaciones, la clasificación de los rangos son los siguientes:

- **Rango cuantitativo**

El valor del índice está comprendido entre 0 a 500, de tal manera que cuanto mayor sea el índice, menor será la calidad del aire, de acuerdo a la legislación ecuatoriana se asignaron los valores máximos para realizar el estudio y determinar el índice de calidad.

De esta manera, el valor del índice 0 significará una nula concentración de contaminante, y el valor 100 se refiere al valor límite permisible para cada uno de los contaminantes, valores que superen estas cifras significarán altos grados de contaminación. Según ICA (2014), *“el valor del índice para cualquier otro valor de concentración, se obtendrá por interpolación lineal, por ser este tipo de interpolación la más sencilla y la más fácil de interpretar por el ciudadano”*.

Rango	Categoría	CO <sup>a</sup>	O <sub>3</sub> <sup>b</sup>	NO <sub>x</sub> <sup>c</sup>	SO <sub>2</sub> <sup>d</sup>	PM <sub>2.5</sub> <sup>e</sup>
0 – 50	Nivel deseable	0 - 5 000	0 - 80	0 - 75	0 - 175	0 – 33
50 – 100	Nivel aceptable	5 001 - 10 000	81 - 160	76 - 150	176 - 350	34 – 65
100 – 200	Nivel de precaución	10 001 - 15 000	161 - 300	151 - 1 200	351 - 800	66 – 150
200 – 300	Nivel de alerta	15 001 - 30 000	301 - 600	1 201 - 2 300	801 - 1 600	151 – 250
300 – 400	Nivel de alarma	30 001 - 40 000	601 - 800	2 301 - 3 000	1 601 - 2 100	251 – 350
400 – 500	Nivel de emergencia	> 40 000	> 800	> 3 000	> 2 100	> 350

Notas: a. Se refiere a la concentración promedio en ocho horas

b. Se refiere a la concentración promedio en una hora de los oxidantes fotoquímicos expresados como ozono

c. Se refiere a la concentración máxima en 24 horas de los óxidos de nitrógeno expresados como NO<sub>2</sub>

d. Se refiere a la concentración promedio en 24 horas

e. La norma ecuatoriana no establece niveles de alerta en función del PM<sub>2.5</sub>, sino del PM<sub>10</sub>; por ello, los valores que se anotan en la tabla son los vigentes para el AQI de los Estados Unidos. Los valores se refieren a las concentraciones máximas en 24 horas.

### Gráfico 46. Análisis de contaminantes de IQCA

- **Rango cualitativo**

El rango cualitativo está dividido en 6 tramos con base al diseño ya realizado por la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) y se lo puede mostrar en el Índice Quiteño de Calidad de Aire (IQCA), se presenta la clasificación de los valores establecidos (véase en la tabla 47):

**Tabla 47.** Rangos de Índices de Calidad de Aire

<b>RANGO</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>COLOR</b>
0-50	Nivel deseable u óptimo	Verde
51-100	Nivel aceptable o bueno	Amarillo
101-200	Nivel de precaución	Naranja
201-300	Nivel de alerta	Rojo
301-400	Nivel de alarma	Violeta
401-500	Nivel de Emergencia	Marrón

## CAPÍTULO V

### IDENTIFICACIÓN DE TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS

#### Antecedentes


El cantón Ambato cuenta con una estación de monitoreo automático de la calidad de aire, esta se encuentra equipada con sensores para detectar las diferentes cantidades de monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y para la medición de PM<sub>2.5</sub> se utiliza un muestreador semi-automático. Además, mide parámetros meteorológicos con variables como: dirección y velocidad del viento, temperatura, presión barométrica y precipitación.




Los equipos que se utilizan y se implementarán en las nuevas estaciones de monitoreo deben cumplir con los métodos de referencia en la Normativa Ecuatoriana y la guía será: US-EPA (INE, s.f.).

#### 5.1 Tipos de equipo

El objetivo de los equipos será proporcionar datos exactos que permitirán proporcionar resultados válidos para un posterior análisis estadístico, se trabajará en función a la capacidad actual del laboratorio del GAD Ambato. A continuación, se presenta un inventario de los equipos ya existentes y los cuales servirán para implementar en las demás estaciones (Tabla 48).

**Tabla 48.** Equipos existentes en la estación automática de monitoreo de calidad de aire

CONTAMINANTE	UNIDADES	MÉTODO	EQUIPOS
Ozono (O <sub>3</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	Quimiluminiscencia fotómetro ultravioleta	

Material particulado (PM <sub>2.5</sub> )	μg/m <sup>3</sup>	Gravimétrico	
Monóxido de carbono	μg/m <sup>3</sup>	Infrarrojo	
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	μg/m <sup>3</sup>	Quimiluminiscencia	

Fuente: (GAD, 2017)

**5.2 Criterios de selección de equipos de medición:** Al momento de adquirir los equipos será importante cumplir con los requisitos de calidad preestablecidos:

- Objetivos del monitoreo
- Disponibilidad de los equipos en el mercado y mantenimiento
- Especificaciones del equipo
- Garantía

A continuación, se muestran los posibles equipos a utilizar con los respectivos contaminantes, de tal manera que se realizará una ponderación para cada uno de ellos con base a los criterios expuestos anteriormente. Al momento de seleccionar cada uno de los equipos se considera el programa de Verificación Tecnológica Ambiental (ETV), el cual es un instrumento que promueve la protección del medio ambiente e introduce tecnologías innovadoras al mercado, este programa se está desarrollando en Europa para lograr una economía más sostenible y abordar los desafíos ambientales más urgentes. Este tipo de programas enfrentan grandes problemas como son barreras para su entrada al mercado y la escasez de información fiable para poder adquirir este tipo de tecnologías. Los equipos que se presentarán en este estudio están bajo el ETV y son empleados tanto en las estaciones de monitoreo de las ciudades de Quito y Cuenca.

### 5.2.1 Equipos de medición de CO



**Gráfico 47.** TELEDYNE API/ T300

Fuente: (TELEDINE, s.f.)

- **Objetivos del equipo**

- Medir rangos de monóxido de carbono comparando la energía infrarroja absorbida por una muestra con la absorbida por un gas de referencia de acuerdo a la ley de Beer-Lambert. Usa una rueda de correlación del filtro de gas; la trayectoria de la luz viaja a través de la celda de muestra, la cual es de 14 metros.
- Obtener una conexión remota con un interfaz virtual y capacidad de descarga de datos para los analizadores a través del software NumaView, que poseen los modelos T300.

- **Disponibilidad y mantenimiento**

El mantenimiento del equipo se realiza por cada elemento que tiene; a continuación, en la tabla 49 se muestra el procedimiento.

**Tabla 49.** Elementos para mantenimiento CO

<b>Elemento</b>	<b>Acción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Se requiere verificación de calidad</b>
Filtro particular	Reemplazar	Semanal o cuando sea necesario	No
Funciones de prueba	Grabar y analizar	Semanalmente o después de cualquier mantenimiento o reparación	No
Diafragma de la bomba	Reemplazar	Anualmente	Sí
Realizar la comprobación de flujo	Comprobar flujo	Anualmente	No
Realizar la comprobación de fugas	Verificar la estanqueidad	Anualmente o después de cualquier mantenimiento o reparación	No
Líneas neumáticas	Examinar y limpiar	Según sea necesario	Si se limpia

Limpieza	Limpiar	Según sea necesario	Sólo si se quita la cubierta
----------	---------	---------------------	------------------------------

Fuente (TELEDINE, s.f.)

- **Especificaciones**

- Permite medir rangos: 0-1 ppm a 0-1000 ppm.
- Se puede seleccionar rangos, con capacidad de rango dual.
- Gráficos en colores grandes, vívidos y duraderos con interfaz de pantalla táctil.
- Ethernet, RS-232 y puertos con USB (opcionales).
- Conexiones USB en el panel frontal para dispositivos periféricos y actualizaciones de firmware.
- Tiene 8 entradas analógicas (opcional).
- El filtrado de señal adaptativo optimiza el tiempo de respuesta
- Compensación de temperatura y presión
- Registro de datos interno integral con períodos promediables programables.
- Posibilidad de registrar virtualmente cualquier parámetro de operación.

- **Garantía**

- Tiene una garantía de dos años.
- Tiene una garantía de cinco años en la rueda GFC.

- **Certificaciones**

- US EPA: RFCA –1093–093
- MCERTS: Sira MC 050069/04



**Gráfico 48.** TELEDYNE T300U

Fuente: (TEDELYNE, s.f.)

- **Objetivos del equipo**

El equipo T300U está diseñado para mediciones de CO ultra sensibles. A través de la utilización de infrarrojos que contiene una rueda de correlación de filtro de gas. Se caracteriza por corregir periódicamente la línea base enviando la muestra por medio de un depurador catalítico de CO calentado. Este tipo de función de referencia automática corrige la deriva cero y reduce el efecto de las interferencias.

