



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“DETERMINACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} Y
PM₁₀ EN EL TERMINAL TERRESTRE DE LATACUNGA,
PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros Ambientales

Autores:

Arevalo Bustillos Luis Alexander

Jara Montalvo Katherine Margarita

Tutor:

Daza Guerra Oscar René

LATACUNGA – ECUADOR
Agosto 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Luis Alexander Arevalo Bustillos, con cédula de ciudadanía No. 0550249940 y Katherine Margarita Jara Montalvo, con cédula de ciudadanía No. 1723817498, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Determinación del material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ en el Terminal Terrestre de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”, siendo el Ingeniero Mg. Oscar René Daza Guerra Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Luis Alexander Arevalo Bustillos
Estudiante
CC: 0550249940

Katherine Margarita Jara Montalvo
Estudiante
CC: 1723817498

Ing. Oscar René Daza Guerra, Mg.
Docente Tutor
CC: 0400689790

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **AREVALO BUSTILLOS LUIS ALEXANDER**, identificado con cédula de ciudadanía **0550249940** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Determinación del material particulado PM2,5 y PM10 en el Terminal Terrestre de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2022” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2018 – marzo 2019

Finalización de la carrera: abril 2022 – agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero Mg. Oscar René Daza Guerra

Tema: “Determinación del material particulado PM2,5 y PM10 en el Terminal Terrestre de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicite.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 29 días del mes de agosto del 2022.

Luis Alexander Arevalo Bustillos
EL CEDENTE

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **JARA MONTALVO KATHERINE MARGARITA** identificada con cédula de ciudadanía **1723817498** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Determinación del material particulado PM2,5 y PM10 en el Terminal Terrestre de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2018 – marzo 2019

Finalización de la carrera: abril 2022 – agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero Mg. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal

Tema: “Determinación del material particulado PM2,5 y PM10 en el Terminal Terrestre de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comuniquen, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicite.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 29 días del mes de agosto del 2022.

Katherine Margarita Jara Montalvo
LA CEDENTE

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“DETERMINACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} Y PM₁₀ EN EL TERMINAL TERRESTRE DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022”, de Arevalo Bustillos Luis Alexander y Jara Montalvo Katherine Margarita, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Ing. Oscar René Daza Guerra, Mg.

DOCENTE TUTOR

CC: 0400689790

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Arevalo Bustillos Luis Alexander y Jara Montalvo Katherine Margarita, con el título del Proyecto de Investigación: “DETERMINACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} Y PM₁₀ EN EL TERMINAL TERRESTRE DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 29 de agosto del 2022

Lector 1 (presidente)

Lic. Patricio Clavijo Cevallos, M.Sc.
CC: 0501444582

Lector 2

Ing. José Andrade Valencia, M.Sc.
CC: 0502524481

Lector 3

Ing. Vladimir Ortiz Bustamante, M.Sc.
CC: 0502188451

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios por darme la dicha de tener a los mejores padres, quienes han sido siempre el motor que impulsan mis sueños, apoyándome en los buenos y malos momentos durante los ciclos de estudio, gracias por estar siempre a mi lado alentándome y permitiendo que el día de hoy junto a su apoyo y cariño culmine una más de mis metas planteadas.

También quiero agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formar parte de esta increíble institución y por poner en mi camino a los mejores docentes que han planteado buenos conocimientos a lo largo de mi carrera como estudiante.

Luis Alexander Arevalo Bustillos

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida que me otorgó y por permitirme disfrutar cada momento bueno y malo junto a mi familia, gracias a mi madre Gladys y a padre Luis por apoyarme y nunca soltarme en cada decisión en el transcurso de la carrera universitaria sin ellos este logro no lo hubiese cumplido, no ha sido nada sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a la confianza, amor, bondad y apoyo que me brindaron lo complicado de esta meta se ha notado menos.

Gracias también a la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme el conocimiento necesario para ser una excelente profesional, de la misma manera agradezco a cada uno de mis docentes quienes me proporcionaron las mejores enseñanzas.

Katherine Margarita Jara Montalvo

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación está dedicado a Dios, a mis padres, a mi hermano, a mis compañeros y a mis docentes, quienes confiaron en mí y me ayudaron a lo largo de mi carrera universitaria.

Luis

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto de titulación con todo mi amor:

A mi madre Gladys por ser ese pilar fundamental que me ha sabido inculcar con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado día a día a seguir adelante en los momentos difíciles.

A mi hija Lizbeth quién ha sido mi motivación para nunca rendirme en los estudios, su afecto y cariño fueron los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo y de mis ganas de buscar lo mejor para ella.

Dedico también a mi padre Luis, a mis hermanos, a mis compañeros universitarios y a las personas más cercanas que de alguna manera siempre me alentaron y dieron ánimos para culminar mis estudios, este logro va para ellos.

Kathy

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} Y PM₁₀ EN EL TERMINAL TERRESTRE DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022”

AUTORES: Arévalo Bustillos Luis Alexander
Jara Montalvo Katherine Margarita

RESUMEN

La contaminación del aire es un problema a nivel mundial producido por el desarrollo urbanístico, en especial al crecimiento del parque automotor y por el consumo de combustibles fósiles de baja calidad como el diésel. En el presente proyecto de investigación se determinó el material particulado PM_{2,5} y PM₁₀, en el Terminal Terrestre de Latacunga provincia de Cotopaxi, en base a la caracterización y diagnóstico del área de estudio, mediante la observación directa y uso de investigación bibliográfica principalmente del plan de ordenamiento territorial de Latacunga, con la visita de campo se estableció 6 puntos de muestreo, mediante el uso del equipo E-BAM se realizó el monitoreo del material particulado, las muestras fueron tomadas cada 10 minutos durante las 24 horas según el protocolo del equipo, durante 12 días del mes de julio del 2022. La metodología aplicada en el estudio fue de carácter descriptivo, analítico y de campo. Los resultados de concentración promedio del material particulado en las 24 horas de PM_{2,5} fueron: punto uno 20µg/m³, punto dos 25µg/m³, punto tres 25µg/m³, punto cuatro 21µg/m³, punto cinco 18µg/m³ y punto seis 21µg/m³, de la misma manera para material particulado PM₁₀ se obtuvieron las siguientes concentraciones promedio: punto uno 32µg/m³, punto dos 48µg/m³, punto tres 46µg/m³, punto cuatro 38µg/m³, punto cinco 25µg/m³ y en el punto seis 42µg/m³, promedios que no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la Normativa del Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria Libro VI Anexo 4, donde especifica que, para PM_{2,5} el límite máximo permisible es 50 µg/m³ y para PM₁₀ el límite máximo permisible es 100µg/m³. El Terminal Terrestre de Latacunga cuenta con la infraestructura adecuada para su funcionamiento, sin embargo, no cuenta con una política de seguimiento, monitoreo y control de los niveles de contaminación atmosférica.

Palabras clave: Calidad de aire, contaminación, E-BAM, límites máximos permisibles, monitoreo.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “DETERMINATION OF PARTICULATE MATERIAL PM_{2,5} AND PM₁₀ IN THE TERRESTRIAL TERMINAL OF LATACUNGA, PROVINCE OF COTOPAXI, PERIOD 2022”

AUTHORS: Arevalo Bustillos Luis Alexander
Jara Montalvo Katherine Margarita

ABSTRACT

Air pollution is a worldwide problem caused by urban development, especially the growth of the automobile fleet and the consumption of low-quality fossil fuels such as diesel. In this research project, PM_{2,5} and PM₁₀ particulate matter was determined in the Latacunga Land Terminal in the province of Cotopaxi, based on the characterization and diagnosis of the study area, through direct observation and use of bibliographic research, mainly from the land use plan of Latacunga, with the field visit, 6 sampling points were established, using E-BAM equipment to monitor particulate matter samples were taken every 10 minutes during 24 hours according to the equipment's protocol, during the 12 days of July 2022. The methodology applied in the study was descriptive, analytical and field. The results of the average concentration of particulate matter in the 24 hours of PM_{2,5} were: point one 20µg/m³; point two 25µg/m³; point three 25µg/m³; point four 21µg/m³; point five 18µg/m³ and point six 21µg/m³, in the same way for particulate matter PM₁₀ the following concentrations were obtained: point one 32µg/m³; point two 48µg/m³; point three 46µg/m³; point four 38µg/m³; point five 25µg/m³ and point six 42µg/m³, averages that do not exceed the maximum permissible limits established in the Regulations of the Ministerial Agreement 097-A Reform of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA) Book VI Annex 4, where it specifies that, for PM_{2,5} the maximum permissible limit is 50µg/m³ and for PM₁₀ the maximum permissible limit is 100µg/m³. The Latacunga Land Terminal has adequate infrastructure for its operation; however, it does not have a policy for follow-up, monitoring, and control of air pollution levels.

Keywords: Air quality, pollution, E-BAM, maximum permissible limits, monitoring.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
5. OBJETIVOS	4
5.1. Objetivo General	4
5.2. Objetivos Específicos	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1. El Aire.....	6
7.1.1. Composición de Aire	6
7.2. Calidad De Aire	6
7.3. Contaminación Atmosférica.....	6
7.3.1. Fuentes de Contaminación	7
7.3.2. Clasificación de los Contaminantes del Aire	7
7.4. Material Particulado (PM)	9
7.4.1 Clasificación de las Partículas de Acuerdo a su Diámetro.....	9
7.4.2. Según el Proceso de Formación, las Partículas se Clasifican como:	10
7.4.3. Tipos de Material Particulado	10
7.4.4. Efectos del Material Particulado Sobre la Salud.....	12
7.4.5. Efectos Sobre el Medio Ambiente	15
7.4.6. Efectos sobre el clima	15
7.5 E-BAM	15
7.5.1 Partes del Equipo.....	16

7.5.2	Ventajas	16
7.6	Marco Legal.....	17
7.6.1.	Constitución de la República del Ecuador.....	17
7.6.2.	Código Orgánico del Ambiente	17
7.6.3.	Reglamento al Código Orgánico del Ambiente	18
7.6.4.	Acuerdo Ministerial 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria.....	18
7.6.5	Índice de la Calidad de Aire (AQI).....	21
8.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS.....	22
9.	METODOLOGÍA.....	23
9.6.	Tipos de Investigación.....	23
9.6.1.	Investigación Bibliográfica	23
9.6.2.	Investigación de Campo.....	23
9.6.3.	Investigación Analítica	24
9.7.	Métodos	24
9.7.1.	Método Descriptivo	24
9.7.2.	Método inductivo	24
9.8.	Técnicas.....	25
9.8.1.	Observación Directa	25
9.8.2.	Visita de Campo.....	25
9.8.3.	Monitoreo	25
9.9.	Instrumentos	26
9.10.	Metodología para la realización del monitoreo	26
9.10.1.	Instalación del Equipo E-BAM.....	26
9.10.2.	Selección del sitio de muestreo	27
9.10.3.	Espaciamiento desde obstrucciones y caminos	27
9.10.4.	Consideraciones generales.....	27
9.11.	Diseño no experimental	28
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	28
10.1.	Diagnóstico del Terminal Terrestre del Cantón Latacunga	28

10.1.1.	Ubicación Geográfica.....	28
10.1.2.	Diagnóstico Físico	29
10.1.3.	Diagnóstico Climático.....	30
10.1.4.	Área de estudio	33
10.1.5.	Ubicación de los Puntos de Monitoreo	39
10.2.	Análisis y Discusión de los Resultados.....	40
10.2.1.	Resultados de monitoreo Punto 1	40
10.2.2.	Resultados de Monitoreo Punto 2	43
10.2.3.	Resultados de Monitoreo Punto 3	46
10.2.4.	Resultados de Monitoreo Punto 4	49
10.2.5.	Resultados de Monitoreo Punto 5	52
10.2.6.	Resultados de Monitoreo Punto 6	55
10.2.7.	Comparación de los Resultados con la Normativa Ambiental	58
10.2.8.	Comparación de Resultados con el AQI.....	59
10.3.	PROPUESTA DE PREVENCIÓN DE IMPACTOS ENFOCADOS A REDUCIR LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO.....	60
10.3.1.	Introducción.....	60
10.3.2.	Justificación.....	61
10.3.3.	Objetivo General.....	62
10.3.4.	Desarrollo de estrategias.....	62
11.	IMPACTOS	73
11.1.	Impactos Sociales.....	73
11.2.	Impactos Ambientales	73
11.3.	Impactos Económicos.....	73
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
12.1	. Conclusiones	74
12.2.	Recomendaciones.....	75
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
14.	ANEXOS	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios del proyecto	3
Tabla 2 Actividades y Sistemas de tareas	5
Tabla 3 Fuentes de generación de PM _{2,5}	12
Tabla 4 Estándares establecidos por la Legislación Ecuatoriana	19
Tabla 5 Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire	20
Tabla 6 Categorías del AQI y sus valores límites, para cada contaminante común de la atmósfera, junto con el código de colores a ser utilizado	21
Tabla 7 Rangos, significados y colores de las categorías del AQI.....	22
Tabla 8 Cooperativas de transporte del Terminal Terrestre de Latacunga	35
Tabla 9 Áreas que conforman el Terminal Terrestre de Latacunga	36
Tabla 10 Número de unidades que conforman el Terminal Terrestre de Latacunga	37
Tabla 11 Calidad del aire del Terminal Terrestre de Latacunga según el índice, IQCA	60
Tabla 12 Cronograma de actividades estrategia 1	63
Tabla 13 Presupuesto estrategia 1	63
Tabla 14 Cronograma de actividades estrategia 2	66
Tabla 15 Presupuesto estrategia 2	67
Tabla 16 Cronograma de actividades estrategia 3	69
Tabla 17 Presupuesto estrategia 3	69
Tabla 18 Cronograma de actividades estrategia 4	72
Tabla 19 Presupuesto estrategia 4	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fuentes de generación PM10.....	11
Figura 2 Equipo E- BAM	16
Figura 3 Mapa de pendiente del cantón Latacunga.....	29
Figura 4 Mapa de cobertura vegetal del cantón Latacunga	30
Figura 5 Precipitación Media Mensual de la Estación Rumipamba del periodo 2003 -2013..	31
Temperatura Media Mensual de la Estación Rumipamba del periodo 2003-2013.....	32
Figura 7 Humedad Relativa Media Mensual de la Estación Rumipamba del periodo 2003-2013	32
Figura 9 Velocidad del viento Media Mensual Estación Rumipamba periodo 2003 - 2013...	33
Figura 10 Mapa de Ubicación del área de estudio	34
Figura 11 Ubicación de los puntos de monitoreo	39
Figura 12 Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 1	40
Figura 13 Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 1	41
Figura 14 Valores de PM en 24 horas del Punto 1.....	41
Figura 15 Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 2.....	43
Figura 16 Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 2	44
Figura 17 Valores de PM en 24 horas del Punto 2.....	45
Figura 18 Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 3.....	46
Figura 19 Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 3	47
Figura 20 Valores de PM en 24 horas del Punto 3.....	48
Figura 21 Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 4.....	49
Figura 22 Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 4	50
Figura 23 Valores de PM en 24 horas del Punto 4.....	51
Figura 24 Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 5.....	52
Figura 25 Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 5	53
Figura 26 Valores de PM en 24 horas del Punto 5.....	54
Figura 27 Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 6.....	55
Figura 28 Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 6	56
Figura 29 Valores de PM en 24 horas del Punto 6.....	57
Figura 30 Concentración media de material particulado PM2,5 en el Terminal Terrestre (24 horas)	58

Figura 31 Concentración media de material particulado PM10 en el Terminal Terrestre (24 horas)	59
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Datos muestreados de material particulado en el Punto 1	82
Anexo 2 Datos muestreados de material particulado en el Punto 2	83
Anexo 3 Datos muestreados de material particulado en el Punto 3	84
Anexo 4 Datos muestreados de material particulado en el Punto 4	85
Anexo 5 Datos muestreados de material particulado en el Punto 5	86
Anexo 6 Datos muestreados de material particulado en el Punto 6	87
Anexo 7 Programa de Mantenimiento Vehicular	88
Anexo 8 Monitoreo de PM2,5 y PM10.....	88
Anexo 9 Instalación del equipo E-BAM.....	89
Anexo 10 Descarga de la base datos de las concentraciones del material particulado.	89
Anexo 11 Aval del Traductor.....	90

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Determinación del material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ en el Terminal Terrestre de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2022.

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería Ambiental.

Nombres de equipo de investigación:

Tutor: Mg. Oscar René Daza Guerra.

Estudiantes: Sr. Arévalo Bustillos Luis Alexander y Srta. Jara Montalvo Katherine Margarita.

LECTOR 1: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos.

LECTOR 2: M.Sc. José Andrade Valencia.

LECTOR 3: M.Sc. Vladimir Ortiz Bustamante.

Área de Conocimiento:

Ciencias Naturales, Medio Ambiente y Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sublínea de Investigación de la Carrera:

Manejo y conservación del recurso aire.

Línea de Vinculación de la Facultad:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La contaminación atmosférica por material particulado PM_{2,5} (2,5 µm) y PM₁₀ (10 µm) es un factor clave en materia de problemas ambientales que afecta a países desarrollados y los que están en vías de desarrollo, es así que la calidad del aire viene deteriorándose cada vez con más fuerza desde la revolución industrial esencialmente por la invención del transporte automovilístico y el uso de combustibles fósiles como fuente de energía, hecho que ha comprometido la integridad en la salud de las personas.

En la actualidad la OMS (2022) informó que las personas viven respirando niveles insalubres de material particulado fino, debido al poco interés en aplicar la normativa pertinente y generación constante de datos relevantes, las estadísticas indican que el 99% de países de ingresos bajos y medianos, junto con el 17% de los países con altos ingresos no cumplen con los estándares respecto a materias en suspensión PM_{2,5} y PM₁₀.

Ecuador también es uno de los países que carece de información relevante de datos útiles que ayudarían a mitigar la contaminación del aire por PM_{2,5} y PM₁₀, esto sucede por muchos factores, pero especialmente a la carencia de planificación y gestión por parte de las autoridades competentes. En el país hay pocas ciudades que cuentan con información verídica y confiable en esta temática (Gatica, 2020) es por ello que varias Universidades entre ellas la Universidad Técnica de Cotopaxi en la Facultad CAREN impulsan y desarrollan proyectos de investigación que ayuden a generar datos y recursos para la prevención, mitigación y remediación de esta problemática.

La ciudad de Latacunga no está libre de la contaminación atmosférica, ya que cada año la población se incrementa, así como también el transporte urbano, parroquial, cantonal e interprovincial, conformados por buses que consumen gasolina y diésel combustibles considerados muy volátiles, sumándole los años de funcionamiento, kilómetros de recorrido y el inadecuado mantenimiento, dan como resultado la contaminación del aire, dentro de esos contaminantes se encuentra el material particulado PM_{2,5} y PM₁₀.