Cabe mencionar que el banco óptico se encuentra encerrado en un horno de temperatura controlada para reducir el ruido y la deriva del instrumento. También los espejos y el campo de la celda están chapados en oro con el objetivo de maximizar el rendimiento de ruido.

- **Disponibilidad y mantenimiento**

El mantenimiento del equipo se lo realizará por cada elemento, de acuerdo a las especificaciones realizadas por la empresa que oferta dicho equipo (véase en la tabla 50).

**Tabla 50.** Elementos para mantenimiento CO

<b>Elemento</b>	<b>Acción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Se requiere verificación de calidad</b>
Filtro particular	Reemplazar	Semanal o cuando sea necesario	No

Verificar funciones de prueba	Grabar y analizar	Semanal o después de un mantenimiento	No
Diafragma de la bomba	Reemplazar	Anualmente	Sí
Comprobación de flujo	Comprobar flujo	Anualmente	No
Comprobación de fugas	Verificar la estanqueidad	Anualmente o después de cualquier mantenimiento	No
Líneas neumáticas	Examinar y limpiar	Según sea necesario	Sí
Limpieza	Limpiar	Según sea necesario	Sólo si se quita la cubierta

Fuente: (TEDELYNE, s.f.)

- **Especificaciones**

- Los rangos van desde 0-100ppb a 0-100ppm.
- Posee doble rango y auto rango.
- Rueda GFC garantizada por 5 años.
- Compensación de temperatura y presión.
- Conexiones USB, con 8 entradas analógicas.
- Tiene filtrado de señal adaptativo que optimiza el tiempo de respuesta.
- Posee gráficos en color grande, vívidos y duraderos.
- Permite el registro de datos promediables.

- **Garantía**

- Tiene una garantía de dos años

- **Certificaciones**

- La certificación es de EPA: RFCA- 1093-093

### 5.2.2. Equipos de medición de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>



**Gráfico 49.** THERMO ANDERSEN / FH62C14

Fuente: (Environmental, s.f.)

- **Objetivos del equipo**

Medir de manera continua, en tiempo real y automática el material particulado del ambiente, son extremadamente precisos e insensibles a la vibración y son los únicos medidores beta con un ciclo de muestro verdaderamente continuo de 60 minutos a 24 horas.

Según (Environmental, s.f.) *"El FH 62 C14 utiliza el principio radiométrico de atenuación beta utilizando la fuente C14. Debido a este proceso, se logra una estabilidad de medición muy alta, ya que se corrige el cambio de la masa de aire en el volumen activo por la temperatura y la presión"*.

- **Disponibilidad y mantenimiento**

No posee información.

- **Especificaciones**

- Posee un monitoreo continuo.
- Bajo límite de detección, alta precisión y buena resolución.
- Tiene un funcionamiento mecánico preciso.

- Se puede tener un control e intercambio de datos sobre 2 interfaces seriales posibles.
- Se puede almacenar las concentraciones medias de media hora durante un año entero.
- Posee dos interfaces seriales para la conexión simultánea del conector de red y una impresora o PC de mantenimiento.
- No necesita licencia en la mayoría de los países.

- **Garantía**

No posee información.

- **Certificaciones**

Designado por EPA de EE. UU – EQPM-1102-150



**Gráfico 50.** MET ONE BAM-1020

- **Objetivos del equipo**

Medir y registrar automáticamente los niveles de concentración de partículas en el aire (unidad:  $\mu/m^3$ ), se utiliza el principio de atenuación de rayos beta comprobado en la industria.

**Disponibilidad y mantenimiento**

No posee información.

- **Especificaciones**

- Se implementa en todo el mundo, por lo que se convierte en una de las plataformas más exitosas del mundo.
- Es equivalente para monitoreo de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10-2.5}$ .
- Bajos costos de operación.
- Es fácil de instalar los equipos en refugios o estaciones móviles o también fijas.
- Está hecho de aluminio anodizado resistente, acero inoxidable y esmalte horneado.
- Tiene un sistema de flujo altamente preciso, confiable y mecánicamente.

- **Garantía**

No posee información.

- **Certificaciones**

- Designado por EPA de EE. UU (FEM)

### 5.2.3. Equipos de medición de $NO_2$



**Gráfico 51.** THERMO 42C / 42IV

- **Objetivos del equipo**

Permite medir los niveles de óxido de nitrógeno ( $NO$ - $NO_2$ - $NO_x$ ) por medio de una tecnología quimioluminiscencia con el Thermo Scientific, es el analizador más reconocido en la industria.

- **Disponibilidad y mantenimiento**

No posee información.

- **Especificaciones**

- Posee rangos automáticos y gama dual estándar.
- El tiempo de respuesta es de 5 minutos.
- La temperatura y presión pueden ser corregidas.
- Tiene niveles de alarma para la concentración.

**Ventajas de la serie i:**

- Posee conectividad Ethernet para acceso remoto eficiente.
- Tiene una interfaz de usuario mejorada con programación de un botón y pantalla grande.
- Posee mayor almacenamiento de datos y software descargable por medio de una memoria flash.
- Tiene un diseño electrónico mejorado y facilita el acceso a los componentes.

- **Garantía**

No posee información.

- **Certificaciones**

- ETL, CSA, UL, CE; US EPA.
- Certificación europea (TUV), MCERTS, NF (Francia).



**Gráfico 52.** TELEDYNE. T200M

Fuente: (TELEDYNE, s.f.)

- **Objetivos del equipo**

El modelo T200M como todos los equipos Tedelyne poseen el software Numa View, permite tener una conexión remota con interfaz virtual. Además, posee el principio de quimioluminiscencia con características innovadoras que proporciona mediciones exactas de NO<sub>2</sub>. Por otra parte, la información obtenida se almacena y estará disponibles en el panel frontal.

- **Disponibilidad y mantenimiento**

Este equipo se encuentra disponible en el mercado para su respectiva comercialización, los elementos que se debe dar mantenimiento se puede observar en la tabla 51.

**Tabla 51.** Elementos para mantenimiento NO<sub>2</sub>

<b>Elemento</b>	<b>Acción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Se requiere verificación de calidad</b>
Filtro particular	Cambiar filtro	Semanal (o cuando sea necesario)	No

Verificar las funciones de prueba	Revisar y evaluar	Semanal	No
Cheque cero/Span	Evaluar desplazamiento y pendiente	Semanal	-
Calibración cero/Span	Calibración cero/span	Cada 3 meses	-
Convertidor NO <sub>2</sub>	Reemplazar el convertidor y revisar la evidencia	Cada 3 meses o si la eficiencia de conversión es inferior al 90%	Sí
Depurador de aire, zero externo de 2 etapas (opcional).	Intercambio químico	Cada 3 meses (o cuando sea necesario)	No
Ventana de la célula de reacción.	Óptica limpia, cambio de juntas tóricas	Anualmente (o cuando sea necesario)	Sí
Filtro de entrada de aire del secador de permeación.	Cambiar filtro de partículas	Anualmente	No

Subsistema neumático.	Comprobar si hay fugas en las vías de flujo de gas	Anualmente o después de reparaciones con neumáticos	Sí, en caso de fugas
Todas las juntas tóricas de los orificios de flujo crítico y filtros sinterizados.	Reemplazar	Anualmente	Sí
Bomba	Reconstruir la cabeza	Anualmente	Sí
Depurador de escape en línea	Reemplazar	Anualmente	No
Calibración del hardware del sensor PMT.	Calibración de hardware de bajo nivel	En PMT/ el preamplificador cambia y si 0.7 pendiente 1.3	Sí

**Fuente:** (TEDELYNE, s.f.)

- **Especificaciones**

- Tiene rangos de 0-1 ppm a 0-200 ppm.
- Posee gamas independientes.
- Consta de un sensor interno opcional de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.
- Tiene pantalla táctil y a color.
- Posee conexiones USB, para dispositivos externos y también 8 entradas analógicas.
- Posee un filtrado de señal adaptativo, el cual optimiza el tiempo de respuesta.

- Existe una compensación de temperatura y presión.
  - Los datos son registrados de manera integral y son promediadamente programados.
  - Puede registrar virtualmente los parámetros de operación.
- **Garantía**  
Posee una garantía de dos años.
  - **Certificaciones**  
No tiene certificaciones

#### 5.2.4. Equipos para medición de SO<sub>2</sub>



**Gráfico 53.** THERMO 43C / 43I

Fuente: (Scientific, s.f.)

Según (Scientific, s.f.), las características de THERMO 43C/43I se presentan a continuación:

- **Objetivos del equipo**  
Es el primer equipo que permite medir gases con tecnología fluorescente pulsada, es decir, los filtros reflectantes están menos sujetos a la degradación fotoquímica y son más selectivos en el aislamiento de longitud de onda y permite el aumento de la especificidad de detección y estabilidad a largo plazo.
- **Disponibilidad y mantenimiento**  
No posee información

- **Especificaciones**

- Posee alta sensibilidad y tiempo rápido de respuesta.
- Linealidad en todos los rangos.
- Tiene bomba de muestra interna.
- No posee sensibilidad a los cambios de caudal y temperatura ambiente.