Por las razones mencionadas anteriormente se ve la necesidad de realizar el monitoreo de las concentraciones de material particulado en el Terminal Terrestre de Latacunga dado que, la contaminación del aire compromete de manera negativa en la salud de las personas, el aporte que brindará el estudio a la población será establecer estrategias de prevención y mitigación

para reducir las concentraciones o a su vez, si fuera el caso que se encontraran dentro de los límites máximos permisibles procurar que no los sobrepasen, de la misma forma en el aspecto académico proporcionará datos indispensable para conocer el estado de la calidad del aire que puede ser de ayuda para futuros proyectos investigativos, de igual manera puede contribuir con información al Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Latacunga en la elaboración del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial en la línea base sobre el recurso aire.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1

Beneficiarios del proyecto

BENEFICIARIOS DIRECTOS	BENEFICIARIOS INDIRECTOS
Población del Cantón de Latacunga	Población de la Provincia de Cotopaxi
Hombres: 69.598	Hombres 169.303
Mujeres: 74.381	Mujeres: 180.237
Total: 143.979	Total: 349.540

Nota. Tomado de INEC (2010), la tabla indica los beneficiarios directos e indirectos que podrían ser perjudicados por la contaminación atmosférica.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El crecimiento de las actividades industriales, el transporte vehicular y las diversas actividades antrópicas como la quema de basura, han registrado en los últimos años, la contaminación del aire, el incumplimiento de leyes y normas ambientales, así como el desconocimiento de la población sobre las mismas, han hecho que este problema crezca como un enemigo silencioso, provocando un aire de menor calidad, siendo los más afectados en relación a la salud los niños, niñas y personas de la tercera edad (Barreiro, 2014).

A nivel mundial, 9 de cada 10 personas respiran aire contaminado, especialmente en países de renta baja y mediana. Más del 90 % de niñas y niños en todo el mundo viven en áreas que exceden los niveles nocivos de contaminación del aire (UNICEF, 2020).

Ecuador no es la excepción en lo que a contaminación atmosférica se refiere, la contaminación tiene sus causas en las deficiencias de algunos aspectos relacionados con la planificación territorial de los asentamientos humanos, las industrias, la utilización de

tecnologías obsoletas en las actividades productivas y de transporte, mala calidad de los combustibles, explotaciones mineras a cielo abierto, entre otras (MAE, 2010).

En el país la Fundación Natura a través de su proyecto “Calidad del Aire” en el año 2005 ha efectuado algunos estudios sobre los efectos a la salud provocados por la contaminación atmosférica e indican que las afecciones más relevantes generadas por esta problemática se destacan la aparición de enfermedades a los ojos, problemas a las vías respiratorias, granos, dolores a la garganta, tos, hongos en los pies, náusea y dolores de cabeza, ubicando a la provincia de Cotopaxi en cuarto lugar con 23092 casos registrados de Infecciones Respiratorias Agudas (MAE, 2010).

Según el inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, elaborado por Parra, (2014) de algunos cantones del país entre ellos Latacunga indica que las emisiones de PM₁₀ ascienden a 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondiendo el 73.1% al tráfico vehicular y el 13.2% a las canteras. Mientras que las emisiones de PM_{2,5} ascienden a 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondiendo el 89.3% al tráfico vehicular.

Es así que el problema de la investigación incide en el desconocimiento de la calidad de aire que se presenta en el cantón ya que no se cuenta con información e investigaciones relevantes sobre contaminación atmosférica, de tal manera se ha visto importante realizar este estudio para determinar la concentración de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ en el Terminal Terrestre por ser un lugar en donde es constantemente el ingreso y salida de buses considerados como fuentes móviles de emisión de gases contaminantes que son emitidos a la atmósfera principalmente de material particulado como se menciona anteriormente.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Determinar el material particulado PM_{2,5} y PM₁₀, en el Terminal Terrestre de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2022.

5.2. Objetivos Específicos

Diagnosticar la situación actual del Terminal Terrestre de Latacunga para la selección de puntos de muestreo.

Realizar monitoreos de PM_{2,5} y PM₁₀ utilizando el equipo E-BAM para generar una base de datos y compararlos con la normativa ambiental vigente.

Proponer medidas de prevención a la contaminación con material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ para la protección del ambiente y la salud humana.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2

Actividades y Sistemas de tareas

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1.- • Diagnosticar la situación actual del Terminal Terrestre de Latacunga para la selección de puntos de muestreo.	Recorrido por las instalaciones del Terminal Terrestre. Identificación del área de estudio. Establecimiento de los puntos de muestreo.	Mediante observación directa y visita in situ. Georreferenciación de los puntos de muestreo	Línea base
O.2.- • Realizar monitoreos de PM _{2,5} y PM ₁₀ utilizando el equipo E-BAM para generar una base de datos y compararlos con la normativa ambiental vigente.	Instalación del equipo E-BAM. Recepción de datos del material particulado.	Establecimiento del equipo E-BAM en cada uno de los puntos seleccionados y análisis de los datos generados en el muestreo.	Documento de comparación de la base de datos con la normativa ambiental vigente.
O.3.- • Proponer medidas de prevención a la contaminación con material particulado PM _{2,5} y PM ₁₀ para la protección del ambiente y la salud humana.	Elaboración de la propuesta de estrategias.	Revisión bibliográfica y sistematización de la información para minimizar los impactos generados.	Propuesta de medidas de prevención y mitigación de material particulado.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. El Aire

El aire es una mezcla homogénea de gases compuestos principalmente por nitrógeno 78%, oxígeno el 21% y una mínima cantidad de otros gases como dióxido de carbono, proporciones variables de gases inactivos y vapor de agua en proporción volumétrica. Tiene propiedades como compresibilidad, elasticidad, expansibilidad y masa (Galarza, 2018).

7.1.1. Composición de Aire

La atmósfera está compuesta de nitrógeno (N), oxígeno (O) y argón (Ar), con un estimado de 78%, 21% y 0.9% para cada uno de ellos, a más de otras concentraciones mínimas de elementos gaseosos como el: hidrógeno, helio, neón, xenón, criptón, y óxido nitroso, los cuales pueden interactuar o no con otro tipo de moléculas; por otro lado también existen elementos gaseosos en cantidades pequeñas que interactúan con la hidrósfera, la biosfera, y entre ellos, estos gases tienen concentraciones variables y un lapso de duración limitado (Gavilanes & Gavilanes, 2018).

7.2. Calidad De Aire

Según Gutiérrez (2020) la calidad del aire se define como un parámetro a través del cual es posible conocer la concentración y composición de los contaminantes que se encuentran presentes en la atmósfera, que, debido a su naturaleza, capacidad de difusión y concentración ocasionan problemas ambientales, así como también ocasionan efectos en la salud de las personas. Las principales herramientas para la evaluación de la calidad del aire son:

- a) Inventario/ mediciones de emisiones.
- b) Monitoreo externo
- c) Modelos de dispersión.

7.3. Contaminación Atmosférica

Para Pérez (2013) la contaminación atmosférica se denomina como una impurificación de la atmósfera, como materias gaseosas, líquidas o sólidas, sustancias que afectan de manera adversa a la salud de humanos, animales, plantas, por inyección y presencia de dichas sustancias ajenas a su composición natural, esta adición de cualquiera de dichas sustancias altera las propiedades físicas y químicas del aire.

Los contaminantes provienen de distintas fuentes que se encuentran presentes en el aire, con características distintas en su composición, fuentes y las diferentes condiciones en la que se da, los gases más comunes que se encuentran en el aire son: óxidos de sulfuro (principalmente dióxido de sulfuro (SO_2), óxidos de nitrógeno como el dióxido de nitrógeno (NO_2), hidrocarburos reactivos (frecuentemente denominados compuestos orgánicos volátiles) y el monóxido de carbono (CO) (E. Guevara & Logroño, 2020).

7.3.1. Fuentes de Contaminación

De acuerdo a Rubio (2019) existen tres fuentes de emisión de contaminantes:

Móviles: Corresponden a aquellas unidades motrices, vehículos (diésel y gasolina) que sirven como medio de transporte terrestre.

Fijas: Instalaciones ubicadas en un espacio físico determinado, destinados a ejecutar procesos industriales de servicio o comerciales.

7.3.2. Clasificación de los Contaminantes del Aire

Domínguez (2015) menciona lo siguiente: los contaminantes del aire se clasifican en primarios o secundarios, según sean emitidos a la atmósfera por fuentes de origen natural, debido a las actividades humanas, o que se formen en esta por las interacciones químicas entre los contaminantes primarios y los constituyentes y condiciones de la atmósfera.

7.3.2.1. Contaminantes Primarios.

Son originarios directamente de las fuentes de emisión y son responsables de la mayor parte de la contaminación atmosférica (Castro, 2020).

Los contaminantes atmosféricos que integran este grupo son:

Óxidos de azufre (SO_x): Es un gas incoloro y no inflamable, de olor fuerte e irritante. Su vida media en la atmósfera es corta de unos 2 a 4 días, y casi la mitad de las emisiones vuelven a depositarse en la superficie, mientras que el resto se transforma en iones sulfato (SO_4^{2-}) (MITECO, 2017).

Monóxido de carbono (CO): El monóxido de carbono se produce por la combustión incompleta del carbón. Es producido tanto por actividades humanas como por fuentes naturales.

La fuente humana más importante de monóxido de carbono es el tubo de escape de automóviles (ATSDR, 2012).

Óxidos de nitrógeno (NO_x): Como contaminantes son gases que se emiten en los procesos de combustión que se llevan a cabo en relación con el tráfico (sobre todo vehículos automóviles, y en especial de motores diésel) y con el transporte en general, así como en instalaciones industriales de alta temperatura y de generación eléctrica (MITECO, 2020).

Partículas: Material respirable presente en la atmósfera en forma sólida o líquida (polvo, ceniza, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras). Según su tamaño se pueden dividir en dos grandes grupos, diámetro aerodinámico PM_{10} y fracción respirable más pequeña $\text{PM}_{2,5}$ (Martin, 2005).

Hidrocarburos (HC): mala combustión de derivados del petróleo, emisión en el transporte de carretera, disolventes, pinturas, vertederos, producción de energía, compuestos volátiles (Contreras et al., 2013).

7.3.2.2. Contaminantes Secundarios.

Se forman por interacción química entre contaminantes primarios o entre estos y componentes normales de la atmósfera vapor de agua y radiación solar formándose compuestos nuevos por transformación de los ya existentes (Benavides, 2020).

Se considera:

Ozono (O_3): El ozono es un gas formado por tres átomos de oxígeno (O_3), que se encuentra presente en la atmósfera de la Tierra distribuido en diferentes concentraciones, con variaciones geográficas, estacionales y de altura. A baja altura es perjudicial por su carácter oxidante, reactivo, corrosivo y tóxico reaccionan con rapidez generando compuestos secundarios (MMA, 2020).

Lluvia ácida: La lluvia ácida puede ser causada por las emisiones de fuentes naturales como los volcanes, sin embargo, la principal causa es la liberación de dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, durante la combustión de combustibles fósiles (Reinaldo, 2019).

Contaminación fotoquímica: Sustancias susceptibles de ser oxidadas, mezcla de contaminantes que se forman por reacciones producidas por la luz solar al incidir sobre los contaminantes primarios (Contreras et al., 2013).

7.4. Material Particulado (PM)

Según Arrieta (2016) el PM se define como un conjunto o mezcla compleja de partículas sólidas o líquidas, con características físicas y químicas, las cuales se encuentran suspendidas en la atmósfera. Este aerosol atmosférico como también se le conoce, es emitido por fuentes de origen natural o antropogénico.

Estas partículas en suspensión difieren en diferentes características: en tamaño, composición y origen, variando en el tamaño desde nanómetros a decenas de micrómetros, es por eso que la clasificación está dada por propiedades aerodinámicas importantes y decisivo para un buen transporte y eliminación de las partículas presentes en el aire (Ortiz & Tigse, 2020).

Varios autores afirman que el diámetro de las partículas atmosféricas en suspensión, varía desde nanómetros (nm) hasta decenas de micras (μm). Generalmente se identifican diferentes rangos de tamaños de partícula denominados “modas”, que están relacionados en su mayoría con el mecanismo de formación de las partículas: nucleación, Aitken, acumulación y moda gruesa (Arciniegas, 2011).

7.4.1 Clasificación de las Partículas de Acuerdo a su Diámetro

Garcia (2005) manifiesta que de acuerdo a con el diámetro de las partículas y a su importancia en la contaminación del aire, el material particulado (PM) se puede clasificar de la siguiente forma:

- a) **Partículas finas:** Corresponden al material particulado con un diámetro aerodinámico menor que $2,5 \mu\text{m}$ y son denominadas PM_{2,5}.
- b) **Partículas gruesas:** Incluye al material particulado con un diámetro aerodinámico entre $2,5 \mu\text{m}$ y $10 \mu\text{m}$. El material particulado con un diámetro inferior a $10 \mu\text{m}$ es denominado PM₁₀ y también se utiliza como término integrador del total de partículas finas y gruesas.
- c) **Partículas Suspendidas Totales.** Se utiliza para denominar el total de las partículas que se encuentran en el aire con diámetros aerodinámicos hasta $50 \mu\text{m}$.

7.4.2. Según el Proceso de Formación, las Partículas se Clasifican como:

Partículas primarias: aquellas que están presentes en la atmósfera en la forma en que se emitieron (Garcia, 2005).

Partículas secundarias: aquellas que se forman en la atmósfera a partir de fenómenos de condensación, precipitación y reacción química con otras sustancias presentes en la atmósfera (Garcia, 2005).

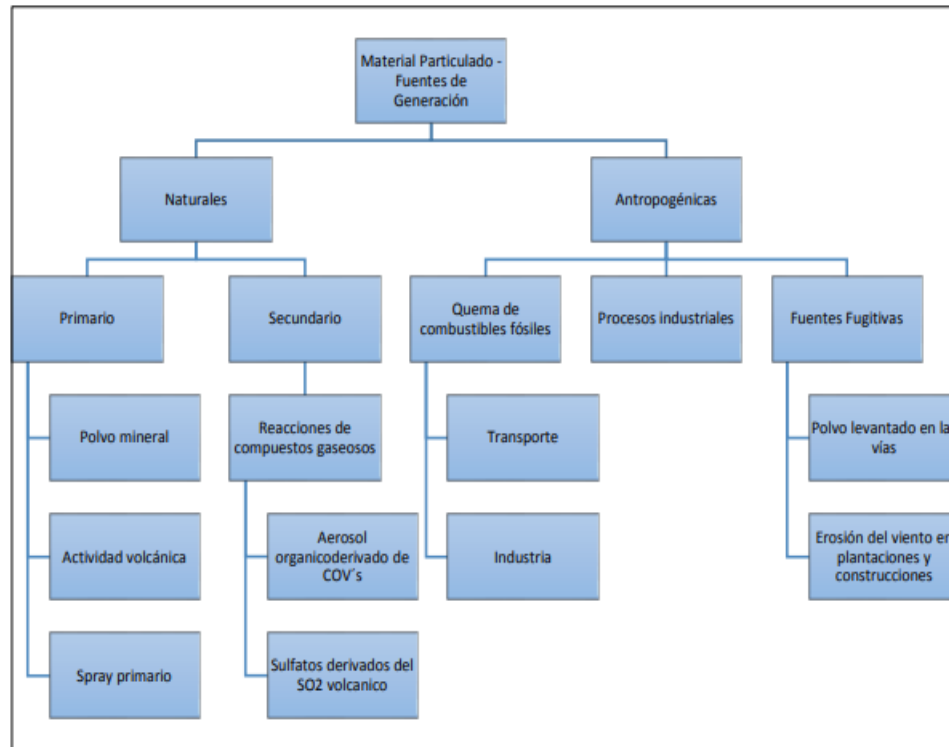
7.4.3. Tipos de Material Particulado

7.4.3.1. Material Particulado (PM10).

Canales et al (2014) afirma que las partículas gruesas menores a 10 micrómetros, pero más grande que 2,5 micrómetros de diámetro, se consideran como contaminantes constituidos por material líquido y sólido de muy diversa composición y tamaño, que se encuentran en el aire y son generados por fuentes móviles o fijas, de manera natural o antropogénica. Se asocian generalmente a la combustión no controlada, algunas están relacionadas con la desintegración mecánica de la materia o la resuspensión de partículas en el ambiente. Esto incluye procesos de combustión en vehículos, principalmente aquellos que usan diésel, industrias de fundición, pinturas, cerámica y plantas de energía (Rojas & Fernandez, 2005).

7.4.3.2. Principales Fuentes de Generación de PM10.

Las fuentes principales de generación de material particulado pueden ser de origen natural o antropogénico (ver Figura 1).

Figura 1*Fuentes de generación PM₁₀*

Nota: Tomado de (Gavilanes & Gavilanes, 2018).

Gavilanes & Gavilanes (2018) explican la fuente de generación del material particulado:

El material particulado es uno de los subproductos producidos por la ignición de combustibles fósiles. En este proceso se toma en consideración la composición del combustible, el tipo de catalizador, el tipo de maquinaria, y las condiciones en las que reaccionan. El material particulado originario de los combustibles fosilizados, suelen caracterizarse por tener esencialmente sustancias orgánicas (por lo general lubricantes e hidrocarburos no quemados), combinación de partículas carbonatadas llamadas soot (primordialmente carbono elemental y orgánico), sulfatos y agua. En esta mezcla la fracción de soot está en mayor cantidad con respecto a los sulfatos y el agua, esto se genera debido a la incompleta combustión que se da con el hidrocarburo.

7.4.3.3. Material Particulado (PM_{2,5}).

Como lo expone Quijano et al (2010) el PM_{2,5} son partículas que están compuestas de elementos que son tóxicos como metales pesados y compuestos orgánicos productores de

cáncer. Los principales componentes del material particulado atmosférico son sulfato, nitrato, amonio, ión hidrógeno, agua adherida a las partículas, carbono elemental, una gran variedad de compuestos orgánicos y elementos de la corteza terrestre.

Partículas generalmente ácidas, que contienen hollín y otros derivados de las emisiones vehiculares e industriales, y corresponde a la fracción más pequeña y agresiva debido a que éstas son respirables en un 100% y por ello se alojan en bronquios, bronquiolos y alvéolos (Gaviria et al., 2011).

7.4.3.4 Principales Fuentes de Generación de PM_{2,5}.

Las fuentes a las que más se ha estudiado son las relacionadas con las emisiones del tráfico vehicular, la quema de leña y carbón y los procesos manufactureros (ver Tabla 3). El PM_{2,5} es originalmente producido por las emisiones directas de diversos procesos de quema de combustibles fosilizados, con reacciones químicas originadas en el aire debido a gases pioneros como los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre, el amoníaco, los compuestos orgánicos volátiles, entre otros (Cáceres, 2015).