**Ventajas de la serie i:**

- Posee conectividad Ethernet para acceso remoto eficiente.
- Tiene una interfaz de usuario mejorada con programación de un botón y pantalla grande.
- Posee mayor almacenamiento de datos y software descargable por medio de una memoria flash.
- Tiene un diseño electrónico mejorado y facilita el acceso a los componentes.

- **Garantía**

No posee información

- **Certificaciones**

- ETL, CSA, UL, CE; US- EPA
- Certificaciones europeas (TUV), MCERTS, EQSA-0486-060



**Gráfico 54.** TELEDYNE 6400T/ 6400E

- **Objetivos del equipo**

Permite medir niveles precisos y bajo nivel de  $\text{SO}_2$  ya que utiliza el principio de fluorescencia UV y tecnología de microprocesador. Se puede registrar múltiples parámetros, incluidos los valores de concentración promediados o instantáneos, datos de calibración, parámetros operativos como: flujo, presión y la intensidad de la lámpara.

Mide el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) mediante un convertidor catalítico que permite oxidar el  $\text{H}_2\text{S}$  en  $\text{SO}_2$ . Posee un obturador óptico para lograr estabilidad y compensar la deriva PMT y un detector de referencia para poder corregir los cambios en la intensidad de la lámpara UV.

- **Disponibilidad y mantenimiento**

No posee información.

- **Especificaciones**

- Los rangos configurables varían de 0-50ppm a 0-5.000 ppm.
- Permite la programación del registro de datos internos promediados.
- Posee gráficos con colores grandes, vívidos y duraderos; además cuenta con un interfaz de pantalla táctil.
- Chequeo interno de Cero y Span.
- Conexiones USB para dispositivos periféricos
- Capacidad de registrar cualquier parámetro operativo.

- **Garantía**

No posee información.

- **Certificaciones**

No posee información.

### 5.2.5. Equipos de medición de O<sub>3</sub>



**Gráfico 55.** TELEDYNE API / T400

Fuente: (TELEDYNE, s.f.)

- **Objetivos del equipo**

Permite medir niveles bajos de ozono a través de un sistema basado en la ley de Beer-Lambert, es decir, es la relación de absorción de luz con las propiedades del material atravesado (Harris, 2007); posee una señal de luz UV de 254nm, la cual pasa a través de la celda de muestra donde se absorbe en proporción a la cantidad de ozono presente. Tiene el software NumaView que permite una conexión remota virtual y capacidad de descarga de datos para los analizadores.

- **Disponibilidad y mantenimiento**

En la tabla 52 se presentan los elementos a los cuales se debe dar mantenimiento para que el equipo pueda funcionar de la manera correcta.

**Tabla 52.** Elementos para mantenimiento O3

<b>Elemento</b>	<b>Acción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Check</b>
Filtro particular	Reemplazar	Semanal o según necesario	Sí
Verificar funciones de prueba	Grabar y analizar	Semanalmente o después de cualquier mantenimiento o reparación	No
Diafragma de la bomba	Reemplazar	Según sea necesario	Sí
O <sub>3</sub> Scrubber de referencia	Reemplazar	Cada 2-5 años, según sea necesario	Sí
IZS Zero Air Scrubber	Reemplazar	Anualmente	No
Desecante	Reemplazar	Regularmente cuando sea necesario	No
Tubo de absorción	-Inspeccionar	-Anualmente	

	-Limpiar	-Según sea necesario	Sí
Control de flujo	Comprobar el flujo	Cada 6 meses	No
Control de fugas	Comprobar fugas	Anualmente o después de cualquier mantenimiento o reparación	Sí
Líneas neumáticas	Examinar y limpiar	Según sea necesario	Sí

**Fuente:** (TELEDYNE, s.f.)

- **Especificaciones**

- Tiene rangos de 0-100 ppb a 0-10ppm.
- Permite absorción ultravioleta.
- Se pueden seleccionar los rangos, con capacidad de rango dual.
- Pantalla táctil, a color y gráficos grandes.
- Tiene conexiones USB para dispositivos periféricos.
- Compensación de temperatura y presión
- El registro de datos internos es integral con periodos que se promedian de manera programada.

- **Garantía**

Posee una garantía de dos años.

- **Certificaciones**

- EE.UU: EPA EQOA-0992-087
- EU: EN14625 TÜV Rheinland

- QAL1 Certificado: EN15267
- MCerts: Sira MC050070/08
- CNEMC: 质 (认) No. 2015-028 Informe.



**Gráfico 56.** TELEDYNE T265

Fuente: (TEDELYNE, s.f.)

- **Objetivos del equipo**

Es un instrumento que utiliza la quimioluminiscencia con óxido nítrico (NO) como reactivo, lo que le permite ser más seguro, estable y eficaz. El T265 se caracteriza por tener AutoZero que proporciona una excelente estabilidad al momento de corregir de manera continua la desviación del cero. El filtrado adaptativo avanzado permite que el equipo optimice el rendimiento en condiciones cambiantes.

- **Disponibilidad y mantenimiento**

De acuerdo a la EPA de los Estados Unidos, este equipo se encuentra disponible comercialmente para el monitoreo de ozono (O<sub>3</sub>) en el ambiente. Y por consiguiente, para garantizar su funcionamiento se debe realizar un mantenimiento de acuerdo a lo que se muestra en la tabla 53.

**Tabla 53.** Mantenimiento de equipos para medición de ozono

<b>Elemento</b>	<b>Acción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Se requiere verificación de calidad</b>
Funciones de prueba	Revisar y evaluar	Semanal	No
Filtro particular	Cambiar filtro de partículas	Semanal (si corresponde al sistema de pila, se debe cambiar cuando sea necesario)	No
Cheque de cero/lapso	Evaluar desplazamiento y pendiente	Semanal	No
Calibración cero/span	Calibración cero y span	Cada 3 meses	Sí
Opción de depurador de aire externo cero	Intercambio químico	Cada 3 meses	No
Opción de secador externo	Reemplazar químico	Cuando cambie el color del indicador	No
Limpiador de ozono	Cambiar químico	Anualmente	Sí
Ventana de la celda de reacción	Limpiar		Sí

		Anualmente o cuando sea necesario	
Filtros DFU	Cambiar filtro de partículas	Anualmente	No
Subsistema neumático	Comprobar si hay fugas en las vías de flujo de gas	Anualmente o después de reparaciones con neumáticos	Si, si se repara una fuga
Juntas tóricas de células de reacción y filtros sinterizados	Reemplazar	Anualmente	Sí
Calibración de hardware del sensor PMT	Calibrar hardware de bajo nivel	En PMT / el preamplificador cambia o si la pendiente está fuera de $1.0 \pm 0.3$	Sí
Bomba	Reconstruir la cabeza	Cuando la presión de RCEL excede 10 in-Hg-A (a nivel del mar)	Sí
Depurador de escape en línea	Reemplazar	Anualmente	No
Convertidor de NO <sub>2</sub>		Cada 3 años o si la eficiencia de	

	Reemplazar convertidor	conversión cae por debajo del 96%	Sí
Bolsas desecantes	Reemplazar	En cualquier momento la carcasa de PMT está abierta para mantenimiento	n/a

Fuente: (TELEDYNE, s.f.)

- **Especificaciones**

- Tiene rangos de 0-100 ppb a 0-2.000 ppb.
- Posee rangos independientes y auto rango.
- Pantalla táctil con colores vívidos y grandes.
- Conexiones USB para dispositivos periféricos y 8 entradas analógicas.
- Optimiza el tiempo de respuesta ya que posee filtrado de señal adaptativo.
- Tiene compensación de temperatura y presión.
- El registro de los datos internos promediables se pueden programar.
- Se puede registrar virtualmente los parámetros de operación.

- **Garantía**

Posee una garantía de dos años.

- **Certificaciones**

Tiene dos certificaciones:

- Método de referencia federal de la EPA de Estados Unidos: RFOA-0216-230.
- Método equivalente federal de la EPA de Estados Unidos: EQOA-0611-199.

### 5.3. Ponderación de equipos

Para una adecuada selección de los equipos a utilizarse en las nuevas estaciones de monitoreo de la ciudad de Ambato se tomarán en cuenta los criterios descritos en el ítem 5.2. Para poder designar una ponderación, se asignarán pesos a cada uno de los criterios de esta manera se podrán determinar las tecnologías adecuadas que conformarán la red de monitoreo.

Las ponderaciones de los criterios se basarán en tres designaciones: alto, medio y bajo; alto tendrá un valor de 3 si cumple con los 5 criterios y si posee características adicionales que beneficien el monitoreo de los contaminantes, corresponde a la designación media un valor de 2, es decir, a los equipos que cumplan solamente de 4 a 3 criterios y el valor 1 se convierte en una designación bajo, debido a que los equipos solamente cumplirán con menos de 3 criterios.