Tabla 3

Fuentes de generación de PM_{2,5}

Fuente	Emisión
Polvo del Suelo	Al, Si, Ca, K
Emisiones del motor de vehículos	Pb, Br
Quema de leña	K
Planta de cemento	Ca, Al, Si, Fe, SO ₄
Combustión y Refinería de aceite	Ni, V
Tráfico vehicular	CO, Fe, NH ₄
Mar	Cl

Nota. Tomado de Gavilanes & Gavilanes (2018).

7.4.4. Efectos del Material Particulado Sobre la Salud

Según la Organización Mundial de la Salud, la exposición a las partículas supone graves riesgos para la salud en muchas ciudades de los países desarrollados y en desarrollo. Es posible

establecer una relación cuantitativa entre el nivel de contaminación y parámetros como la mortalidad o la morbilidad (Echeverri & Maya, 2008).

A continuación Echeverri & Maya (2008) mencionan los diversos motivos por lo que la contaminación del aire necesita serias atenciones:

1. Muchas partículas penetran en el sistema respiratorio con mayor efectividad que los contaminantes gaseosos.
2. Algunas partículas se comportan sinérgicamente y aumentan los efectos tóxicos de otros contaminantes.
3. La contaminación por partículas reduce la visibilidad de la atmósfera.
4. En la atmósfera se forman partículas a partir de algunos contaminantes gaseosos.

Un factor importante sobre el efecto en la salud es el tamaño de las partículas debido al grado de penetración y permanencia que ellas tienen en el sistema respiratorio humano (Paguay, 2020).

Algunos estudios realizados en ciudades industrializadas han mostrado que el material particulado contiene concentraciones considerables de elementos como C, S, V, Ni, Pb, Zn, Fe, Cu, Cr y en menores proporciones de Cd, Sn, Ce, Mo, W, Zr, Ca, As, Sb, Mn, Hg, Bi, Ti, Sr, Se y algunos elementos de las tierras raras (Eu, La, Y y Tb) (Duque, 2016).

El tamaño del material particulado está directamente asociado con el potencial para provocar problemas de salud. Las partículas pequeñas de menos de 10 micrómetros de diámetro son los mayores problemas, porque pueden llegar a la profundidad de los pulmones, y también algunas pueden llegar hasta el torrente sanguíneo (Oyarzún, 2010).

La exposición al material particulado puede afectar tanto a los pulmones como al corazón. Varios estudios científicos vincularon la exposición a la contaminación por material particulado ocasionando diversos problemas que son (Anónimo, 2020):

- a) Muerte temprana en personas debido a enfermedades cardíacas o pulmonares
- b) Latidos irregulares
- c) Asma
- d) Reducida función de los pulmones

- e) Síntomas respiratorios aumentados, como irritación en las vías respiratorias, tos o dificultad para respirar

La contaminación por material particulado afecta en su mayoría a las personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, en niños y adultos mayores.

Para Aldunate et al (2006) los efectos sobre la salud tanto a corto como a largo plazo se extienden por diferentes afecciones ocasionando desde irritación de ojos y vías respiratorias, infecciones, congestión nasal, sinusitis, alergias, resfrío, tos, ronquera, faringitis, amigdalitis, laringitis, bronquitis, neumonía, asma, bronquiectasias, silicosis, asbestosis y hasta cáncer pulmonar, dolencias cardiovasculares y muertes prematuras entre otras.

El material particulado tiene diferentes efectos en la salud de las personas, entre los más importantes se encuentran (Venegas, 2011):

Efecto fibrogénico: Los polvos pueden ocasionar una reacción fibrosa en los pulmones, que provienen de los minerales como pueden ser: asbestos, carbón, polvos metálicos de tungsteno, carburo de titanio, berilio y aluminio, polvos radioactivos, polvos de talco y de algunos vegetales.

Efectos irritantes: Produce irritaciones en las mucosas de los ojos, del tracto respiratorio ocasiona enrojecimiento, hinchazón, rasquiña, lagrimeo, estornudos y tos. Generando obstrucción bronquial y pueden ocasionar diversas enfermedades respiratorias crónicas, rinitis crónica, traqueo bronquitis, neumonitis, bronquitis crónica y asma bronquial.

Efectos alérgicos: Algunos polvos de origen vegetal o animal pueden originar reacciones alérgicas, por ejemplo: algunos cereales, variedad de maderas, pieles, plumas y polen. Ocasionan enfermedades como pueden ser la rinitis alérgica, bronquitis asmática, conjuntivitis alérgica etc.

Efectos carcinogénicos: Son polvos de arsénico y sus óxidos, plomo y otros metales pesados que se asocian al cáncer de pulmón, nariz y piel.

Efectos tóxicos sistemáticos: Son los efectos que se caracterizan por trascender del sistema respiratorio y generan molestias en otros sistemas y órganos, como el hígado, los riñones y sistema nervioso central.

Efectos en la piel: El material particulado se pega con facilidad en la piel causando dermatitis folicular o dermatitis irritativa.

7.4.5. *Efectos Sobre el Medio Ambiente*

De acuerdo con Vargas (2011) las partículas tienen distintos efectos sobre el medio ambiente dependiendo de la composición de estos, las altas concentraciones producen efectos negativos en la superficie como la acidificación o eutrofización, el material particulado puede combinarse con niebla o lluvia ligera y formar una costra en la superficie exterior.

La interacción del material particulado con ciertas variables meteorológicas produce una gran cantidad de impactos sobre los ecosistemas, el clima, el ciclo hidrológico y la agricultura. Los impactos sobre los ecosistemas se deben principalmente a que los nutrientes que se depositan con el polvo, como el fósforo o el hierro, son limitantes para la productividad tanto de ecosistemas oceánicos como terrestres. La deposición de polvo en los ecosistemas terrestres y oceánicos estimula la productividad, y por ende afecta los ciclos biogeoquímicos de carbono y nitrógeno (Rivera, 2020).

Encinas (2011) indica que el material particulado afecta también en el deterioro de la visibilidad, ya que la materia suspendida en el aire interfiere en el paso de la luz dentro de la atmósfera, donde la dispersión y absorción de la misma provoca la degradación de la visibilidad, reduciendo la distancia a la que podemos observar una imagen, paisaje etc., con su adecuado contraste y color.

7.4.6. *Efectos sobre el clima*

Rivera (2020) alude que la presencia de material particulado genera la baja visibilidad atmosférica debido a la dispersión y absorción de la luz solar influyendo de manera directa en el clima. La formación de núcleos de condensación para la formación de las nubes es una influencia directa e indirectamente al aumento del material particulado en la atmósfera reduce significativamente la radiación solar que llega a la superficie terrestre retrasando el calentamiento global que interfiere en la fotosíntesis.

7.5 E-BAM

El E-BAM es un monitor portátil de aire atmosférico basado en el principio de la absorción / atenuación beta. La atenuación beta es una tecnología probada, que ha sido utilizada

para el monitoreo de partículas en los últimos 40 años (Met One Instruments, 2008). La atenuación beta es definida como una reducción en el conteo del número de partículas beta debido a la absorción producida por los medios interpuestos. El E-BAM usa Carbono 14, es un isótopo radioactivo natural. Las partículas beta del ^{14}C son electrones que se emiten desde el núcleo de un átomo, cuando un neutrón es fraccionado a un protón y un electrón (Met One Instruments, 2008).

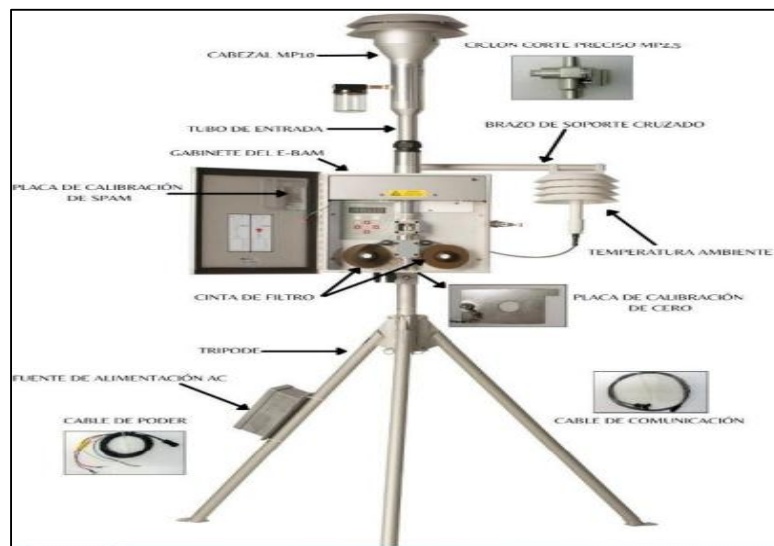
7.5.1 Partes del Equipo

El equipo está formado por (ver Figura 2):

- | | | |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1. Trípode | 2. Retén y tuerca | 3. Perno |
| 4. Caja E-BA | 5. Sensor de temperatura | 6. Tubo de entrada |
| 7. Brazos de soporte cruzado | 8. Tubo de entrada | 9. Sed de pernos Allen |
| 10. Cabezal PM2,5 | 11. Cabezal PM10 | 12. Sistema de medición |
| 13. Sistema de datos | 14. Controlador de flujo | 15. Sistema de flujo |

Figura 2

Equipo E- BAM



Nota. Tomado de Benavides (2020).

7.5.2 Ventajas

Según Met One Instruments (2008), el equipo E-BAM presenta las siguientes ventajas:

- a) Instalación y manejo rápido del equipo.

- b) Fácil medición de material particulado.
- c) Conexión de forma fácil a la computadora.
- d) Obtención de los datos de forma inmediata.

7.6 Marco Legal

7.6.1. Constitución de la República del Ecuador

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, SUMAK KAWSAY.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y residuos tóxicos al territorio nacional.

7.6.2. Código Orgánico del Ambiente

Art. 1.- Garantiza el derecho de las personas a estar en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado:

Establece proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay. Las disposiciones presentes en este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales que se encuentran en la Constitución también los instrumentos que

fortalecen su ejercicio los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

7.6.3. *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*

Art. 486.- Establece que el muestreo es la actividad de tomar muestras con el objetivo de evaluar y analizar la calidad ambiental en proyectos, obras o actividades:

Los Muestreos serán gestionados por los operadores para cumplir el plan de monitoreo del plan de manejo ambiental y para determinar la calidad ambiental de una descarga, emisión, vertido o recurso. “Los Muestreos deben realizarse considerando normas técnicas vigentes y supletoriamente utilizando normas o estándares aceptados internacionalmente” (Código Orgánico del Ambiente, 2017). Para la toma de muestras de las descargas, emisiones y vertidos, el operador deberá disponer de sitios adecuados para muestreo y aforo de los mismos y proporcionará todas las facilidades e información.

7.6.4. *Acuerdo Ministerial 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria*

Según la Normativa Vigente 097-A, en el Anexo 4, del Libro VI, del texto unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente define que:

La presente norma tiene como objeto principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general.

Para cumplir con este objetivo, esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel de suelo. La norma también provee los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente.

La presente norma de calidad de aire establece las siguientes concentraciones máximas para material particulado PM_{2,5} y PM₁₀:

- **Material Particulado menor a 10 micrones (PM₁₀)**

El promedio aritmético de la concentración de PM₁₀ de todas las muestras en un año no deberá exceder de (50 µg/m³). El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de (100 µg/m³), (ver Tabla 4).

Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM10 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

- **Material particulado menor a 2,5 micrones (PM2,5)**

El valor promedio de la concentración de PM2,5 de todas las muestras en un año no deberá exceder de ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En el monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), (ver Tabla 4).

Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM2,5 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitoreada sea mayor o igual a ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Norma de calidad de aire, 2015).

Tabla 4

Estándares establecidos por la Legislación Ecuatoriana

Contaminante	Tiempo de exposición	Máxima concentración permitida
Partículas Sedimentables	30 días	$1\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$
PM10	1 año	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM2,5	1 año	$15 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Nota. Tomado de Acuerdo Ministerial 097 en Reforma al anexo 4 Libro VI

7.6.5. Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire

7.6.5.1 Nivel de Alerta.

Informar al público, mediante los medios de comunicación, del establecimiento del Nivel de Alerta. Restringir la circulación de vehículos, así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de alerta para uno o más contaminantes (ver Tabla 5).

Estas últimas acciones podrán consistir en limitar las actividades de mantenimiento de fuentes fijas de combustión, tales como soplado de hollín, o solicitar a determinadas fuentes fijas no reiniciar un proceso de combustión que se encontrase fuera de operación (Norma de calidad de aire, 2015).

7.6.5.2. Nivel de Alarma.

Informar al público del establecimiento del Nivel de Alarma. Restringir, e inclusive prohibir, la circulación de vehículos, así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona que se está verificando el nivel de alarma (ver Tabla 5) (Norma de calidad de aire, 2015).

7.6.5.3. Nivel de Emergencia.

Informar al público del establecimiento del Nivel de Emergencia. Prohibir la circulación y el estacionamiento de vehículos, así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de emergencia (ver Tabla 5).

Se deberá considerar extender estas prohibiciones a todo el conjunto de fuentes fijas de combustión, así como vehículos automotores, presentes en la región bajo responsabilidad de la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental (Norma de calidad de aire, 2015).

Tabla 5

Concentraciones de contaminantes comunes que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire

Contaminantes y periodo de tiempo	Alerta	Alarma	Emergencia
Material particulado PM10 Concentración en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	250	400	500
Material particulado PM2,5 Concentración en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150	250	350

Nota. Tomado de Norma de calidad de aire (2015)

7.6.5 Índice de la Calidad de Aire (AQI)

El AQI es una escala numérica entre 0 y 500, con rangos intermedios expresados también en diferentes colores. Mientras más alto es el valor del AQI, mayor es el nivel de contaminación atmosférica. El AQI asigna un valor de 100 a los límites máximos permitidos en la Norma Nacional de Calidad del Aire para los distintos contaminantes. Valores del AQI entre 0 y 100 implican que las concentraciones medidas son menores a los límites máximos permitidos. (ver Tabla 6 y Tabla 7), se detalla las consideraciones básicas, se han definido seis niveles o categorías, cada una con su rango (MDMQ, 2015).

Tabla 6

Categorías del AQI y sus valores límites, para cada contaminante común de la atmósfera, junto con el código de colores a ser utilizado

Rango	Categoría	PM2,5	PM10
0-50	Nivel Deseable	0 - 25	0 - 50
51-100	Nivel Aceptable	26 - 50	51 - 100
101-200	Nivel de Precaución	51 - 150	101 - 250
201-300	Nivel de alerta	151 - 250	251 - 400
301-400	Nivel de alarma	251 - 350	401 - 500
401-500	Nivel de Emergencia	>350	>500

Nota. a, concentración máxima de promedio en 8 horas; b, concentración máxima de promedio de 8 horas; c, concentración máxima en 1 hora; d, concentración promedio en 24 horas; e, concentración promedio en 24 horas; f, concentración promedio en 24 horas. Tomado de MDMQ (2015).

Tabla 7

Rangos, significados y colores de las categorías del AQI

Rangos	Condición	Condición desde el punto de vista de la salud
0 – 50	Deseable	La calidad del aire se considera satisfactoria y la contaminación ambiental tiene poco riesgo para la salud
50 – 100	Aceptable	La calidad del aire es aceptable. Sin embargo, podría haber pequeños efectos en la salud para individuos sumamente sensibles a la contaminación ambiental.
100 – 200	Precaución	No saludable para individuos (enfermos crónicos y convalecientes)
200 – 300	Alarma	No saludable para la mayoría de la población.
300 – 400	Alerta	No saludable para la mayoría de la población y peligrosa para individuos sensibles.
400 – 500	Emergencia	Peligrosa para toda la población.

Nota. Tomado de MDMQ (2015)

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

¿Mediante los monitoreos se evidenció los niveles de contaminación por material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ en el Terminal Terrestre de Latacunga, provincia de Cotopaxi?

Sí se evidenció, el monitoreo de material particulado permitió conocer los niveles de concentración de PM_{2,5} y PM₁₀ en donde los seis puntos monitoreados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097A, sin embargo, los nivel más altos de concentración se registraron en el punto uno con 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{2,5} a la 1:00 pm debido al aumento de circulación vehicular ya que a esa hora la población académica reanudan a sus hogares o acuden a su centro educativo además de ser una hora en la que generalmente la población asiste al almuerzo, en el punto dos con 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{2,5} a las 11:00 am y 124 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM₁₀ a las 5:00 pm especialmente porque el equipo se encontraba en el área interna del Terminal en donde se encuentran varios locales de comida por ende la cocción de alimentos con GLP provocó el aumento de material particulado así como también se observó el aumento de circulación de personas por ser un día viernes en el que estudiantes y trabajadores de diferentes provincias retornan a sus hogares el fin de semana produciendo el aumento en circulación de buses interprovinciales y por último en el punto tres con 88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM₁₀ a las

7:00 am a causa de la cercanía en la que se encontraba el equipo E-BAM de la carretera Panamericana E35 donde se notó el aumento de circulación vehicular por ingreso de la población a sus lugares de trabajo.

9. METODOLOGÍA

A continuación, se detalla el proceso metodológico de la investigación, para lo cual se emplearon los siguientes tipos de: investigación, métodos, técnicas e instrumentos:

9.6. Tipos de Investigación

9.6.1. Investigación Bibliográfica

Barraza (2010) manifiesta que, una investigación bibliográfica es una lista ordenada de referencias bibliográficas de cada una de las fuentes consultadas por el autor de un texto sobre una o más materias relativas al tema que él está investigando.

Para la presente investigación se recopiló información bibliográfica de artículos científicos, proyectos de investigación y libros relacionados principalmente a la contaminación atmosférica y material particulado, en cuanto a la elaboración de la línea base se tomó en cuenta el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Latacunga, para la obtención de datos climáticos se optó por la revisión de los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), así como también la revisión de normativa ambiental ecuatoriana vigente.

9.6.2. Investigación de Campo

Garcia (2000) menciona que, un estudio de campo o trabajo de campo, es el proceso que permite obtener datos de la realidad y estudiarlos tal y como se presentan, sin manipular las variables.

En la investigación en campo primero se llevó a cabo el acercamiento a las autoridades administrativas del Terminal para el debido permiso y proceder con la investigación, después se procedió al reconocimiento de la zona de estudio, conocimiento de las instalaciones y áreas del Terminal, de la misma forma se realizó la georreferenciación de los seis puntos de muestreo y finalmente se llevó el monitoreo desde el 13 de julio hasta el 24 de julio del 2022, días en los que se observó factores que podrían incidir en los resultados.