**Tabla 54.** Ponderación para equipos de medición de CO

Para la medición de CO se escoge el equipo Teledyne Api/T300, ya que cuenta con los 5 criterios analizados como son: objetivos, disponibilidad y mantenimiento, especificaciones, garantía y certificaciones; con un resultado de 14, 5 puntos como se muestra a continuación:

EQUIPO	CRITERIO					PUNTAJE TOTAL
	Objetivo	Disponibilidad y mantenimiento	Especificaciones	Garantía	Certificaciones	
TELEDYNE API/T300	2,5	3	3	3	3	14,5
TELEDYNE T300U	3	3	3	2,5	2,5	14

Alto (3) Cumple cada uno de los criterios y presenta características específicas.

Medio (2 -2,5) Cumple cada uno de los criterios.

Bajo (1-1,5) No cumple con información básica.

Ninguno (0) No posee información.

**Tabla 55.** Ponderación para equipos de medición de PM2.5y PM10

Los dos equipos escogidos para la medición de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>, poseen características muy similares y carecen de información sobre su disponibilidad, mantenimiento y garantía. Para las estaciones que conformaran la red de monitoreo de la zona urbana de Ambato es recomendable utilizar el equipo Thermo Andersen/FH65C14.

EQUIPO	CRITERIO					PUNTAJE TOTAL
	Objetivo	Disponibilidad y mantenimiento	Especificaciones	Garantía	Certificaciones	
THERMO ANDERSEN / FH62C14	3	0	3	0	2,5	8,5
MET ONE BAM-1020	2	0	3	0	2,5	7,5

Alto (3) Cumple cada uno de los criterios y presenta características específicas.

Bajo (1-1,5) No cumple con información básica.

Ninguno (0) No posee información.

Medio (2 -2,5) Cumple cada uno de los criterios.

**Tabla 56.** Ponderación para equipos de medición de NO2.

Para la medición de NO<sub>2</sub>, el equipo a utilizarse será Teledyne/T200M ya que cumple con los criterios y tiene un puntaje de 11,5.

EQUIPO	CRITERIO					PUNTAJE TOTAL
	Objetivo	Disponibilidad y mantenimiento	Especificaciones	Garantía	Certificaciones	
THERMO 42C / 42I	3	0	3	0	3	9
TELEDYNE. T200M	3	3	2,5	3	0	11,5

Alto (3) Cumple cada uno de los criterios y presenta características específicas.

Medio (2 -2,5) Cumple cada uno de los criterios.

Bajo (1-1,5) No cumple con información básica.

Ninguno (0) No posee información.

**Tabla 57.** Ponderación para equipos de medición de SO<sub>2</sub>.

El equipo Thermo 43C/43I, es el equipo idóneo ya que de acuerdo a la ponderación de los 5 criterios obtuvo un porcentaje de 9, pero carece de información sobre la disponibilidad, mantenimiento y garantía.

EQUIPO	CRITERIO					PUNTAJE TOTAL
	Objetivo	Disponibilidad y mantenimiento	Especificaciones	Garantía	Certificaciones	
THERMO 43C / 43I	3	0	3	0	3	9
TELEDYNE 6400T/ 6400E	3	0	2,5	0	0	5,5

Alto (3) Cumple cada uno de los criterios y presenta características específicas.

Medio (2 -2,5) Cumple cada uno de los criterios.

Bajo (1-1,5) No cumple con información básica.

Ninguno (0) No posee información.

**Tabla 58.** Ponderación para equipos de medición de O<sub>3</sub>.

Para la medición de O<sub>3</sub> se escoge el equipo Teledyne T265 ya que cuenta con los 5 criterios analizados como son: objetivos, disponibilidad y mantenimiento, especificaciones, garantía y certificaciones, con un resultado de 15 puntos como se muestra a continuación:

EQUIPO	CRITERIO					PUNTAJE TOTAL
	Objetivo	Disponibilidad y mantenimiento	Especificaciones	Garantía	Certificaciones	
TELEDYNE API / T400	2,5	3	3	3	3	14,5
TELEDYNE T265	3	3	3	3	3	15

Alto (3) Cumple cada uno de los criterios y presenta características específicas.

Bajo (1-1,5) No cumple con información básica.

Medio (2 -2,5) Cumple cada uno de los criterios.

Ninguno (0) No posee información.

## CAPÍTULO VI

### 6.1. Resultados

Los resultados arrojados en la presente investigación indican el diseño y la construcción de una red de monitoreo pasivo de calidad de aire en la zona urbana del cantón Ambato, mediante el análisis de variables tanto cualitativas como cuantitativas se determinó que establecer 13 estaciones de monitoreo serían las necesarias para poder cubrir toda el área de estudio y de esta manera medir los niveles de contaminación existentes en Ambato; a pesar de caracterizarse por ser una de las ciudades con aire más limpio a nivel nacional, es importante el monitoreo constante para garantizar a la población ambateña correctos niveles de calidad de aire.

Para el establecimiento y ubicación de las estaciones de monitoreo se analiza la variable de uso de suelo dando como resultado siete tipos de uso de suelo, los cuales son: parque industrial, protección natural, uso barrial, uso sectorial, uso zonal, uso múltiple y producción agrícola y frutícola; predominado en toda la zona urbana el uso barrial y en menor porcentaje casi nulo el uso industrial y producción agrícola y frutícola (véase en el gráfico 2). Por otra parte, la variable vialidad se ha clasificado en la conformación del sistema vial que se jerarquizó en cantonal y urbano (véase en el gráfico 3 y tabla 9); y el transporte en el que se destaca las rutas del transporte público que cubren el área de estudio y son de las principales líneas de buses: Vía Flores, Tungurahua, Jerpazsol, Unión, Libertadores (véase en el gráfico 6 y anexo A).

Se continúa con la variable demográfica, de acuerdo al censo 2010 y al PDOT de Ambato la población urbana de Ambato está conformada por 165,185 habitantes, que representan el 50% de la población tungurahuese; y se registra una tasa de crecimiento de 1,93% (véase en el gráfico 7). Dicha población se distribuye en las 9 parroquias urbanas, las cuáles son: San Francisco, La Merced, Celiano Monge, Huachi Loreto, Huachi Chico, La Matriz, Atocha – Ficoa, Pishilata y La Península.

También se hizo un análisis estadístico de los datos obtenidos de la única estación de monitoreo de calidad de aire existente en el cantón Ambato, ubicada al sur de la ciudad en las instalaciones del GAD Ambato, el cual se presenta a continuación (véase en la tabla 57).

**Tabla 59.** Resultados datos de monitoreo de calidad de aire 2016-2017.

<b>Contaminante</b>	<b>Año 2016 (ug/m3)</b>	<b>Año 2017 (ug/m3)</b>
Monóxido de carbono (CO)	356,82	306,34
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	14,25	14,31
Ozono (O <sub>3</sub> )	29,12	32,87
Material particulado (PM <sub>2,5</sub> )	8,82	5,42

Para el análisis de los datos meteorológicos se obtuvo información sobre dirección y velocidad del viento de las estaciones ubicadas en puntos estratégicos de la provincia de Tungurahua desde el año 2005 hasta el año 2015. En la tabla 56 se presentan los resultados que de acuerdo al IMAHI (2018) en sus anuarios establece que la velocidad del viento predominante es de 13H (m/s) y poseen vientos en todas las direcciones (véase en la tabla 58).

**Tabla 60.** Resumen datos meteorológicos

<b>ESTACIONES</b>	<b>RESULTADOS</b>
Baños (M0029)	<b>Velocidad media:</b> 13H(m/s)
	<b>Velocidad máxima:</b> 6,2 H(m/s)

	<b>Velocidad mínima:</b> 16 H(m/s)
	<b>Dirección:</b> NE
Patate (M0126)	<b>Velocidad media:</b> 6,7 H(m/s)
	<b>Velocidad máxima:</b> 10H (m/s)
	<b>Velocidad mínima:</b> 3,8H (m/s)
	<b>Dirección:</b> SE
Píllaro (M0127)	<b>Velocidad media:</b> 3,1H (m/s)
	<b>Velocidad máxima:</b> 5,2 H (m/s)
	<b>Velocidad mínima:</b> 1,4H (m/s)
	<b>Dirección:</b> S
Pedro Fermín Cevallos (M0128)	<b>Velocidad media:</b> 5,75 H(m/s)
	<b>Velocidad máxima:</b> 8,2H (m/s)
	<b>Velocidad mínima:</b> 3,3H (m/s)
	<b>Dirección:</b> NE
Querochaca UTA (M0258)	<b>Velocidad media:</b> 4,2H (m/s)
	<b>Velocidad máxima:</b> 9,4 H (m/s)
	<b>Velocidad mínima:</b> 1,6H (m/s)
	<b>Dirección:</b> E
Calamaca Convenio INAMHI HCPT (M0169)	<b>Velocidad media:</b> 14,5 H(m/s)
	<b>Velocidad máxima:</b> 20H (m/s)

	<b>Velocidad mínima:</b> 5 H (m/s)
	<b>Dirección:</b> -
Cunchibamba – ITLAM (M1243)	<b>Velocidad media:</b> 14,2H (m/s)
	<b>Velocidad máxima:</b> 20 H (m/s)
	<b>Velocidad mínima:</b> 3,8H (m/s)
	<b>Dirección:</b> NW

Para dar continuidad con la presentación de resultados, se muestran los 5 contaminantes a monitorearse en la red, según el Acuerdo Ministerial 097 A en el Anexo 4 referente a la Norma de Calidad del Aire Ambiente o nivel de Inmisión:

- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Material particulado (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>)
- Ozono (O<sub>3</sub>)

Para el establecimiento y distribución de las estaciones de monitoreo se determinaron puntos de emisión y puntos de afectación (véase en el gráfico 33 y 34).

- **Puntos de emisión**
  - Fuentes fijas
  - Fuentes móviles
- **Puntos de afectación**
  - Centros de salud
  - Centros educativos
  - Centros poblados

Se construye la red de monitoreo a partir de los puntos de emisión y afectación mencionados anteriormente; está conformada por 13 estaciones las cuales cubren toda el área urbana, entre cada estación varía una distancia de 1655 a 3954 metros; se encuentran ubicadas de la siguiente manera, pero puede haber cambios pertinentes al momento de establecer las estaciones en la realidad del territorio (véase en el gráfico 37 y la tabla 59).

**Tabla 61.** Ubicación de las estaciones de monitoreo

<b>ESTACIONES</b>	<b>UBICACIÓN</b>
Estación 1	Calle Ciudad del Este, referencia Av. Indoamérica km 493.
Estación 2	Av. Jorge Luis Borges y Boctacceo, referencia cancha de Techo Propio.
Estación 3	Av. Thomas Alva Edison y Luis Amgstrong, referencia 1 km de distancia al paso lateral.
Estación 4	Av. Julio Jaramillo y Av. Los Chasquis, referencia redondel de Huachi Chico.
Estación 5	Calle Luciano Guerrero y Hermanos Alcocer, a 500 m de la Av. Ambato – Tisaleo.

Estación 6	Av. Garcilaso de la Vega y Espronceda, referencia a 300 m del patio de retención vehicular PJ Ambato.
Estación 7	Av. Los Mortiños, referencia subida a Pinllo.
Estación 8	Av. Rodrigo Pachano (sector La Liria), referencia a 250 m del Parque Familiar de Atocha.
Estación 9	Calle Bogotá y Caracas, referencia parroquia La Península
Estación 10	Calle Los Llangantes y Verdeloma, referencia a 270 m de la Av. El Rey.
Estación 11	Calle Condorazo e Isidro Ayora, referencia a 150 m del Instituto Tecnológico Luis A. Martínez.
Estación 12	Av. Bolivariana y Real Audiencia de Quito, referencia al Complejo Deportivo Huachi Loreto.

Estación 13	Calle Mileto y Zenon Elea, referencia a 1 km del Mercado Mayorista.
-------------	---

Después de haber presentado los resultados de la constitución de la red de monitoreo, es necesario proponer un índice de calidad de aire que permita medir los niveles permisibles de contaminación y que la población esté informada de la calidad de aire que respira. El Índice de Calidad de Aire de Ambato (ICAA) se lo estableció con base al Índice Quiteño de Calidad de Aire (IQCA), mediante el análisis de las ecuaciones (véase desde el gráfico 38 al gráfico 43) establecidas por la Secretaría del Ambiente del DMQ de acuerdo a los niveles permisibles dados por la normativa y estudios realizados por la OMS; el índice varía de 0 a 500 donde 0 significa nula concentración del contaminante y 500 alto grado de concentración del mismo. De acuerdo a lo mencionado anteriormente para poder establecer el ICAA, se estudian los datos arrojados por la única estación de monitoreo de Ambato y se comprueba que de acuerdo al gráfico 44 del IQCA los valores se encuentran dentro de los niveles permisibles, por lo que se ha llegado a establecer que las ecuaciones empleadas para Quito también se emplearán para la ciudad de Ambato. Por tal motivo, se presenta una tabla de valores obtenidos de la red de monitoreo (véase tabla 60) y los rangos de nivel aceptable para el IQCA.

**Tabla 62.** Comparación de valores Ambato – Quito.

<b>CONTAMINANTE</b> <b>(Estación de monitoreo Ambato)</b>	<b>2016 ug/m3</b>	<b>2017 ug/m3</b>	<b>RANGO PERMISIBLE (IQCA)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
CO	238 – 762	268 – 375	0 -5000	Nivel deseable
NO <sub>2</sub>	7,64 – 18,5	11,77 – 18,41	0 – 75	Nivel deseable
O <sub>3</sub>	11,09 – 43,09	21,78 – 50,98	0 – 80	Nivel deseable
PM <sub>2.5</sub>	0,99 – 18,97	0,018 – 10,80	0 - 33	Nivel deseable

Una vez establecido el ICAA para Ambato, es importante recomendar la utilización de equipos de medición de los diferentes contaminantes, para ese tema se destinó el capítulo V donde se realiza un análisis exhaustivo mediante la búsqueda bibliográfica de información acerca de los equipos empleados tanto en la red de monitoreo de Quito como de Cuenca. Se acordó hacer una ponderación con base a 5 criterios que permita escoger las tecnologías a utilizarse:

- Objetivos del equipo
- Disponibilidad y mantenimiento
- Especificaciones
- Garantía
- Certificaciones

En la tabla 61 se muestran los equipos seleccionados por cada contaminante con su respectiva ponderación para cada uno de los criterios.

**Tabla 63.** Equipos seleccionados para la red de monitoreo

<b>EQUIPO</b>	<b>CONTAMINANTE</b>	<b>PUNTAJE TOTAL</b>
TELEDYNE API/ T300	CO	14,5
THERMO ANDERSEN / FH62C14	PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10</sub>	8,5
TELEDYNE. T200M	NO <sub>2</sub>	11,5
THERMO 43C / 43I	SO <sub>2</sub>	9
TELEDYNE T265	O <sub>3</sub>	15

## 6.2. Discusión

Esta investigación tuvo el propósito de identificar la metodología que se deben aplicar para el diseño de la red de monitoreo en la zona urbana del cantón Ambato, la cual permitió la identificación de puntos críticos de contaminación como son los de emisión y afectación, los cuales se convirtieron en una pieza fundamental para este estudio. El analizar variables como vialidad, rutas de transporte público, datos meteorológicos y los datos de la única estación de monitoreo existente en la ciudad de Ambato, ayudó a crear e implementar las 13 nuevas estaciones de monitoreo que cubren toda la zona urbana y permitirá monitorear los datos arrojados por cada una de estas; todo este diseño se realizó con base a estaciones de monitoreo de las ciudades de Quito, Cuenca y Bogotá.

La ubicación de las estaciones se realizó con base a otros estudios ya en funcionamiento; esto garantiza que este estudio tenga un soporte teórico y metodológico que articula las variables mencionadas anteriormente con las que se presentan en la información bibliográfica investigada.

El hecho de que, la investigación consiste en solamente diseñar la red de monitoreo, no quiere decir que no es importante tomar en cuenta el presupuesto para la implementación y el personal técnico con el que posee el GAD Ambato para poder llevar a cabo este proyecto; por supuesto para la institución el objetivo es garantizar la calidad de vida y salud de la población ambateña. Por tal motivo, se debería dar continuidad a este estudio para proporcionar un análisis concreto del presupuesto económico destinado para proyectos de medio ambiente como este, para lo cual se considera que solamente contar un departamento de Control y Gestión Ambiental por parte del GAD Municipal no será suficiente para la aplicación y ejecución de dicho proyecto, con base a estudios expuestos en esta investigación, sería de vital importancia establecer una secretaría o una institución anexa al GAD que se encargue netamente de estudios e investigación ambiental, con el presupuesto adecuado y el personal técnico especializado que garantice su funcionamiento correcto.

Una de las limitaciones que se presentaron a lo largo de esta investigación, es el inadecuado procesamiento de la información, es decir, es necesario poseer información accesible para la población, la cual se pueda manipular de una manera correcta y utilizar en proyectos de investigación que beneficien a la sociedad y contribuyan al desarrollo de la ciudad. El modificar

la información proporcionada tomó mucho tiempo, el cual se hubiese utilizado en continuar con el análisis de la implementación de las primeras estaciones de monitoreo. También el tener algunos vacíos de información no facilitó proporcionar en este estudio un análisis real, por lo que mediante varias metodologías se pudo completar la información y así tener valores aproximados que se acerquen a la realizar y generen el diseño de la red de monitoreo.