9.6.3. Investigación Analítica

Consiste fundamentalmente en establecer la comparación de variables entre grupos de estudio y de control (Lopera et al., 2010).

Dicha investigación permitió realizar la comparación de los datos obtenidos del monitoreo del material particulado con la Normativa Ambiental vigente, estipulando si estos están o no dentro de los límites máximos permisibles. También en la discusión de los resultados se tomó en cuenta argumentos de varios autores para un mejor entendimiento de como variables externas pueden afectar en el aumento de la concentración de material particulado.

9.7. Métodos

9.7.1. Método Descriptivo

Para Guevara et al (2020) la investigación descriptiva se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad.

Dicho método se encuentra presente en la mayoría de la investigación como en la introducción, justificación y problemática porque es necesario conocer la realidad del problema de investigación para así indagar en la importancia que este estudio representa, en el diagnóstico de la zona de estudio se empleó para describir la ubicación del área de estudio, los componentes climáticos y puntos de monitoreo, en la explicación de los resultados también se encuentra presente el método descriptivo.

9.7.2. Método inductivo

Los métodos inductivos se han percibido asociados con la investigación cualitativa mediante este método se observa, estudia y conoce las características comunes que se reflejan en un conjunto de realidades para elaborar una propuesta o ley científica de índole general (Abreu, 2014).

A través del cual se logró conocer las concentraciones de material particulado en el Terminal Terrestre mediante el análisis de datos y comparación con la normativa ambiental ecuatoriana. Además, se empleó dicho método en la elaboración de la propuesta de prevención y mitigación con la ayuda de normativas ambientales establecidas en el Ecuador.

Con este método se aplicaron las siguientes etapas:

- **Observación.** – La observación directa permitió identificar cual o cuales son las causas de las emisiones del material particulado PM_{2,5} y PM₁₀.
- **Análisis.** – Una vez obtenida la base de datos de los 6 puntos a monitorear se analizó la concentración del material particulado con el equipo E-BAM.
- **Comparación.** – Los resultados obtenidos fueron comparados con los límites máximos permisibles de la normativa ambiental ecuatoriana vigente.

9.8. Técnicas

9.8.1. Observación Directa

La observación es la forma más sistematizada y lógica para el registro visual y verificable de lo que se pretende conocer; es decir, es captar de la manera más objetiva posible, lo que ocurre en el mundo real, ya sea para describirlo, analizarlo o explicarlo desde una perspectiva científica (Campos & Martínez, 2013).

La observación directa ayudó al reconocimiento de la zona de estudio, a recopilar información sobre áreas del Terminal, cooperativas que prestan sus servicios, horas pico en el que se vio el incremento de la movilidad de personas y circulación vehicular y horarios de atención del Terminal.

9.8.2. Visita de Campo

Según Pérez & Rodríguez (2010) la salida de campo es entendida como una estrategia que acerca de manera consciente al individuo con la realidad.

Con la visita de campo mediante la técnica de observación directa se procedió a la selección y toma de coordenadas en los seis puntos de muestreo, mismos que fueron seleccionados con los siguientes criterios: sitios con mayor movilidad, velocidad y dirección del viento. Del mismo modo la instalación del equipo E-BAM y el respectivo monitoreo donde hubo días soleados y otros que presentaron precipitaciones.

9.8.3. Monitoreo

El monitoreo ambiental es un sistema continuo de observación de medidas y evaluaciones para propósitos definidos; es una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control (López et al., 2012).

El monitoreo permitió la recopilación de datos de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ mediante la utilización del equipo E-BAM, en el Terminal Terrestre. El monitoreo se realizó durante las 24 horas del día según lo establece la Normativa EPA-450/4-87-007 y la Normativa Ambiental Vigente Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Libro VI Anexo 4.

9.9. Instrumentos

GPS: Sistema de posicionamiento global que contribuyó con las coordenadas geográficas de ubicación del área de estudio.

ARCGIS: Software que se utilizó para elaborar mapas, los mismos que aportaron a la localización de los puntos de muestreo en el área de estudio.

Libreta de campo: Con la libreta de campo se registró la información sobre las coordenadas del lugar y conjuntamente los puntos de muestreo.

Cámara Fotográfica: Mediante las fotografías, se verificó el trabajo de muestreo que se realizó en el lugar de investigación.

EXCEL: Se empleó para el análisis de los datos para caracterizar las concentraciones promedias de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀.

E-BAM: Monitor automático que midió la cantidad de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ presente en la atmósfera, mediante un sistema de medición y sistema de manejo de datos.

9.10. Metodología para la realización del monitoreo

El monitoreo en el área de estudio se llevó a cabo entre los días 13 de julio hasta el 24 de Julio mediante el uso de equipo E-BAM en los 6 puntos de muestreo, se tomó en cuenta los procedimientos y recomendaciones que indica el manual del equipo realizado por Met One Instruments (2008).

9.10.1. Instalación del Equipo E-BAM

Para la instalación del equipo se procedió de la siguiente manera:

- a) Se realizó el armado del trípode.
- b) Colocación del E-BAM en la ceja del trípode con el cuidado correspondiente.

- c) Se colocó el tubo adaptador corto de aluminio.
- d) Se ubicó el cabezal de PM_{2,5} sobre el tubo adaptador corto y después el cabezal PM₁₀ encima del cabezal PM_{2,5}.
- e) Se situó el brazo de soporte cruzado en el tubo ubicado en la parte superior del trípode.
- f) Colocación del sensor de temperatura a un brazo del tubo de soporte.
- g) Finalmente se encendió el E-BAM y se configuró la operación de muestreo.

9.10.2. Selección del sitio de muestreo

El sitio óptimo para el monitoreo del aire ambiental es un lugar donde el E-BAM está cerca de la zona de respiración de las personas, por seguridad adecuada, accesibilidad y disponibilidad de electricidad, generalmente requiere que el E-BAM sea instalado en un sitio elevado, con un rango de alturas aceptables entre 2 y 15 metros sobre el nivel del suelo, para la entrada de aire del E-BAM debe ubicarse en una posición elevada.

La fuente de contaminación que impacta el aire ambiente en forma predominante, influencia las consideraciones a tener en cuenta para el sitio de muestreo de localización del E-BAM.

Por lo antes mencionado se identificaron seis puntos estratégicos en el Terminal, de forma que el equipo pueda captar de manera eficiente las concentraciones de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀.

9.10.3. Espaciamiento desde obstrucciones y caminos

Se tomó en cuenta los 2 metros de separación del E- BAM con el techo y paredes al igual que la separación con árboles como lo indica en su manual. Además, se colocó el equipo a 5 metros del límite de la vía de tráfico vehicular.

9.10.4. Consideraciones generales

El E-BAM no debe ser ubicado en áreas no pavimentadas, al menos que exista una cobertura vegetal durante todo el año, la cobertura vegetal minimiza el impacto del arrastre de polvo resuspendido o polvos fugitivos. Por lo cual se colocó en áreas pavimentadas del Terminal Terrestre de Latacunga.

9.11. Diseño no experimental

Se utilizó la Ecuación 1 para obtener la media de la base de datos muestreados y así compararlos con la Normativa Ambiental Vigente.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

Ecuación 1

Dónde:

n: número de datos

x: Promedio de la muestra

(Gutiérrez, 2020)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1. Diagnóstico del Terminal Terrestre del Cantón Latacunga

10.1.1. Ubicación Geográfica

El cantón Latacunga se encuentra ubicado a 2770 m.s.n.m., en el centro del Ecuador, en la Región Interandina del país, capital de la Provincia de Cotopaxi, es el cantón más grande y poblado de la misma. Se localiza en la hoya del río Patate, atravesada por los ríos Cutuchi y Pumacunchi, teniendo como límites:

Norte: provincia de Pichincha;

Sur: cantón Salcedo;

Este: Provincia de Napo; y,

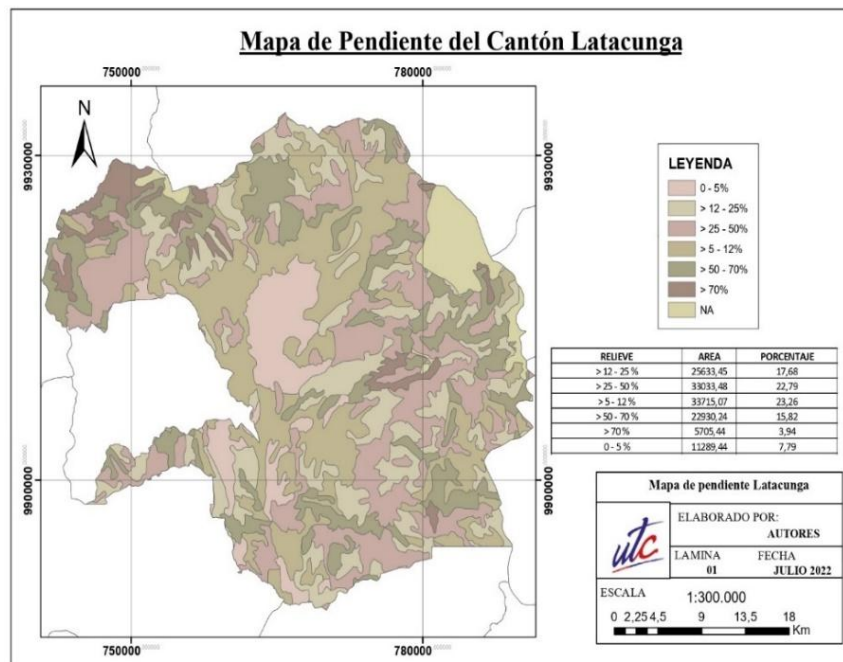
Oeste: cantones Sigchos, Pujilí y Saquisilí.

10.1.2. Diagnóstico Físico

10.1.2.1 Pendiente.

Figura 3

Mapa de pendiente del cantón Latacunga



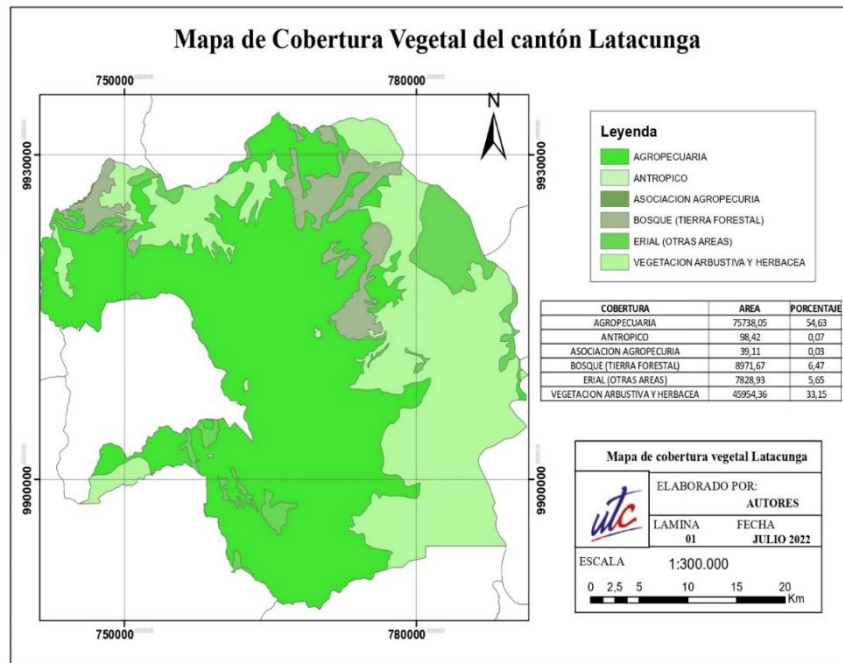
Nota. Shape 1:50.000 obtenido del Sistema Nacional de Información del Ecuador.

La pendiente del cantón es muy variada (ver Figura 3), las pendientes con mayor incidencia están en el rango de 12-25 % moderadamente ondulado con un área de 33033,48 ha con un porcentaje de 22,79 % y el de menor incidencia en el rango de 0-5 % considerado plano a casi plano con una superficie de 11289,44 ha que representa un 7,79 %.

10.1.2.2. Cobertura Vegetal.

Figura 4

Mapa de cobertura vegetal del cantón Latacunga



Nota. Shape 1:50.000 obtenido del Sistema Nacional de Información (SIN) del Ecuador.

La cobertura vegetal del cantón (ver Figura 4), la cobertura con mayor incidencia es la agropecuaria con un área de 75738,04 ha con un porcentaje de 54,63 % y el de menor incidencia la asociación agropecuaria con una superficie de 39,11 ha que representa un 0,03 %.

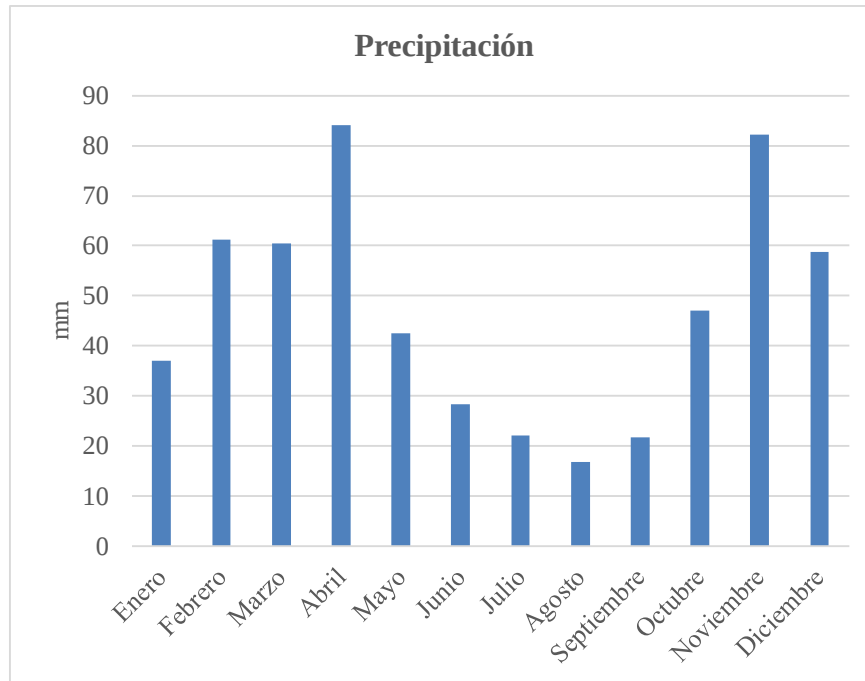
10.1.3. Diagnóstico Climático

La información climática fue tomada del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) de la estación meteorológica Rumipamba - Salcedo (M004) ubicada en el cantón Salcedo, se analizaron datos del periodo 2003 - 2013.

10.1.3.1. Precipitación (mm).

Figura 5

Precipitación Media Mensual de la Estación Rumipamba del periodo 2003 -2013



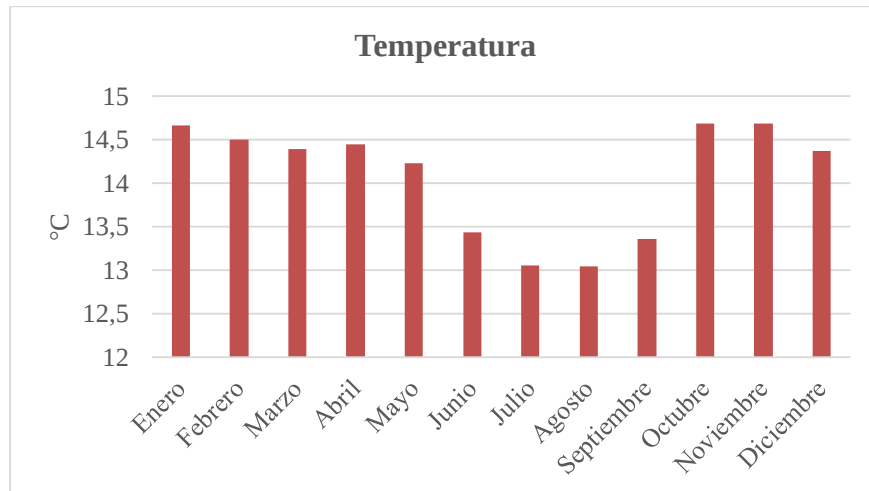
Nota. Datos tomados del INAMHI.

El valor promedio multianual de precipitaciones fue de 46,89 mm, su valor máximo corresponde al mes de abril con 84,19 mm mientras que el valor mínimo se presentó en el mes de agosto con 16,83 mm, según la distribución de la precipitación los meses de lluvia corresponden de octubre a mayo y los meses secos de junio a septiembre (ver Figura 5).

10.1.3.2. Temperatura (°C)

Figura 6

Temperatura Media Mensual de la Estación Rumipamba del periodo 2003-2013



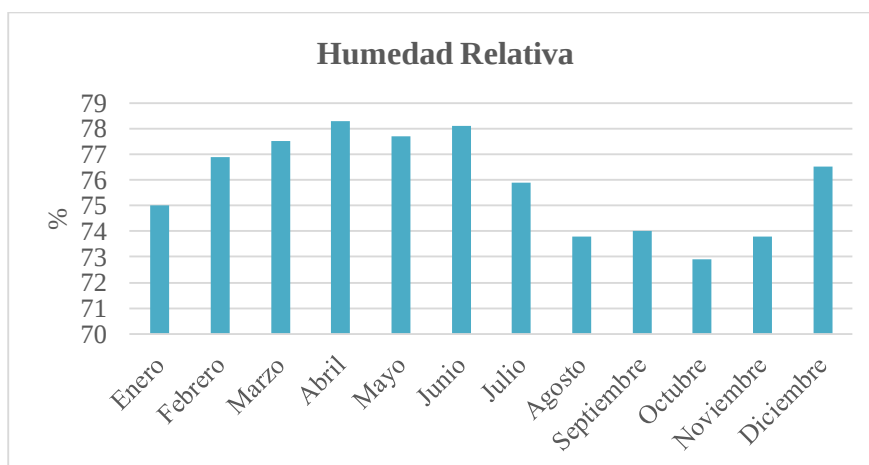
Nota. Datos tomados del INAMHI.

El valor promedio multianual de temperatura fue de 14.07 °C, su valor máximo corresponde al mes de noviembre con 14.69 °C mientras que el valor mínimo se presentó en el mes de agosto con 13.04 °C (ver Figura 6).