Cabe recalcar que la utilización de los sistemas de información geográfica (SIG), sobretodo del programa ArcMap 10.3, permitió el manejo adecuado de los datos, análisis de las variables y el proporcionar resultados mediante la aplicación de mapas, los cuales permiten una mejor visualización del proyecto que se está presentando; también el procesamiento estadístico de todas las variables, es decir, un análisis cuantitativo; proporcionó información objetiva, exacta, verás y confiable que se utilizó en toda esta investigación.

Por último, es importante considerar que el establecimiento de las 13 estaciones de monitoreo, la implementación del ICAA y la utilización de los equipos seleccionados se pueden modificar de acuerdo a factores que pueden variar con el tiempo como son la densidad poblacional, crecimiento del parque automotriz e industrial y los datos que proporcionarían las nuevas estaciones y se tendrá información real sobre el comportamiento de los contaminantes a ser analizados.

## CAPÍTULO VII

### 7.1 Conclusiones

- A partir del análisis de la normativa urbana e información relacionada se pudo determinar los puntos críticos los cuáles son dos de emisión: fuentes fijas y móviles para lo cual se utilizó las capas de uso de suelo, vialidad y rutas de transporte público; y de afectación se clasificaron en tres categorías: centros de salud, centros educativos y centros poblados, utilizando las capas de Sistema Nacional de Información (SNI, 2014), existentes en la zona urbana del cantón Ambato. En conclusión, las capas fueron analizadas en el programa ArcMap 10.3, cuyos resultados se presentan en el capítulo VI.
- La red de monitoreo pasivo de calidad de aire de la zona urbana del cantón Ambato, se establecen 5 contaminantes para monitorear y son: monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y material particulado (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>), de acuerdo a la legislación ecuatoriana que corresponde al TULSMA el Anexo IV referente a la Norma de Calidad del Aire Ambiente o nivel de Inmisión. Con base a redes de monitoreo ya establecidas se determinó que 13 estaciones serán las necesarias para cubrir el área urbana y poder monitorear los niveles de contaminación para garantizar la calidad de vida de la población.
- Se determina el Índice de Calidad de Aire Ambato (ICAA), mediante información bibliográfica, es decir, el empleo de ecuaciones realizadas por la Secretaría del Ambiente del DMQ. Se aplica este índice ya que el estudio de los datos proporcionados por la única estación de monitoreo en Ambato arroja resultados que se encuentran dentro de los valores de dichas ecuaciones, que previamente se analizaron. Los rangos son los siguientes: nivel deseable (0-50), nivel aceptable (50-100), nivel de precaución (100-200), nivel de alerta (200-300), nivel de alarma (300-400), nivel de emergencia (400-500).
- Las técnicas y tecnologías que se utilizaran en cada una de las estaciones de monitoreo se seleccionaron mediante la ponderación de los equipos empleados en las redes de monitoreo de la ciudad de Quito y Cuenca, dándoles valores de 0 (no posee información) 1-1,5 (bajo

o no cumple con la información básica), 2-2,5 (medio o cumple con cada uno de los criterios) y 3 (alto o cumple cada uno de los criterios y presenta características específicas) y los 5 criterios son : objetivos, disponibilidad y mantenimiento, especificaciones, garantía y certificaciones. Finalmente, se seleccionaron los equipos con mayor puntaje y de esta manera se escogieron los equipos que formarán parte de la constitución de la red de monitoreo en la zona urbana del cantón Ambato.

## **7.2 Recomendaciones**

- Se recomienda implementar el diseño de la red de monitoreo pasivo de calidad de aire por parte del GAD Ambato, a pesar de que cumple con la norma establecida, es decir, cuenta con una sola estación de monitoreo; la población está creciendo y consigo aumento del parque automotriz e industrial, como consecuencia se registran niveles mayores de contaminación. Es importante llevar a cabo este proyecto para garantizar la calidad de vida de los habitantes y mantener a Ambato como una de las tres ciudades como aire más limpio del Ecuador.
- En este estudio se obtuvo información que será de gran ayuda en el funcionamiento de la red de monitoreo como son los datos meteorológicos, los cuales se recomiendan ser utilizados al momento de generar modelos geoestadísticos, de esta manera, se sabrá la correcta distribución de los contaminantes y así se tendrá información específica del estado de la calidad de aire en Ambato; generando propuestas, planes y programas para contribuyan a mantener la buena calidad de aire por lo cual se caracteriza la ciudad.
- Sería de gran importancia implementar ICAA con base bibliográfica del IQCA, mientras se obtienen datos propios de la ciudad, después se tendrían que realizar algunos cambios con respecto a la información proporcionada por la red de monitoreo, pero siempre con guía de la normativa ecuatoriana.

- Por otro lado, las tecnologías escogidas en este estudio conforme a su funcionamiento y utilización, se les deberá dar un mantenimiento adecuado, de esta forma se garantizará que los datos arrojados serán los correctos, tomando en cuenta que los equipos han pasado por un análisis previo para ser seleccionados.

## BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS (US-EPA, 2007). Metodología para la calidad de aire. Recuperado de: <https://espanol.epa.gov/espanol/aire>.

AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA). (2015). Contaminantes criterio del aire. Recuperado de: [http://www.baaqmd.gov/about-air-quality/research-and-data/emission-inventory/criteria-air-pollutants?sc\\_lang=es-MX&switch\\_lang=true](http://www.baaqmd.gov/about-air-quality/research-and-data/emission-inventory/criteria-air-pollutants?sc_lang=es-MX&switch_lang=true).

AMBATO, G. (2015). Actualización PDOT. Recuperado de: <http://www.ambato.gob.ec/wp-content/uploads/2016/09/PDOT-Ambato-07-06-2016.pdf>

BUEN VIVIR. (2013). Objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir. Recuperado de: <http://www.buenvivir.gob.ec/descarga-objetivo>

CICA. (2012). Calidad de aire fronterizo. Recuperado de [https://www3.epa.gov/ttnca1/cica/airq\\_s.html](https://www3.epa.gov/ttnca1/cica/airq_s.html)

DAMA. (2001). Diseño de una red de monitoreo de calidad de aire para la vigilancia epidemiológica en Bogotá (RMCAVEB). Recuperado de [https://www.google.com.ec/search?q=Dise%C3%B1o+de+una+red+de+monitoreo+de+calidad+de+aire+para+la+vigilancia+epidemiol%C3%B3gica+en+Bogot%C3%A1+\(RMCAVEB\)&oq=Dise%C3%B1o+de+una+red+de+monitoreo+de+calidad+de+aire+para+la+vigilancia+epidemiol%C3%B3gica+en+B](https://www.google.com.ec/search?q=Dise%C3%B1o+de+una+red+de+monitoreo+de+calidad+de+aire+para+la+vigilancia+epidemiol%C3%B3gica+en+Bogot%C3%A1+(RMCAVEB)&oq=Dise%C3%B1o+de+una+red+de+monitoreo+de+calidad+de+aire+para+la+vigilancia+epidemiol%C3%B3gica+en+B)

DAMA. (2003). Calidad de aire. Recuperado de [file:///C:/Users/Alberto/Downloads/An%C3%A1lisisinformaci%C3%B3n\\_calidadaire.pdf](file:///C:/Users/Alberto/Downloads/An%C3%A1lisisinformaci%C3%B3n_calidadaire.pdf).

DÍAZ. (2011). QUIMICA II. Recuperado de <https://sites.google.com/site/quimicaiepoem/-que-es-el-aire-1>.

DURÁN, J. (2016). Posibilismo Geográfico.

EMOV. (2017). Informe de Calidad de Aire Cuenca . Cuenca .

ENVIRONMENTAL, E. (s.f.). Modelo FH 62 C14 - Monitor de partículas continuo. Recuperado de: <https://www.environmental-expert.com/products/model-fh-62-c14-continuous-particulate-monitor-5454>.

EPA. (2016). Environmental Protection Agency. Recuperado de [https://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi\\_sp](https://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi_sp)

EPA, E. P. (1998). Office of Air Quality Planning and Standards. Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems Volume II: Part 1 Ambient Air Quality Monitoring Program Quality System Development. August 1998.

ESPINOZA, A. (2011). “Diseño de un sistema de información geográfica para la Red de Monitoreo Ambiental de la ciudad de Cuenca. Recuperado de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2042/1/104351.pdf>

EUSTAT. (s.f.). Instituto Vasco de Estadística . Recuperado de [http://www.eustat.eus/documentos/opt\\_0/tema\\_453/elem\\_13705/definicion.html](http://www.eustat.eus/documentos/opt_0/tema_453/elem_13705/definicion.html)

FORERO. (s.f.). Contaminante Criterio. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/48537572/contaminantes-criterio>.

GAD CUENCA (1998). Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca.

GADMA. (2015). Ley Orgánica de Prevención y Control Ambiental.

GADMA. (2015). *GAD Municipal de Ambato*. Recuperado de: <http://www.ambato.gob.ec/plan-de-calidad-del-aire-ambato-un-esfuerzo-innovador-a-favor-del-medio-ambiente>.