10.1.3.3. Humedad Relativa (%).

Figura 7

Humedad Relativa Media Mensual de la Estación Rumipamba del periodo 2003-2013



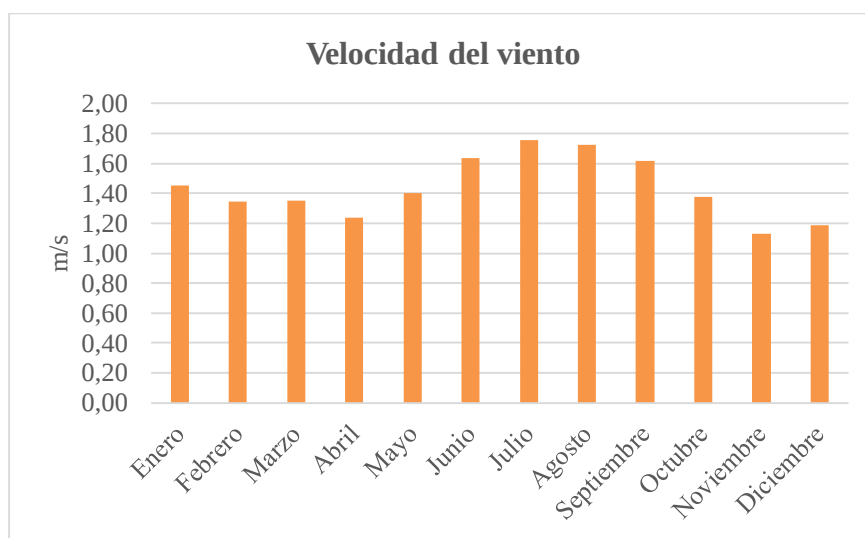
Nota. Datos tomados del INAMHI. Elaborado por autores

El valor promedio multianual de humedad relativa fue de 75,87 %, su valor máximo corresponde al mes de abril con 78,3 % mientras que el valor mínimo se presentó en el mes de octubre con 72,9 % (ver Figura 7).

10.1.3.4. Velocidad del viento (m/s).

Figura 9

Velocidad del viento Media Mensual Estación Rumipamba periodo 2003 - 2013



Nota. Datos tomados del INAMHI.

El valor promedio multianual de velocidad del viento fue de 1,43 m/s, su valor máximo corresponde al mes de julio con 1,76 m/s mientras que el valor mínimo se presentó en el mes de noviembre con 1,13 m/s (ver Figura 9).

10.1.4. Área de estudio

El Terminal Terrestre de Latacunga se encuentra ubicado al sur del cantón, en la provincia de Cotopaxi entre las coordenadas 764773,0 Este y 9896641,8 Norte a una altitud de 2770 m.s.n.m, con un área aproximada de 21537,6 m², ubicado al norte con la calle río Guayas, al sur con una zona comercial, al este la avenida Marco Aurelio Subía y al Oeste con la carretera Panamericana E35 (ver Figura 10).

Figura 10*Mapa de Ubicación del área de estudio***10.1.4.1. Terminal Terrestre de Latacunga.**

El Terminal Terrestre se ubica en la Avenida 10 de agosto, fue fundado el 18 de abril de 1990 con el objetivo de unificar los servicios de transporte existentes en la ciudad, la principal inversionista fue la empresa Fujita de Japón. Los servicios que ofrece el Terminal han ido evolucionando desde su fundación hasta hoy y en la actualidad ofrecen servicio de transporte a través de 21 cooperativas interprovinciales y 7 cooperativas intraprovinciales (ver Tabla 8) (Revelo, 2017).

Tabla 8*Cooperativas de transporte del Terminal Terrestre de Latacunga*

N°	Cooperativa de Transporte	DESTINO
INTERPROVINCIALES		
1	Cotopaxi	Quevedo, la Maná, Ambato, Baños, Santo Domingo, Quito
2	Latacunga	Quito, Ambato, Baños, Quevedo, Guayaquil, Ibarra
3	Reina de Sigchos	Latacunga, Sigchos
4	Salcedo	Salcedo, Ambato
5	Primavera	Salcedo, Ambato, Riobamba
6	San Miguel	Salcedo, Ambato
7	Baños	Latacunga, Puyo, Tena, Coca
8	Vivero	Quilotoa, Zumbahua
9	Sangay	Quito, Tena, Puyo, Baños, Riobamba
10	Pujilí	Pujilí
11	14 de Octubre	Zumbahua, Chugchilán
12	Santiago de Quero	Latacunga, Riobamba, Quero
13	Iliniza	Quilotoa, Chugchilán, Sigchos
14	Ciro	Ambato, Quevedo, Quito
15	Bolivariano	Quito
16	Píllaro	Ambato, Quito
17	Nacional Saquisilí	Guayaquil, Saquisilí
18	La Maná	La Maná, Quevedo, Zumbahua
19	Pastocalle	Boliche, Chasqui, Machachi, Quito
20	Mulaló	Quito, Ambato
21	Tanicuchi	Ambato, Baños, Tena
INTRAPROVINCIAL		

22	Occidental	Quilotoa, Chugchilán, Canjalo, Zumbahua, Guangaje
23	Río San Pablo	La Maná, Moraspungo, Latacunga
24	La Merced	Latacunga, Pujilí
25	Claudio Guerrero	Pastocalle, Tanicuchi
26	Guaytacama	La brigada, Guaytacama
27	Lasso	Calle E35, Lasso
28	Belisario Quevedo	Belisario, La ESPE

Es el único Terminal de la ciudad de Latacunga, sus turnos son interprovinciales, tanto a la costa, sierra y oriente del país, su horario de servicio es de 04:00 am hasta las 19:00 pm, dispone de las siguientes actividades (ver Tabla 9): Administración, 12 Boleterías, 32 Andenes, 72 Locales Comerciales, Bodegas y varios puestos de ventas en los exteriores.

Tabla 9

Áreas que conforman el Terminal Terrestre de Latacunga

ÁREA	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Interna	Se encuentran los servicios básicos, locales comerciales, boletería, oficinas de cada una de las cooperativas y administración del Terminal.	
Parqueadero	Área específica para la llegada y aparcamiento de los buses donde esperan su turno de salida correspondiente.	

ÁREA	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Andenes	Lugar de embarque de pasajeros, el Terminal Terrestre cuenta con andenes destinados para buses interprovinciales, cantonales y parroquiales.	
Desembarque	Llegada de los pasajeros al Terminal Terrestre.	

El Terminal tiene disponible 728 unidades de transporte que prestan su servicio a diario (ver Tabla 10), sin embargo la frecuencia de salida de los buses es de 950 veces al día, tomando como referencia la capacidad de pasajeros de acuerdo a la NTE INEN, 1668 sobre “Vehículos De Transporte Público De Pasajeros Intrarregional, Interprovincial e Intraprovincial” en donde menciona que el número de pasajeros para buses es de 90 y mini bus de 60, a partir de ese dato tomando un valor mínimo de 20 pasajeros por 950 se estima un total de 19000 personas que emplean el servicio del Terminal en el día.

Tabla 10

Número de unidades que conforman el Terminal Terrestre de Latacunga

Nº	Cooperativa de Transporte	Número de Unidades
Interprovinciales		
1	Cotopaxi	46
2	Latacunga	19
3	Reina de Sigchos	20
4	Salcedo	26
5	Primavera	24
6	San Miguel	21
7	Baños	122
8	Vivero	8
9	Sangay	9
10	Pujilí	31
11	14 de Octubre	28

12	Santiago de Quero	17
13	Iliniza	13
14	Ciro	17
15	Bolivariano	5
16	Píllaro	24
17	Nacional Saquisilí	17
18	La Maná	49
19	Pastocalle	16
20	Mulaló	15
21	Tanicuchi	19
Total unidades de transporte interprovincial		608
Intraprovincial		
22	Occidental	15
23	Río San Pablo	6
24	La Merced	22
25	Claudio Guerrero	9
26	Guaytacama	28
27	Lasso	20
28	Belisario Quevedo	28
Total de unidades de transporte intraprovincial		120
TOTAL, UNIDADES DE TRANSPORTE		728

De acuerdo con la observación en el Terminal Terrestre se pudo identificar los siguientes aspectos ambientales:

10.1.4.2. Emisión de Gases de Combustión.

Causada por las emisiones del tubo de escape de los buses como el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NO_x) principalmente en el área de parqueo y andenes del Terminal.

10.1.4.3. Emisión de Material Particulado.

Se asocia con la emisión de gases de combustión, al desgaste de frenos, neumáticos y pavimento, así como también a la combustión de GLP por los restaurantes que se encuentran en el área interna del Terminal.

10.1.4.4. Generación de Ruido.

El ruido que se genera en el Terminal proviene del uso de las bocinas de las unidades de transporte además procede de los vehículos livianos (camionetas) y vehículos pesados (volquetes, buses y camiones) que se movilizan en las vías aledañas.

10.1.4.5. Generación de Residuos Sólidos.

Los residuos sólidos son generados por las actividades de los locales comerciales que se encuentran en el mismo igualmente por los pasajeros y personal del Terminal.

10.1.4.6. Descarga de Agua Residual Doméstica.

Agua residual doméstica producto de los restaurantes y baños públicos dentro del Terminal que son descargadas en el sistema de alcantarillado del cantón.

10.1.4.7. Generación de Fuentes de Empleo.

Con la operación del Terminal se genera empleo para personas naturales y jurídicas que brinden sus servicios requeridos.

10.1.5. Ubicación de los Puntos de Monitoreo

Figura 3

Ubicación de los puntos de monitoreo



En el área de estudio se seleccionaron 6 puntos de muestreo en donde se ubicó el equipo E-BAM (ver Figura 11), el punto 1 se encuentra ubicado en la entrada del Terminal a unos 7 metros de distancia de la carretera panamericana E35, punto 2 se encuentra en medio de la infraestructura cerrada del Terminal, punto 3 se encuentra en el andén de zona de desembarque de personas, punto 4 se ubica en la zona de parqueadero de buses, punto 5 se encuentra en el andén de embarque de los buses y el punto 6 se encuentra ubicado en la salida de los buses del Terminal.

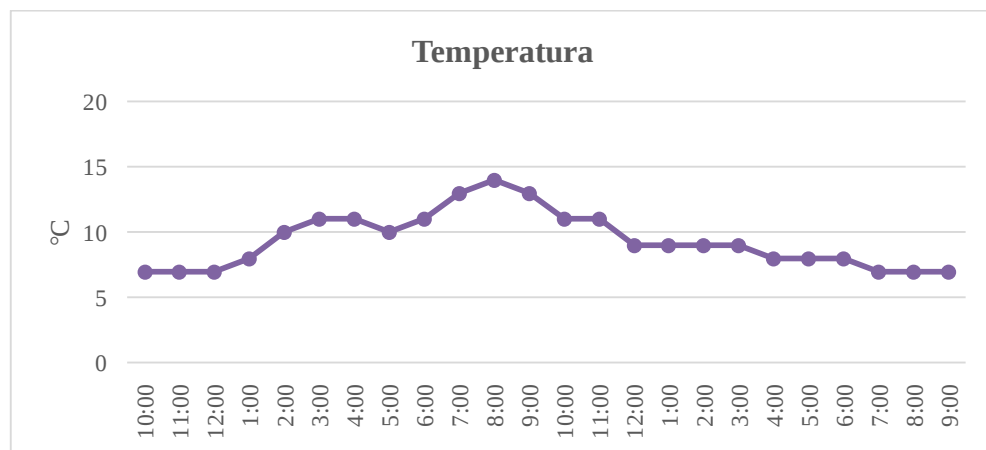
10.2. Análisis y Discusión de los Resultados

Los datos fueron obtenidos mediante la utilización del equipo E-BAM, con muestras de periodicidad de 10 minutos por 24 horas, después se empleó la ecuación 1 y se obtuvo los siguientes resultados, desde el anexo 2 al 7 se encuentra la base de datos utilizada para el análisis.

10.2.1. Resultados de monitoreo Punto 1

Figura 12

Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 1

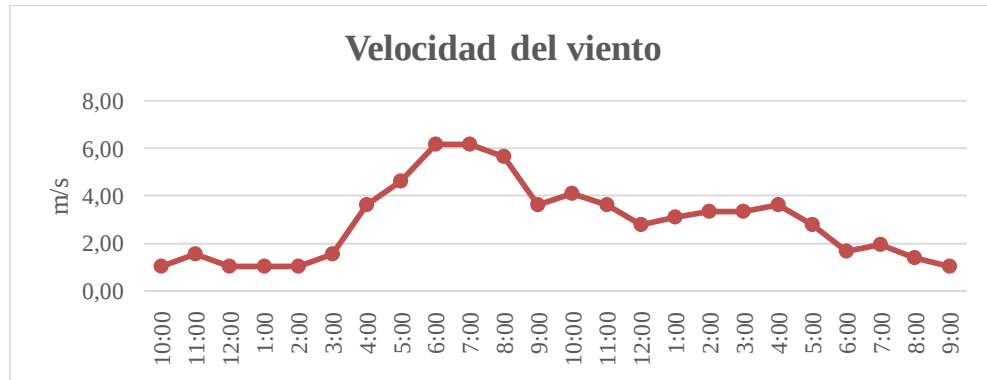


Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi.

Se presentó la variación de la temperatura en el punto 1 (ver Figura 12), donde se observó un aumento de temperatura entre las 2:00 pm hasta las 9:00 pm con incrementos no significativos, a partir de las 10:00 pm la temperatura empieza a disminuir, se registró su valor máximo de 14 °C, su valor mínimo de 7 °C y su valor promedio de 9 °C.

Figura 13

Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 1

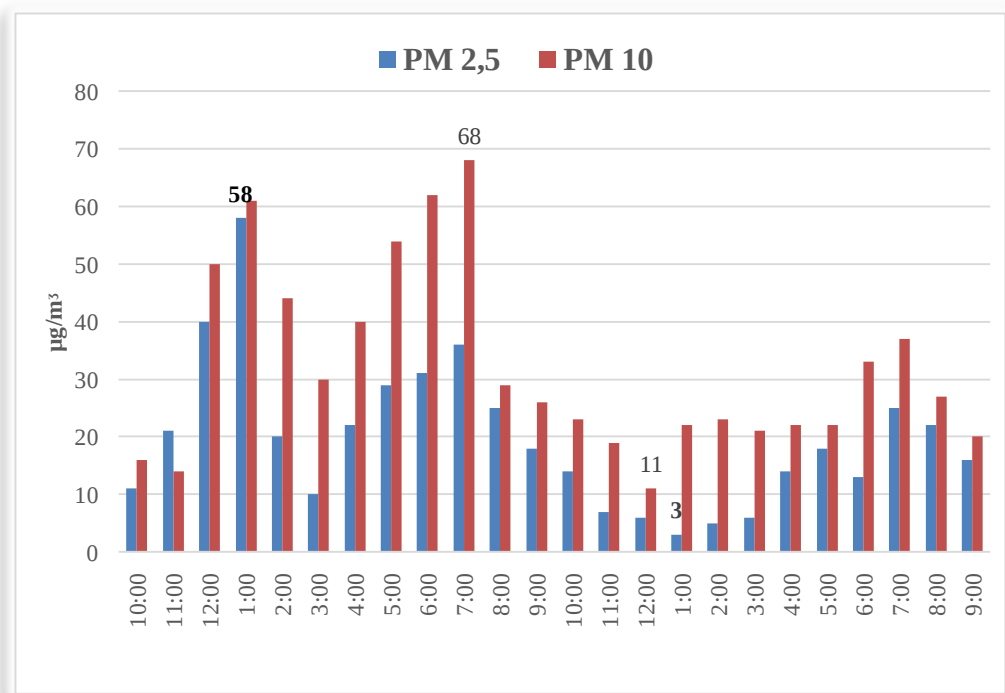


Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi

Se presentó la variación de la velocidad del viento en el punto 1 (ver Figura 13), donde se observó un aumento de velocidad entre las 3:00 pm hasta las 9:00 pm con incrementos ascendentes, a partir de las 10:00 pm la velocidad empieza a disminuir, se registró su valor máximo de 6,17 m/s, su valor mínimo de 1,67 m/s y su valor promedio de 2,91 m/s.

Figura 14

Valores de PM en 24 horas del Punto 1



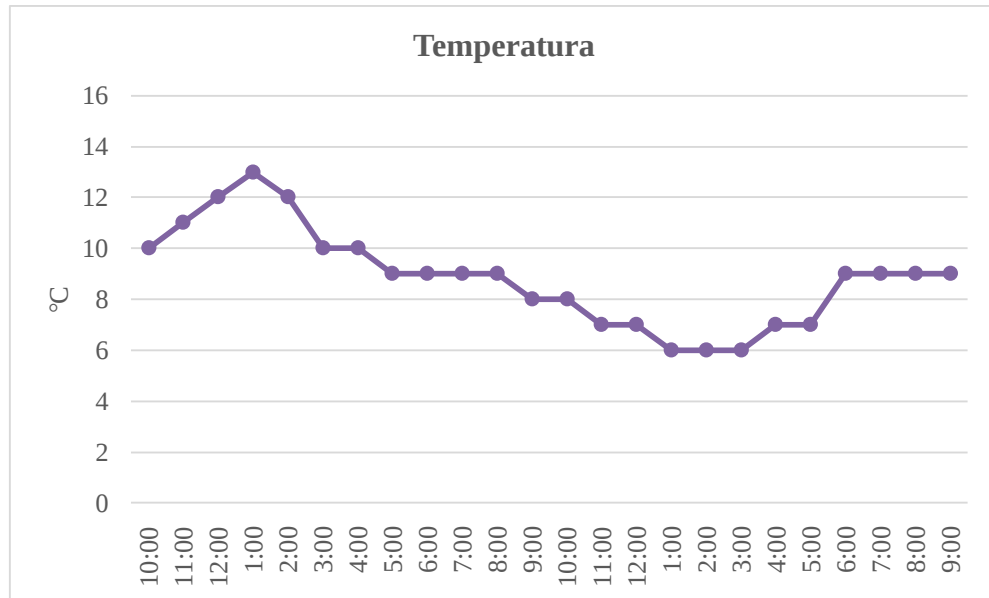
Interpretación

Se observó las concentraciones de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ monitoreado por 24 horas en el punto 1 (ver Figura 14), para PM_{2,5} se registró el pico más alto a la 1:00 pm con 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que comparado con la normativa ambiental (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sobrepasa los LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a la 1:00 am y su promedio de concentración de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para PM₁₀ su pico más alto se registró a las 7:00 pm con 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que comparado con la normativa ambiental (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se encuentra dentro de los LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 12:00 am y promedio de concentración de 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto al comportamiento de material particulado para PM_{2,5} y PM₁₀ se manifestó de la siguiente manera: las mayores concentraciones se presentaron entre las 12:00 am y 1:00 pm, hora en la que se observó mayor circulación vehicular ya que los estudiantes retornaban a sus hogares, de la misma manera entre las 4:00 pm hasta las 7:00 pm se aprecia un incremento progresivo en la concentración de PM considerado como un periodo de hora pico en el que se termina la jornada laboral por ende la población reanuda a sus hogares incrementando la circulación de vehículos públicos y privados, en la noche de 10:00 pm a 03:00 am se observó una disminución y vuelve a incrementarse entre las 6:00 am hasta las 8:00 am debido al aumento en la circulación de los vehículos en la ciudad para llegar a sus diferentes destinos laborales. En cuanto a las variables meteorológicas temperatura y velocidad de viento como lo menciona Lauren et al (2019) cuando dichas variables aumentan el material particulado presente en el aire también, esto se observó entre las horas de 5:00 pm a 7:00 pm de las figuras 12, 13 y 14 donde se cumple el argumento mencionado.

10.2.2. Resultados de Monitoreo Punto 2

Figura 15

Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 2

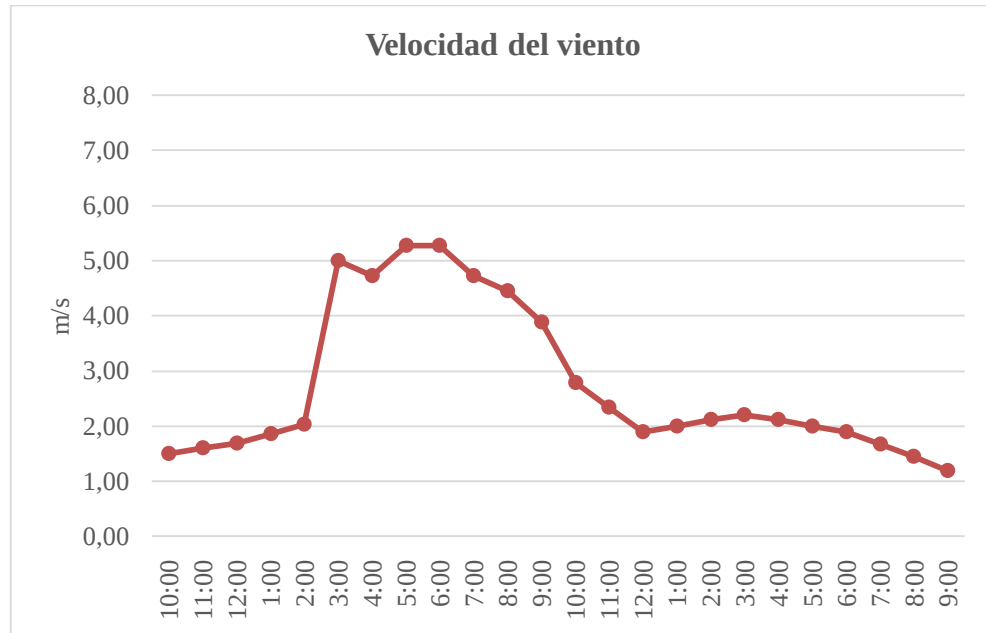


Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi

Se presentó la variación de la temperatura en el punto 2 (ver Figura 15), donde se observó un aumento de temperatura entre las 10:00 am hasta las 2:00 pm y 6:00 am hasta las 9:00 am, a partir de las 3:00 pm hasta las 5:00 am la temperatura empieza una disminución progresiva, se registró su valor máximo de 13 °C, su valor mínimo de 6 °C y su valor promedio de 9 °C.

Figura 16

Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 2

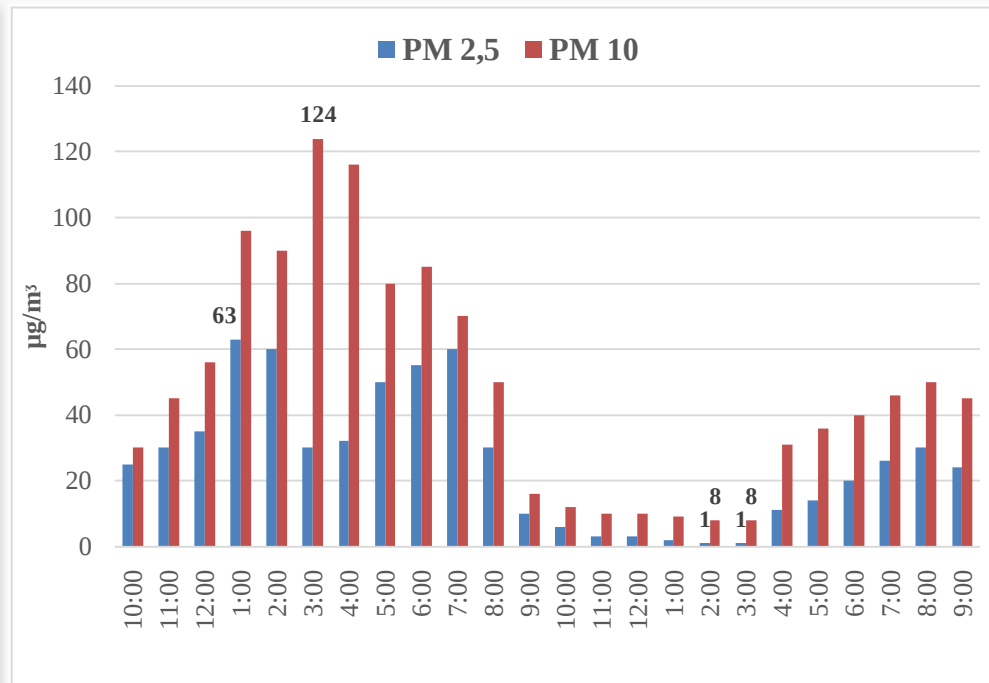


Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi.

Se presentó la variación de la velocidad del viento en el punto 2 (ver Figura 16), donde se observó un aumento de velocidad entre las 3:00 pm hasta las 8:00 pm con incrementos no significativos, a partir de las 9:00 pm la velocidad empieza a disminuir, se registró su valor máximo de 5,28 m/s, su valor mínimo de 1,19 m/s y su valor promedio de 2,74 m/s.

Figura 17

Valores de PM en 24 horas del Punto 2



Interpretación

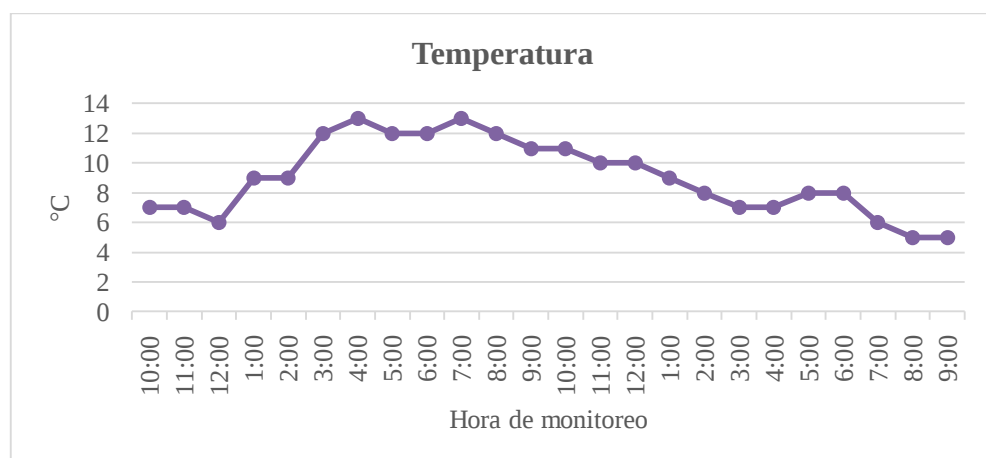
Se observó las concentraciones de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ monitoreado por 24 horas en el punto 2 (ver Figura 17), para PM_{2,5} se registró el pico más alto a la 1:00 pm con 63 µg/m³ que comparado con la normativa ambiental (50 µg/m³) sobrepasa los LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 1 µg/m³ de 2:00 am a 3:00 am y su promedio de concentración de 25 µg/m³. Para PM₁₀ su pico más alto se registró a las 3:00 pm con 124 µg/m³ que comparado con la normativa ambiental (100 µg/m³) sobrepasa los LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 8 µg/m³ de 2:00 am a 3:00 am y promedio de concentración de 48 µg/m³. En cuanto al comportamiento de PM_{2,5} se manifestó de la siguiente manera: las mayores concentraciones se presentaron a las 12:00 am y 1:00 pm hora pico por retorno de estudiantes a sus hogares, sin embargo para PM₁₀ la mayor concentración se presentó desde la 1:00 pm hasta las 8:00 pm valores obtenidos porque se monitoreo un día viernes en donde se evidenció el aumento de circulación vehicular de buses interprovinciales debido a que principalmente estudiantes y trabajadores de diferentes ciudades y provincias regresan a sus hogares el fin de semana, además es importante mencionar que el punto dos fue el que tuvo las

concentraciones más altas que los demás, puesto que el equipo se encontraba en la infraestructura cerrada del Terminal en donde se localizan varios locales de comida mismos que emiten gases contaminantes y material particulado así lo testifica Pinzón (2019) en su estudio hecho en Paraguay donde determinó la calidad del aire de los hogares que utilizan leña, GLP o electricidad y sus resultados mostraron que las concentraciones promedio más altas de PM_{2,5} se encontraron en cocinas que usaban leña, seguidas por las que usaban carbón y por ultimo las que usaban GLP y electricidad, es decir los locales de comida ubicados dentro del Terminal fueron un factor para el aumento de PM. En cuanto a la reducción de material particulado para PM_{2,5} y PM₁₀ se presentó en el mismo horario de 9:00 pm a 3:00 am esto sucedió porque a las 7:00 pm se procedió a cerrar todas las puertas del Terminal lo que provocó una velocidad de viento baja y además no existió actividades o circulación de personas en la noche, en la mañana el incremento de PM empieza desde las 4:00 am hora en la cual el Terminal retoma sus actividades. En cuanto a las variables meteorológicas temperatura y velocidad de viento, en este punto el aumento de PM₁₀ está relacionado con la velocidad del viento debido a una precipitación que se presentó de 2:00 pm a 4:00 pm incrementando la velocidad de viento a 5 m/s como lo menciona Quijano & Orozco (2005) en su estudio el material particulado aumenta a causa de corrientes de viento que pueden llegar a 6,7 m/s.

10.2.3. Resultados de Monitoreo Punto 3

Figura 18

Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 3

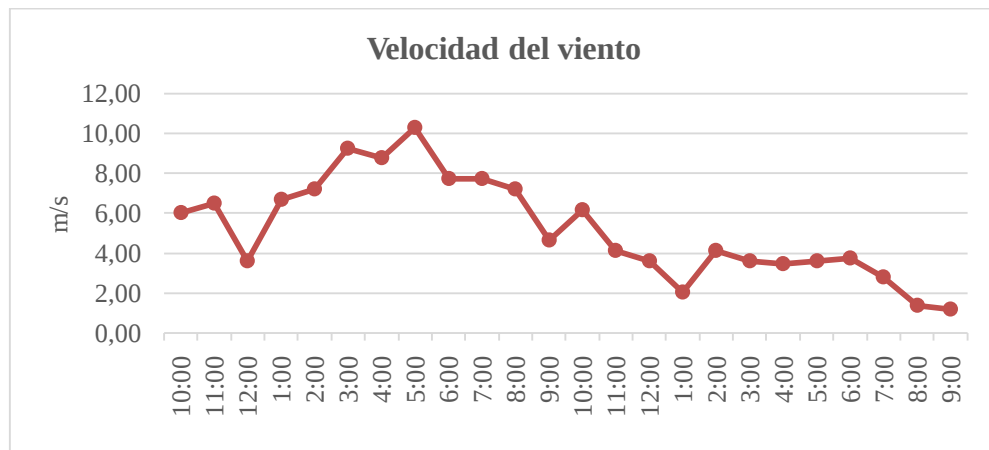


Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi.

Se presentó la variación de la temperatura en el punto 3 (ver Figura 18), donde se observó un aumento de temperatura entre las 3:00 pm hasta las 7:00 pm, a partir de las 8:00 pm la temperatura empieza una disminución progresivamente, se registró su valor máximo de 13 °C, su valor mínimo de 5 °C y su valor promedio de 9 °C.

Figura 19

Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 3

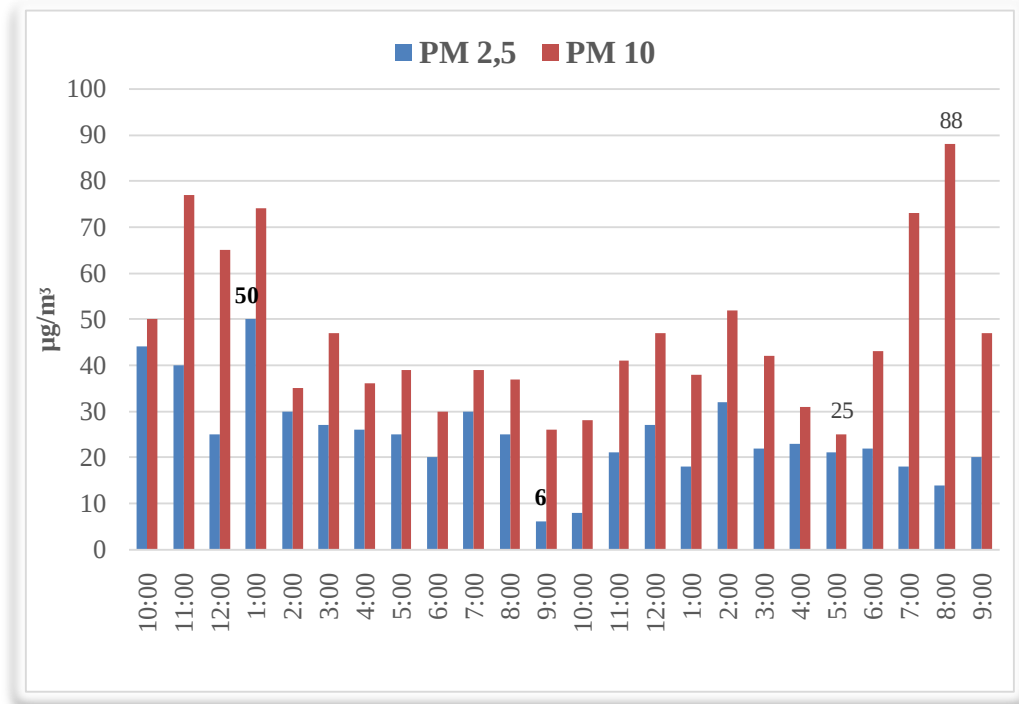


Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi

Se presentó la variación de la velocidad del viento en el punto 3 (ver Figura 19), donde se observó un aumento progresivo de velocidad entre la 1:00 pm hasta las 5:00 pm, a partir de las 6:00 pm la velocidad empieza a disminuir, se registró su valor máximo de 10,28 m/s, su valor mínimo de 1,19 m/s y su valor promedio de 5,22 m/s.

Figura 20

Valores de PM en 24 horas del Punto 3



Interpretación

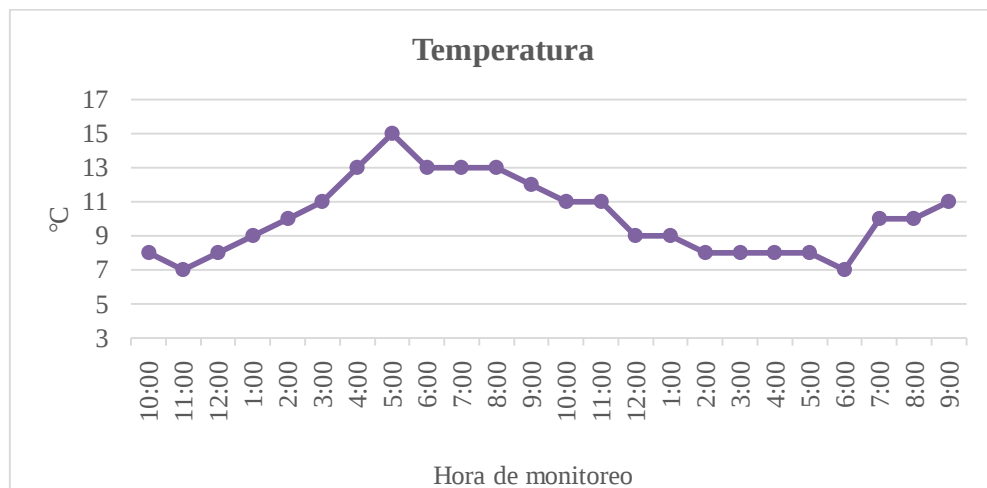
Se observó las concentraciones de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ monitoreado por 24 horas en el punto 3 (ver Figura 20), para PM_{2,5} se registró el pico más alto a la 1:00 pm con 50 µg/m³ que comparado con la normativa ambiental (50 µg/m³) se encuentra en el LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 6 µg/m³ a las 9:00 pm y su promedio de concentración de 25 µg/m³. Para PM₁₀ su pico más alto se registró a las 8:00 am con 88 µg/m³ que comparado con la normativa ambiental (100 µg/m³) se encuentra dentro de los LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 25 µg/m³ a las 5:00 am y promedio de concentración de 46 µg/m³. En cuanto al comportamiento de PM_{2,5} y PM₁₀ se manifestó de la siguiente manera: las concentraciones se mantuvieron constantes principalmente porque el monitoreo en este punto se realizó un fin de semana y el equipo se encontraba a unos 5 metros de distancia de la carretera panamericana E35 factor que influyó en el monitoreo ya que existió circulación vehicular constante tanto de vehículos livianos y pesados como afirma Quijano & Orozco (2005) el aumento del tráfico vehicular provoca la repercusión del polvo por ende el aumento de material particulado. El PM_{2,5} se monitoreo el día sábado siendo un día de feria en

Latacunga produciendo el aumento de vehículos no solamente los particulares, también el uso de vehículos pertenecientes a cooperativas de taxis y camionetas debido a mayor actividad en la ciudad, de la misma forma el PM10 se monitorea el día domingo, día en el que la población regresa a la ciudad para continuar con sus actividades académicas o laborales. En cuanto a las variables meteorológicas temperatura y velocidad de viento, en este punto no se relacionan directamente por lo tanto se asume que el aumento de concentración se le atribuye al tráfico vehicular.