GADMA. (2016). “Plan de Calidad del Aire Ambato”: un esfuerzo innovador a favor del medio ambiente Recuperado de: <http://www.ambato.gob.ec/plan-de-calidad-del-aire-ambato-un-esfuerzo-innovador-a-favor-del-medio-ambiente>.

GUZMÁN, C. y. (s.f.). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO. Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaidis/mexico11/ca-3.pdf>

HARRIS. (2007). Colimetría Ley de Lambert-Beer. Recuperado de <http://www.qfa.uam.es/labqui/practicas/practica4.pdf>.

IMAHÍ. (2018). Anuales meteorológicos 2005-2015.

INE. (s.f.). Manual 3, Redes Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad de Aire. Recuperado de: <http://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/3%20-%20Redes,%20Estaciones%20y%20Equipos%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf>.

INEC. (2010). Recuperado de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/1801\\_AMBATO\\_TUNGURAHUA.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/1801_AMBATO_TUNGURAHUA.pdf)

INEN. (2010). Norma Técnica de Vehículos Automotores, Buses Urbanos. Recuperado de: <https://archive.org/details/ec.nte.2205.2010>

JERVES, R., ARMIJOS, F. (2016). Análisis y Revisión de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la Ciudad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de: [https://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13853/1/Lgr\\_n23\\_Jerves\\_Armijos-Arcos.pdf](https://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13853/1/Lgr_n23_Jerves_Armijos-Arcos.pdf)

LEXIS. (2017). Código Orgánico del Ambiente. Recuperado de: <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/05NOR2017-COA.pdf>

MAE. (2015). Registro Oficial, . Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf>

NASA. (s.f.). *Clima promedio en Ambato*.

Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/20027/Clima-promedio-en-Ambato-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

NATIONAL GEOGRAPHIC. (2010). La contaminación del aire. Recuperado de: <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/la-contaminacion-del-aire>

NAVARRO, L. P. (s.f.). La triangulación metodológica en el ámbito de la investigación social: dos ejemplos de uso . Recuperado de <file:///C:/Users/Diego&Pamela/Downloads/409413.pdf>

NO2, T. (s.f.). T200M. Recuperado de <http://www.teledyne-api.com/products/nitrogen-compound-instruments/t200m>.

OMS. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS. Recuperado de [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf;jsessionid=692AC86312662C6D5F96E4A563A8BD14?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=692AC86312662C6D5F96E4A563A8BD14?sequence=1).

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2016). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2016). Principio II: Establecer los puntos críticos de control. Recuperado de: [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10915%3A2015-principio-ii-establecer-los-puntos-criticos-de-control&catid=7678%3Ahaccp&Itemid=41432&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10915%3A2015-principio-ii-establecer-los-puntos-criticos-de-control&catid=7678%3Ahaccp&Itemid=41432&lang=es)

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2014). Urbes con el aire menos contaminado en América Latina.

PROCLIMA. (s.f.). El Aire.

REVISTA ARQHYS. 2017, 04. Tipos de contaminación del aire. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Recuperado de: <http://www.arqhys.com/tipos-de-contaminacion-del-aire.html>.

RIASCOS, N.(2015). Identificación de zonas con mayor afectación por puntos críticos de acumulación de residuos sólidos ordinarios en San Juan de Pasto, 2014-2015. Recuperado de: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90812.pdf>.

SCIENTIFIC, T. (s.f.). Analizador modelo 43 i SO 2. Recuperado de <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/43I>

SECRETARIA DE AMBIENTE DMQ. (s.f.). Red de Monitoreo Atmosférico. Recuperado de: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/red-de-monitoreo>

SECRETARIA DE AMBIENTE DMQ. (2015). Calidad del Aire en Quito, informe anual. Recuperado de:

[http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/ICA2015.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/ICA2015.pdf)

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES - SEMARNAT. (2013). Calidad del aire: Una práctica de vida. Recuperado de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>

SECRETARÍA DEL AMBIENTE. ( 2011). Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire. Recuperado de Quito Ambiente: [http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/norma\\_ecuato\\_calidad.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf)

SECRETARÍA DEL AMBIENTE. (2014). Calidad del Aire en Quito: Informe Anual 2014. Recuperado de Quito Ambiente: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/informes>

SECRETARÍA DEL AMBIENTE. (2016). Calidad del Aire en Quito: Informe Anual 2016. Recuperado de Quito Ambiente: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/informes>

SECRETARÍA DEL AMBIENTE. (2017). Generalidades de la REMMAQ. Recuperado de Quito Ambiente: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/generalidades>

SEMARNAT. (2015). Guía de Elaboración y Usos de Inventarios de Emisiones. Recuperado de [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5\\_8080/ibi\\_apps/WFServlete5c8.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlete5c8.html)

SENPLADES. (2017). Plan Nacional de Desarrollo. Recuperado de [http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_0K.compressed1.pdf](http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf)

SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN. (2014). Archivos de información Geográfica. Recuperado de: <http://sni.gob.ec/coberturas>

TEDELYNE. (s.f.). Modelo T300U. Recuperado de: <http://www.teledyne-api.com/products/carbon-compound-instruments/t300u>

TELEDYNE. (s.f.). Modelo T300. Recuperado de: <http://www.teledyne-api.com/products/carbon-compound-instruments/t300?SortField=FileSizeDisplay&SortDir=Desc&View=%7BA2AAECA1-085D-46BD-BA18-D4E4E159B277%7D>

TELEDYNE. (s.f.). Modelo T400. Recuperado de: <http://www.teledyne-api.com/products/oxygen-compound-instruments/t40>.

TERRADAS. (s.f.). Contaminación Atmosférica. Recuperado de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448169816.pdf>

TERRITORIAL, P. d. (s.f.). Usos del Suelo. Recuperado de <http://www.ambato.gob.ec/wp-content/uploads/2016/09/PDOT-Ambato-07-06-2016.pdf>.

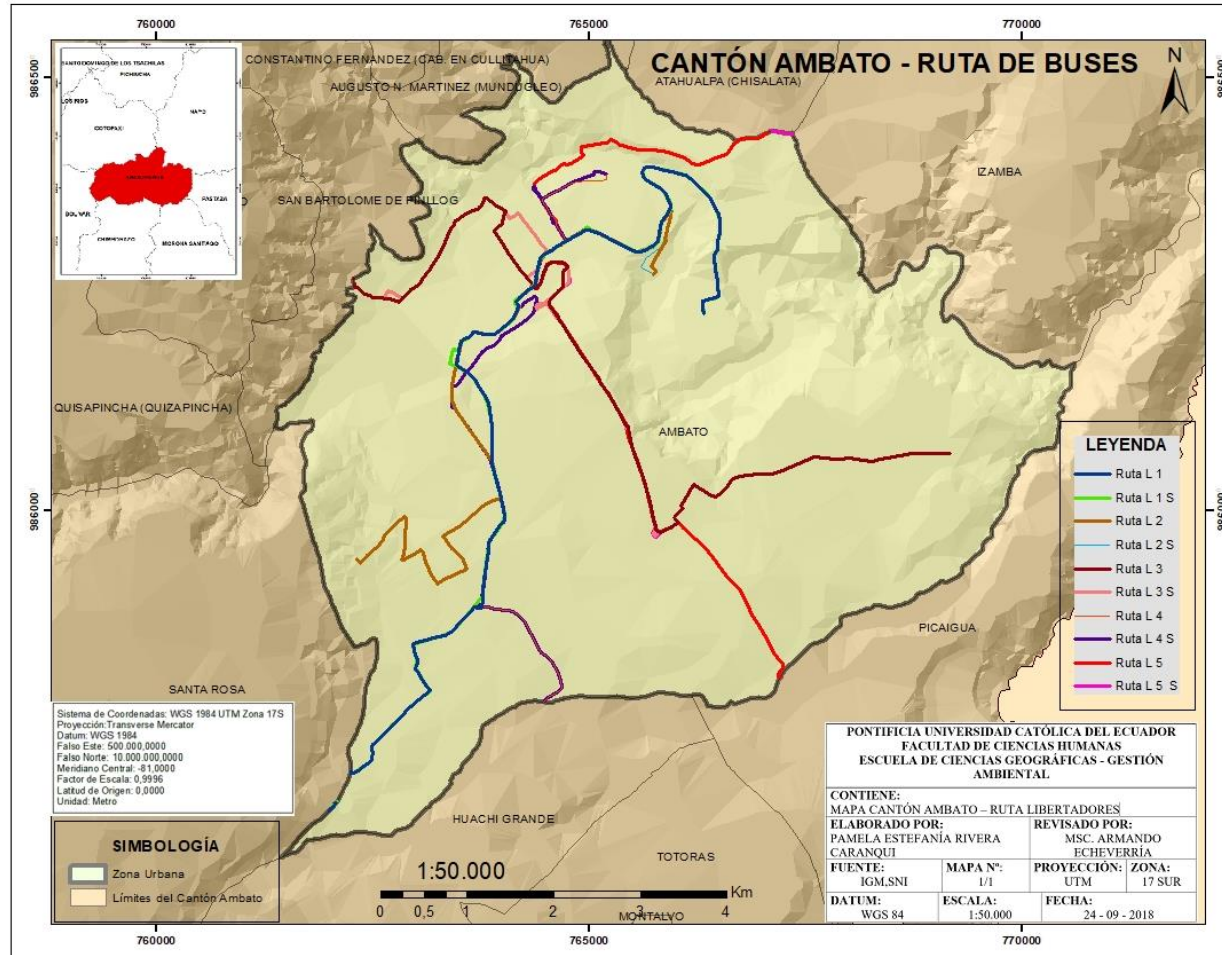
TULAS. (2012). Norma de Calidad de Aire Ambiente (NECA)