10.2.4. Resultados de Monitoreo Punto 4

Figura 21

Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 4

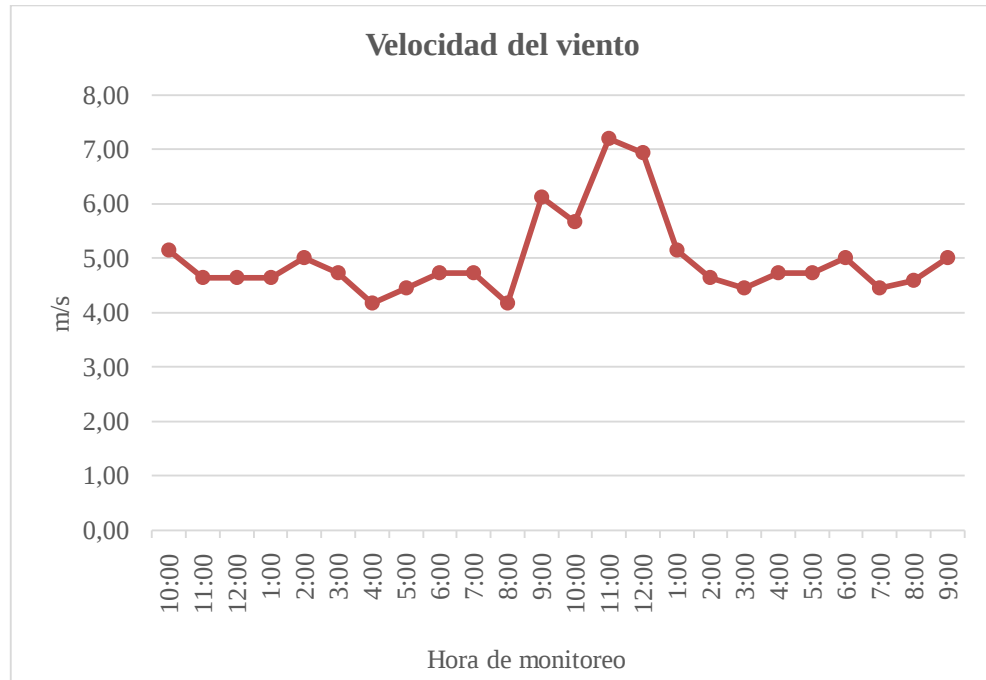


Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi

Se presentó la variación de la temperatura en el punto 4 (ver Figura 21), donde se observó un aumento de temperatura progresiva entre las 11:00 am hasta las 5:00 pm y de 6 am a 9:00 am, a partir de las 6:00 pm la temperatura empieza a disminuir progresivamente, se registró su valor máximo de 15 °C, su valor mínimo de 7 °C y su valor promedio de 10 °C.

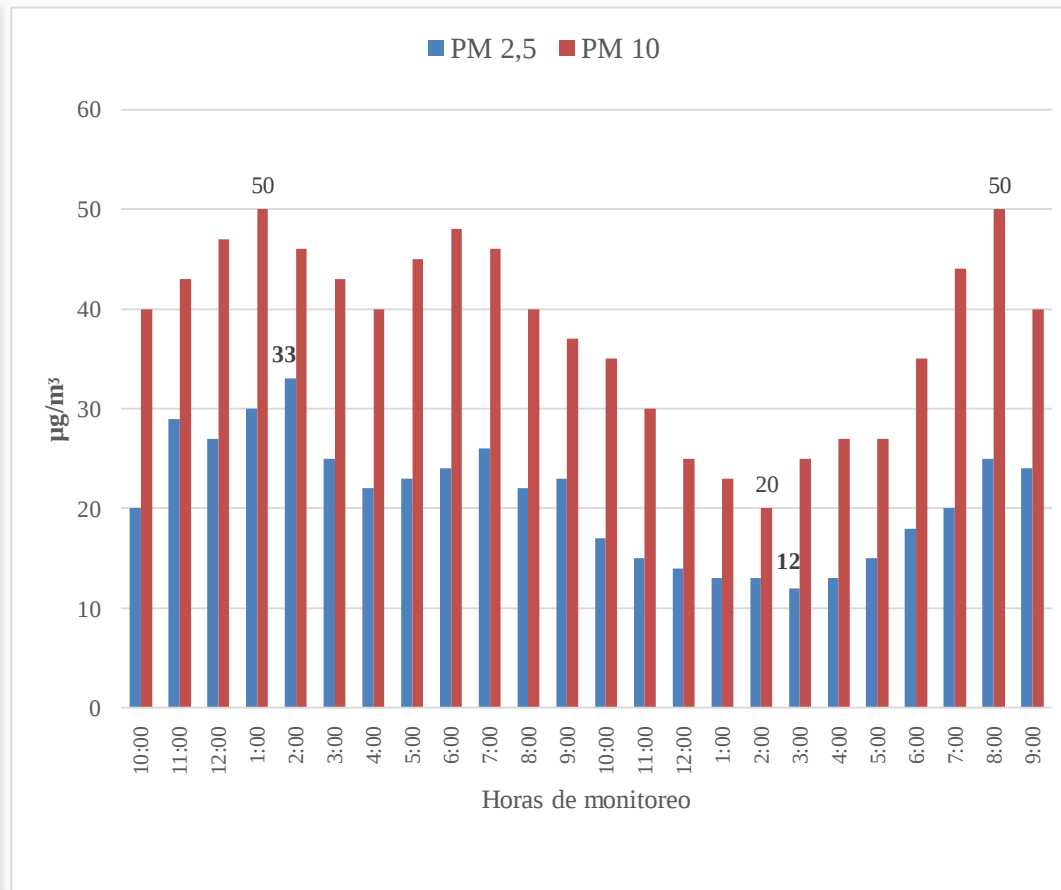
Figura 22

Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 4



Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi

Se presentó la variación de la velocidad del viento en el punto 4 (ver Figura 22), donde se observó una velocidad constante sin cambios significativos de 10:00 am a 8:00 pm, un aumento de entre la 8:00 pm hasta las 12:00 am, a partir de la 1:00 am la velocidad empieza a disminuir, se registró su valor máximo de 7,19 m/s, su valor mínimo de 4,72 m/s y su valor promedio de 4,98 m/s.

Figura 23*Valores de PM en 24 horas del Punto 4***Interpretación**

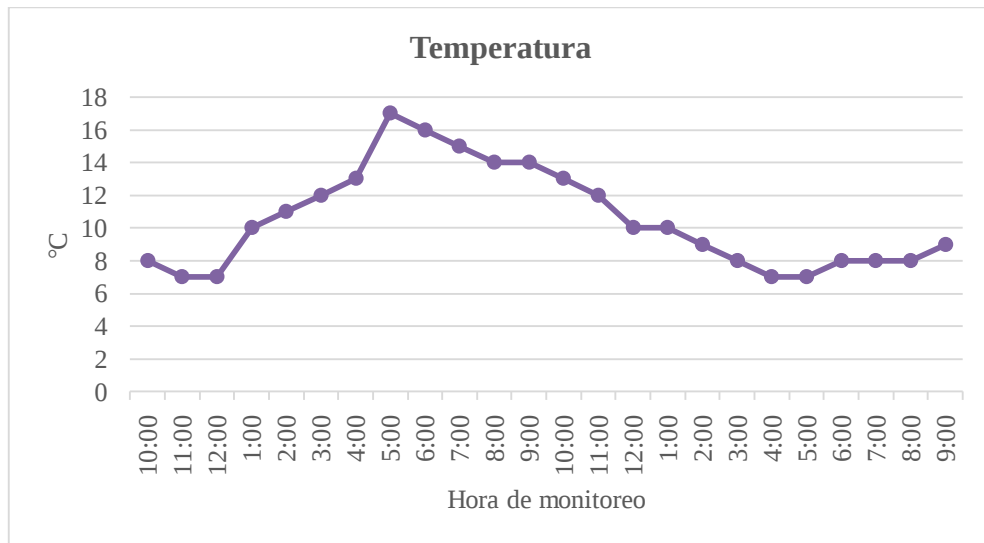
Se observó las concentraciones de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ monitoreado por 24 horas en el punto 4 (ver Figura 23), para PM_{2,5} se registró el pico más alto a las 2:00 pm con 33 µg/m³ que comparado con la normativa ambiental (50 µg/m³) se encuentra en el LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 12 µg/m³ a las 9:00 pm y su promedio de concentración de 21 µg/m³. Para PM₁₀ su pico más alto se registró a la 1:00 pm y 8:00 am con 50 µg/m³ que comparado con la normativa ambiental (100 µg/m³) se encuentra dentro de los LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 20 µg/m³ a las 2:00 am y promedio de concentración de 38 µg/m³. En cuanto al comportamiento de PM_{2,5} y PM₁₀ se manifestó de la siguiente manera: la mayor concentración de 10:00 am a 1:00 pm, de 5:00 pm a 6:00 pm y de 6:00 am a 8:00 am tiempos considerados como horas pico por el aumento de circulación de

vehículos y también el equipo se encontraba cerca de la zona de recaudación y entrega de tickets en donde los buses frenaban y aceleraban constantemente provocando el aumento de material particulado debido al desgaste de frenos, llantas y pavimento con la posterior emisión de polvo así como lo menciona Maldonado (2012) en su estudio. Las concentraciones mínimas de 2:00 pm a 4:00 pm y de 8:00 pm a 2:00 am valores registrados teniendo en cuenta que en la noche la población se encuentra descansando para el siguiente día. En cuanto a las variables meteorológicas temperatura y velocidad de viento, en este punto el aumento de material particulado se relaciona directamente con la temperatura ya que en las horas en las que mayor concentración de PM10 se obtuvo la temperatura también empezó a incrementarse por lo que se consideran variables proporcionales.

10.2.5. Resultados de Monitoreo Punto 5

Figura 24

Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 5

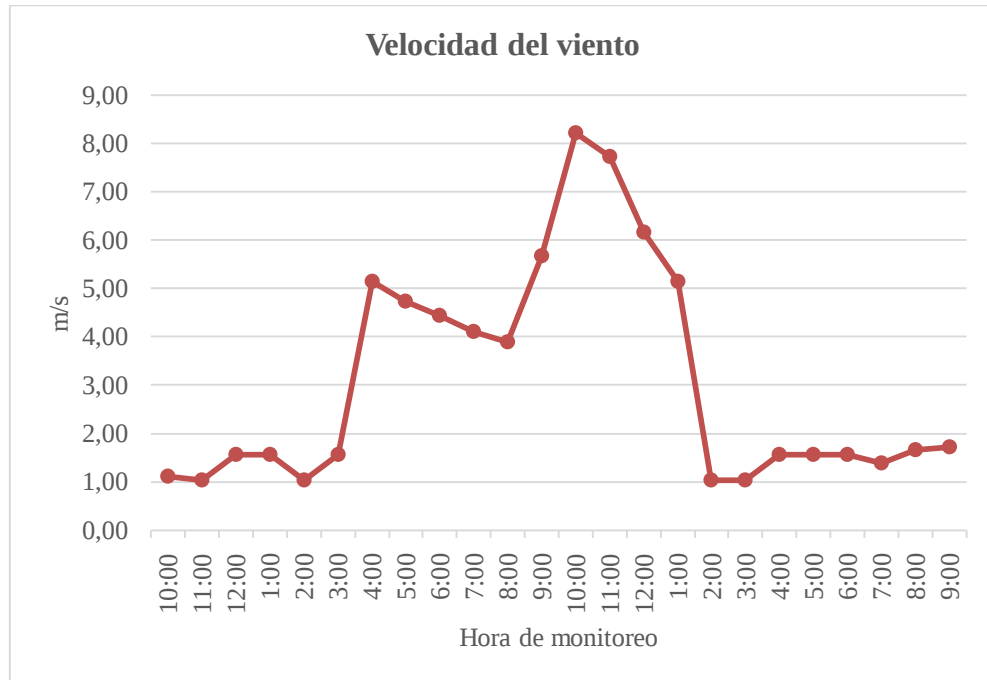


Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi

Se presentó la variación de la temperatura en el punto 5 (ver Figura 24), donde se observó un aumento de temperatura progresiva entre la 1:00 am hasta las 5:00 pm, a partir de las 6:00 pm la temperatura empieza a disminuir progresivamente, se registró su valor máximo de 17 °C, su valor mínimo de 7 °C y su valor promedio de 11 °C.

Figura 25

Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 5

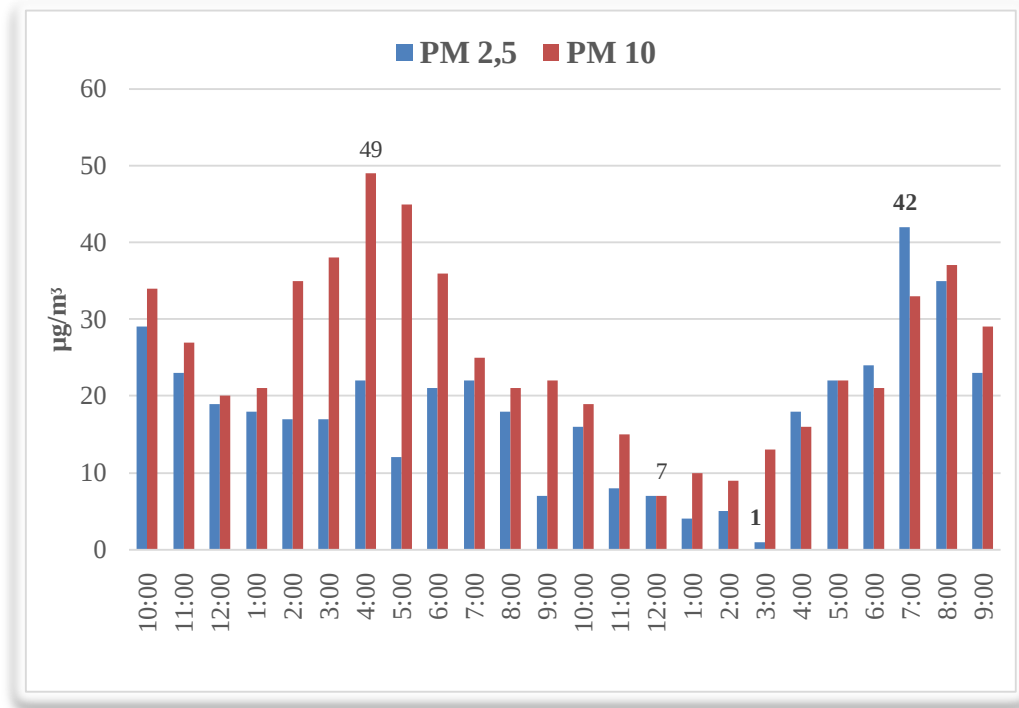


Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi

Se presentó la variación de la velocidad del viento en el punto 5 (ver Figura 25), donde se observó una velocidad de viento variada registrando un aumento de velocidad de viento a las 4:00 pm y de 9:00 pm a 10:00 pm, a partir de las 11:00 pm la velocidad empieza a disminuir progresivamente hasta las 2:00 am en donde empieza a registrar una velocidad de viento constante sin cambios significativos, su valor máximo fue de 8,22 m/s, su valor mínimo de 1,03 m/s y su valor promedio de 3,10 m/s.

Figura 26

Valores de PM en 24 horas del Punto 5



Interpretación

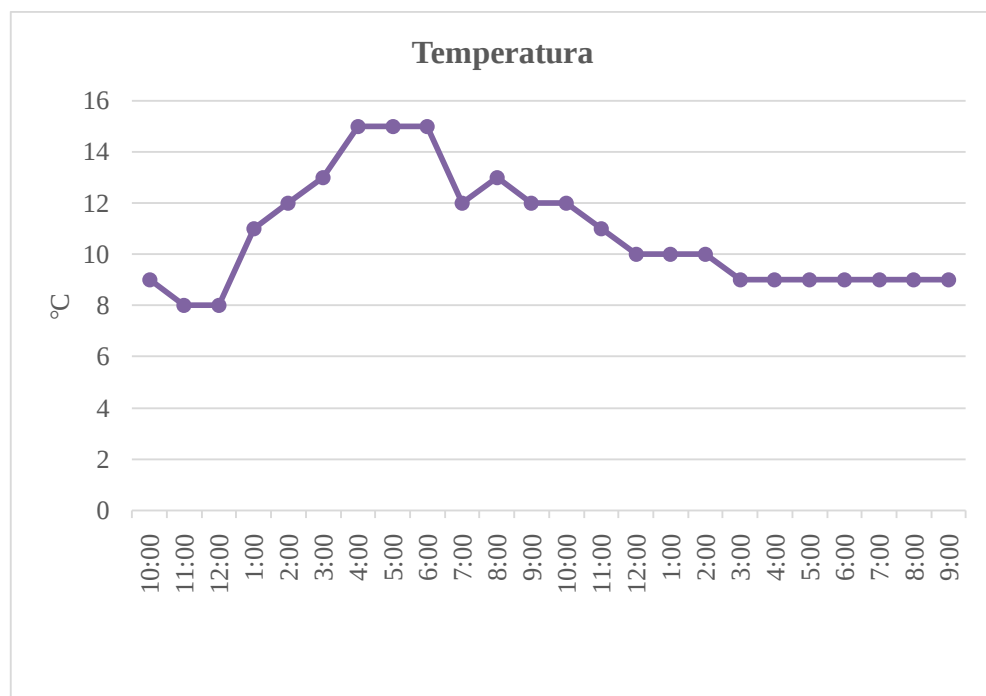
Se observó las concentraciones de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ monitoreado por 24 horas en el punto 5 (ver Figura 26), para PM_{2,5} se registró el pico más alto a las 7:00 am con 42 µg/m³ que comparado con la normativa ambiental (50 µg/m³) se encuentra cercano al LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 1 µg/m³ a las 3:00 am y su promedio de concentración de 18 µg/m³. Para PM₁₀ su pico más alto se registró a las 4:00 pm con 49 µg/m³ que comparado con la normativa ambiental (100 µg/m³) se encuentra dentro de los LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 7 µg/m³ a las 12:00 am y promedio de concentración de 25 µg/m³. En cuanto al comportamiento de PM_{2,5} y PM₁₀ se manifestó de la siguiente manera: para el PM_{2,5} es muy variada se observó una concentración constante de 11:00 am a 4:00 pm, ocasionado por la siguiente razón: el día del muestreo algunos colegios de la ciudad realizaron la ceremonia de graduación de los nuevos bachilleres de la república es así que se evidenció un incremento notable en la circulación vehicular. La mayor concentración de PM₁₀ se evidenció entre la 1:00 pm a 4:00 pm, una disminución de 8:00 pm a 3:00 am y a partir de las 4:00 am empieza el incremento nuevamente. La concentración constante en este

punto se puede atribuir a la ubicación del equipo que se encontraba situado en el andén de embarcación y a unos 7 metros de la avenida Marco Subía en donde la circulación de vehículos fue constante tanto en el día como en la noche tal como lo mencionan Gavilanes & Gavilanes (2018) existe una clara relación entre las concentraciones de material particulado y el número de vehículos. En cuanto a las variables meteorológicas temperatura y velocidad de viento en ciertas horas de la mañana y tarde se relacionan.

10.2.6. Resultados de Monitoreo Punto 6

Figura 27

Valores de temperatura obtenidos en 24 horas en el Punto 6



Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi

Se presentó la variación de la temperatura en el punto 6 (ver Figura 27), donde se observó un aumento de temperatura progresiva entre la 12:00 am hasta las 6:00 pm, a partir de las 7:00 pm la temperatura empieza a disminuir progresivamente, se registró su valor máximo de 15 °C, su valor mínimo de 8 °C y su valor promedio de 11 °C.