ZAPATA, C. et al. (2008). Fortalecimiento de la Red de Monitoreo de la Calidad de Aire en el Valle de Aburra con medidores pasivos. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/1694/169414452004/>

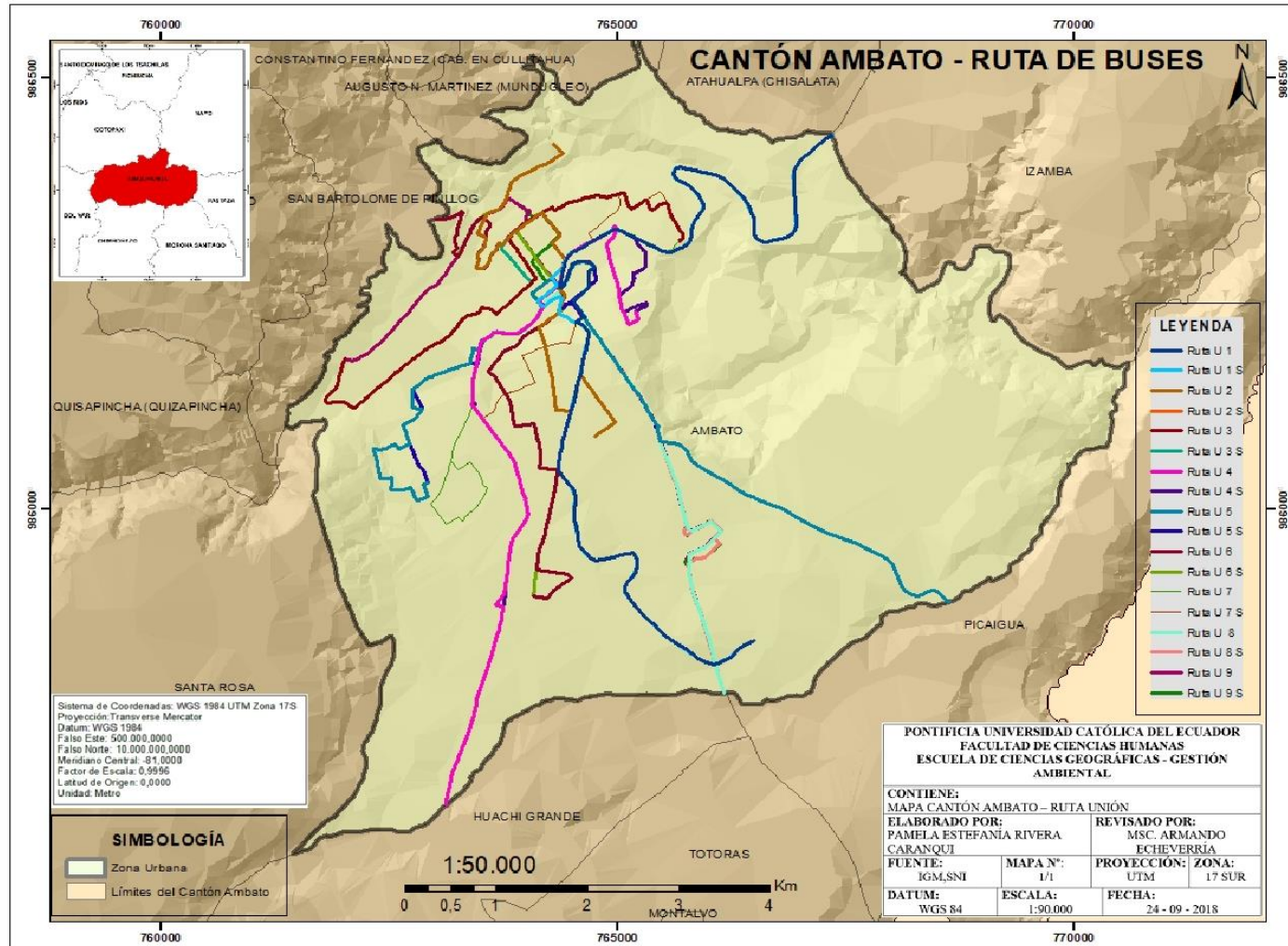
# ANEXOS

## ANEXO A: Ruta de transporte público

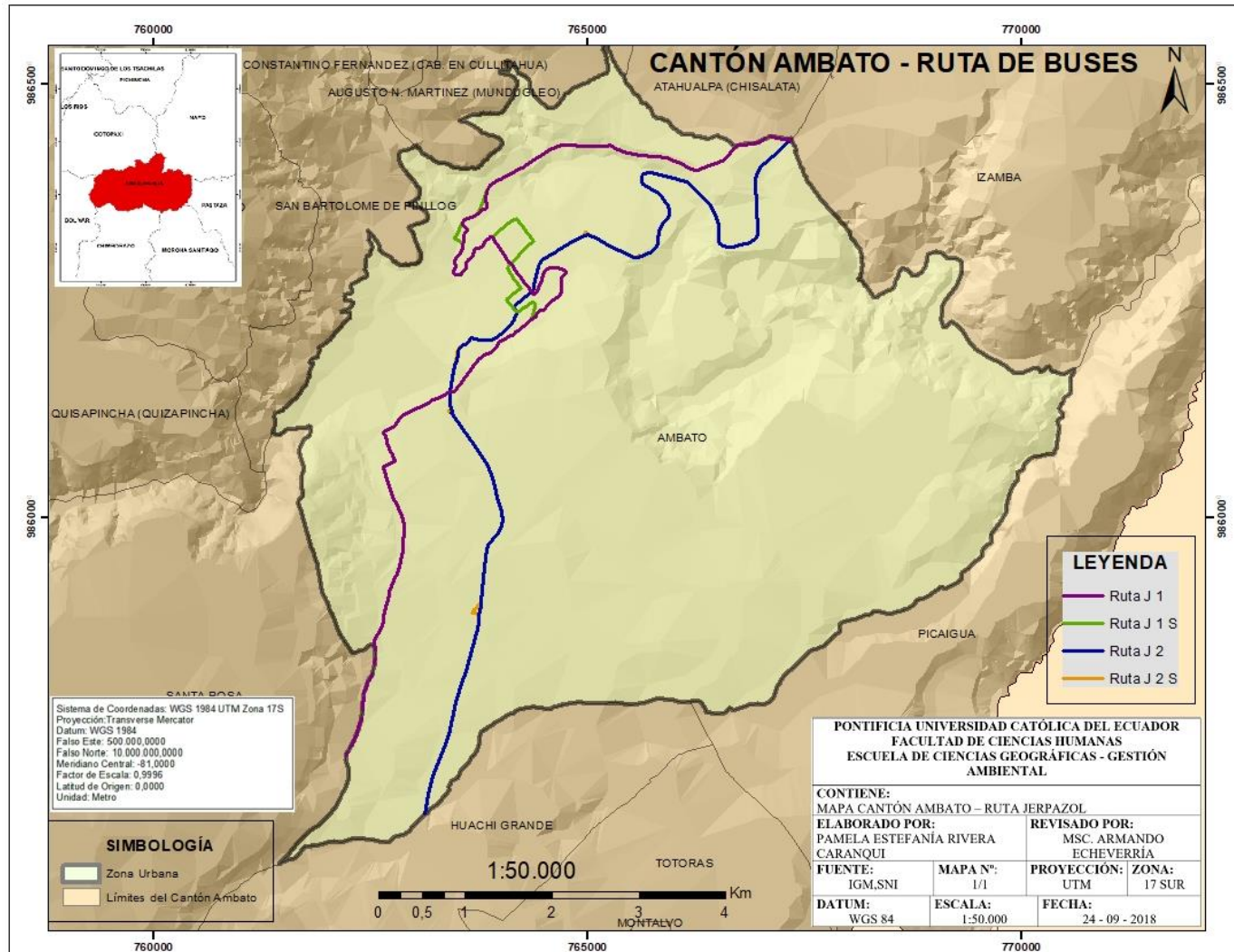
### - Ruta Libertadores



# -Ruta Unión



**-Ruta Jerpazsol**



**-Ruta Vía Flores**