Figura 28

Valores de velocidad del viento obtenidos en 24 horas en el Punto 6

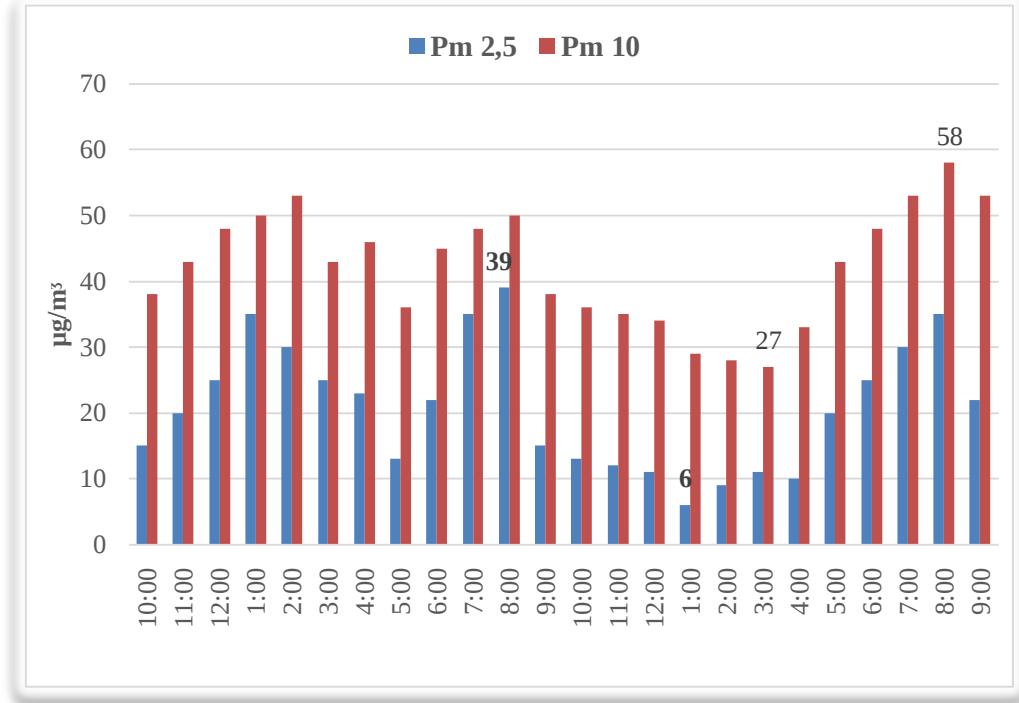


Nota. Datos tomados de la estación del Aeropuerto Cotopaxi

Se presentó la variación de la velocidad del viento en el punto 6 (ver Figura 28), donde se observó una velocidad de viento variada registrado un aumento de velocidad de viento a las 2:00 pm hasta las 7:00 pm, disminuye progresivamente de 8:00 pm hasta 12:00 am y se incrementa nuevamente de 1:00 am hasta las 5:00 am, su valor máximo fue de 5,67 m/s, su valor mínimo de 1,03 m/s y su valor promedio de 2,43 m/s.

Figura 29

Valores de PM en 24 horas del Punto 6



Interpretación

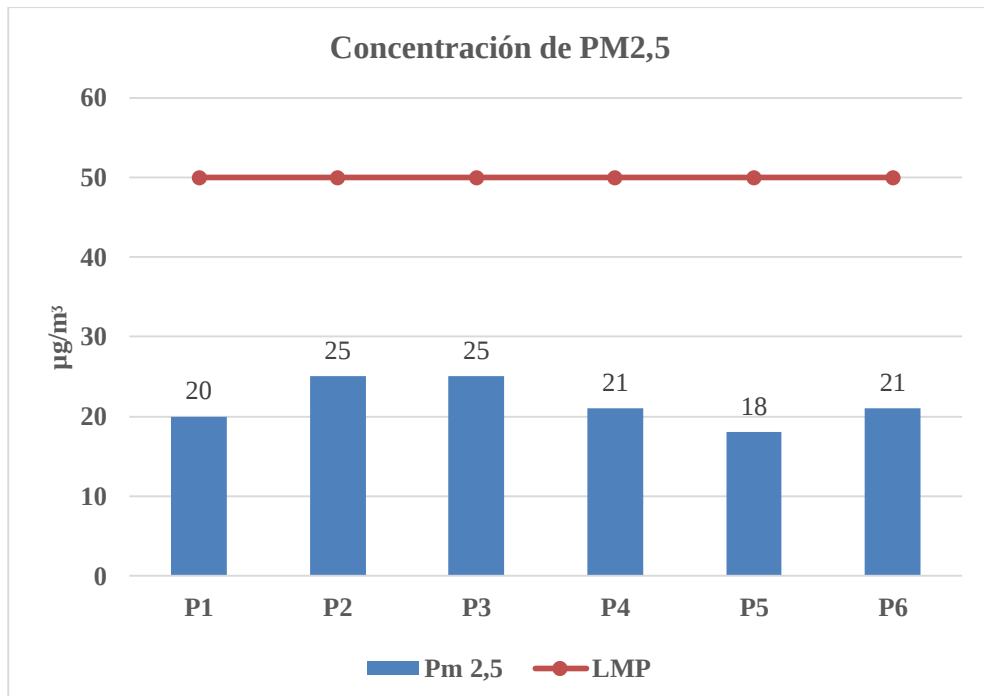
Se observó las concentraciones de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ monitoreado por 24 horas en el punto 6 (ver Figura 29), para PM_{2,5} se registró el pico más alto a las 8:00 am con 39 µg/m³ que comparado con la normativa ambiental (50 µg/m³) se encuentra dentro de los LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 6 µg/m³ a la 1:00 am y su promedio de concentración de 21 µg/m³. Para PM₁₀ su pico más alto se registró a las 8:00 pm con 58 µg/m³ que comparado con la normativa ambiental (100 µg/m³) se encuentra dentro de los LMP establecidos, mientras que su valor mínimo fue de 27 µg/m³ a las 3:00 am y promedio de concentración de 42 µg/m³. En cuanto al comportamiento de PM_{2,5} y PM₁₀ se manifestó de la siguiente manera: se observó la mayor concentración de material particulado de 11:00 am a 2:00 pm, a partir de las 3:00 pm a 5:00 pm disminuyó y volvió a incrementar de 6:00 pm a 8 pm, disminuyendo nuevamente de 9:00 pm a 3:00 am, después ocurre nuevamente un aumento a partir de las 4:00 am, los factores que pudieron incidir en este resultado fueron los siguientes: el equipo se encontraba cerca de una zona no pavimentada además existió fuertes viento que pudieron arrastrar el polvo a la atmósfera así lo afirma Alfonso (2018) en su investigación,

también el equipo se encontraba ubicado en la salida de los buses del Terminal y a unos 6 metros de la calle río Guayas y unos 8 metros de la avenida Marco Subía atribuyendo el aumento de concentración a la circulación vehicular. En cuanto a las variables meteorológicas temperatura y velocidad de viento, en este punto puede suponerse este relacionado el aumento de material particulado con la temperatura ya que se observó un aumento de temperatura de 12:00 am a 2:00 pm en donde también el PM presentó un aumento en su concentración.

10.2.7. Comparación de los Resultados con la Normativa Ambiental

Figura 30

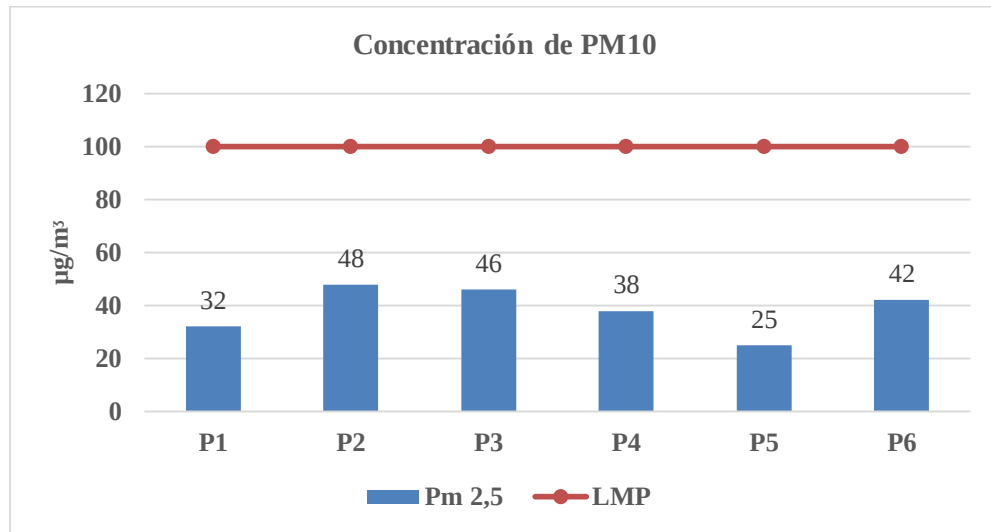
Concentración media de material particulado PM_{2,5} en el Terminal Terrestre (24 horas)



Según el Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria Libro VI Anexo, el promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas para PM_{2,5}, no deberá exceder de 50µg/m³ (Ver tabla 4), tomando en cuenta dicho criterio se puede determinar que los seis puntos de monitoreo cumplen con los LMP, debido a que sus concentraciones fueron menores a la establecido en la normativa Ecuatoriana Vigente (ver Figura 30).

Figura 31

Concentración media de material particulado PM10 en el Terminal Terrestre (24 horas)



Según el Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria Libro VI Anexo 4, el promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas para PM10, no deberá exceder de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ver Tabla 4), tomando en cuenta dicho criterio se puede determinar que los 6 puntos de monitoreo cumplen con los LMP, debido a que sus concentraciones fueron menores a la establecido en la normativa Ecuatoriana Vigente (ver Figura 31).

10.2.8. Comparación de Resultados con el AQI

Según el Índice de la Calidad del Aire (AQI), para PM2,5 los seis puntos se encuentran en el rango de concentración de 0 - 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que indica una calidad de aire de nivel deseable es decir se considera satisfactoria y la contaminación ambiental tiene poco riesgo para la salud (ver Tabla 11).

Las concentraciones de PM10 se encuentran en el rango de 0 – 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que indica una calidad de aire de nivel deseable es decir se considera satisfactoria y la contaminación ambiental tiene poco riesgo para la salud (ver Tabla 11).

En general la calidad de aire PM2,5 y PM10 en el Terminal de Latacunga se encuentra en el nivel deseable, sin embargo, a futuro puede representar un riesgo a la salud por eso hay que tomar en cuenta medidas de prevención para evitar el aumento de estos tipos de contaminantes en la atmósfera.

Tabla 11

Calidad del aire del Terminal Terrestre de Latacunga según el índice, IQCA

	Puntos	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Calidad
PM_{2,5}	1	20	Deseable
	2	25	
	3	25	
	4	21	
	5	18	
	6	21	
PM₁₀	1	32	Deseable
	2	48	
	3	46	
	4	38	
	5	25	
	6	42	

10.3. PROPUESTA DE PREVENCIÓN DE IMPACTOS ENFOCADOS A REDUCIR LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO

10.3.1. Introducción

En la actualidad la contaminación del aire es uno de los principales riesgos ambientales para el medio ambiente y la salud. Según La Organización Panamericana de la Salud (2016) estima que una de cada nueve muertes en el mundo es a causa de esta contaminación atmosférica y el material particulado es referente en esta contaminación.

En la atmósfera hay un gran número de contaminantes que tienen distintos impactos en el ambiente y la salud humana. Entre estos contaminantes destacan las partículas (PM, del inglés particulate matter). Las PM son una mezcla de sustancias naturales, antropogénicas y productos de los procesos atmosféricos de conversión de gas a partícula. Así mismo, pueden ser emitidas como tales a la atmósfera (primarias) o bien ser generadas por reacciones químicas (secundarias) (Sarmiento, 2018).

Para Salguero (2016) las partículas o material particulado, presentan un riesgo para los pulmones; incrementan las reacciones en la atmósfera, reducen la visibilidad; aumentan la posibilidad de la precipitación, la niebla y las nubes; reducen la radiación solar, con los cambios en la temperatura ambiental y en las tasas biológicas de crecimiento de las plantas.

Los niveles de concentración de PM_{2,5} y PM₁₀ registrados en el Terminal de Latacunga estuvieron relacionados con los vehículos que circulaban dentro del Terminal y en las calles aledañas al mismo, en donde se notó que el escape de los vehículos a diésel es la principal causa de emisión de material particulado. Es por ello que se establecen estrategias que se encaminan a prevenir y controlar la dispersión de material particulado en el Terminal para resguardar la salud de las personas y protección del medio ambiente.

10.3.2. Justificación

Una de las principales problemáticas a nivel mundial es la contaminación del aire que afecta a la salud de las personas principalmente el material particulado que a su exposición constante genera daños a la salud.

Las actividades humanas, por ejemplo, la industria y el movimiento vehicular, se consideran las principales fuentes de emisión de material particulado que, en conjunto con factores meteorológicos y topográficos, hacen que el comportamiento del PM_{2,5} y PM₁₀ varíe temporalmente de manera irregular en la atmósfera (Arrieta, 2016).

El estudio realizado indicó que las concentraciones de PM se encontraban por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo al Anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente Norma de Calidad del Aire Ambiente o nivel de inmisión tanto para PM_{2,5} y PM₁₀, en el caso del PM₁₀ en ningún punto se acercó al límite de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo mismo ocurrió con los valores registrados para PM_{2,5} que se encontraron por debajo del límite establecido por la ley de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Los resultados no son valores alarmantes sin embargo nos incentivan a tomar medidas que eviten que a futuro en el Terminal se sobrepase los límites máximos, teniendo como consecuencia principal el deterioro de la salud, principalmente del aparato respiratorio que es uno de los más perjudicados.

Por esta razón se pretende establecer propuestas para prevenir y mitigar los impactos originados por las actividades antrópicas. Con la aplicación de las medidas de mitigación se tendrá un impacto positivo mejorando la calidad de vida tanto de la población aledaña al Terminal Terrestre como la del cantón Latacunga.

10.3.3. Objetivo General

Proponer estrategias de prevención en el área de estudio, para reducir los niveles de concentración de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀.

10.3.4. Desarrollo de estrategias

ESTRATEGIA 1

Realizar charlas de temas ambientales a choferes y propietarios de las unidades de transporte que se encuentran brindando servicios en el Terminal.

Descripción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha considerado que la contaminación del aire responde a la falta de educación ambiental, es un tema de salud pública y ha estimado que siete millones de personas aproximadamente fallecen por enfermedades causadas por la mala calidad del aire y alrededor del 91 % viven en ciudades que superan los límites de contaminación establecidos (Gonzales et al., 2021).

Por ese motivo es importante realizar charlas a todos los conductores, dueños de las unidades de transporte y personal que trabajan en las instalaciones del Terminal Terrestre, sobre problemas ambientales que son ocasionados sin conocimiento de las consecuencias, como la contaminación ambiental y daños a la salud del ser humano.

Objetivo

Presentar a las autoridades del Terminal, representantes del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón, representantes de las unidades de las cooperativas de transporte y trabajadores del Terminal los resultados obtenidos en el muestreo y brindar una amplia información sobre la calidad del aire, los efectos y riesgos de la contaminación para un mayor grado de concientización.

Lugar de ejecución**Provincia:** Cotopaxi**Cantón:** Latacunga**Sector:** Terminal Terrestre**Actividades****Tabla 12***Cronograma de actividades estrategia 1*

CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN AMBIENTAL						
Contenido	S1	S2	S3	S4	Tiempo	
Definición de contaminación ambiental.					1 hora	
Fuentes de contaminación.					1 hora	
Contaminación del aire.					1 hora	
Efectos nocivos para la salud y el medio ambiente.					1 hora	
Resultados del monitoreo realizado en el Terminal.					1 hora	

Responsable

Autoridades administrativas del Terminal Terrestre de Latacunga.

Presupuesto**Tabla 13***Presupuesto estrategia 1*

Descripción	Cantidad	P. Unitario	Precio Total
Capacitadores	2	10	20
Local	1	30	30
Material didáctico (trípticos)	100	0,5	50
Lapiceros	100	0,3	30
Refrigerios	100	1	100
Equipo (computadora y proyector)	1	400	400
Subtotal			630
Imprevistos 10%			63
Total			693

Resultados esperados

Que los participantes adquieran los conocimientos necesarios sobre la contaminación ambiental principalmente del aire y tomen conciencia sobre la importancia de aplicar medidas que ayuden a mitigar los impactos ambientales.

ESTRATEGIA 2

Mantenimiento adecuado de acuerdo a lo establecido en el manual del vehículo.

Descripción

Como ya se conoce una de las fuentes de contaminación al aire son los vehículos los cuales, al no recibir un mantenimiento adecuado, principalmente en lo que tiene que ver con el motor y el sistema de escape ocasionan que se produzca en mayor o menor medida las emisiones de gases contaminantes, también al no tener una buena limpieza especialmente de las llantas ocasiona que se emitan partículas al ambiente.

El estado ecuatoriano establece un conjunto de normas constitucionales, leyes, reglamentos y normativas, a través de los cuales los procesos tanto de revisión técnica vehicular; como de control de contaminación ambiental, se desarrollan dentro de nuestro país, estableciéndose lo siguiente:

La Constitución Política del Ecuador, en su Capítulo segundo: Derechos del buen vivir, en la sección segunda: Ambiente sano, Art. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay”

Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial a través de los siguientes artículos:

Art. 46.- El transporte terrestre automotor es un servicio público esencial y una actividad económica estratégica del Estado, que consiste en la movilización libre y segura de personas o de bienes de un lugar a otro, haciendo uso del sistema vial nacional, terminales terrestres y centros de transferencia de pasajeros y carga en el territorio ecuatoriano. Su organización es un elemento fundamental contra la informalidad, mejorar la competitividad y lograr el desarrollo productivo, económico y social del país.

La parte social en donde además de la movilidad y seguridad también se debe precautelar la salud de la población.

Art. 63.- Los terminales terrestres, estaciones de trolebús, metrovía y similares, paraderos de transporte en general, áreas de parqueo en aeropuertos, puertos, mercados, plazas, parques, centros educativos de todo nivel y en los de los de las instituciones públicas en general, dispondrán de un espacio y estructura con las seguridades mínimas para su conservación y mantenimiento.

Normas de mantenimiento vehicular que se deben aplicar son:

- a) REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 011: 2006 “Neumáticos”.
- b) REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 034: 2010 “Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores”.
- c) REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 038: 2010 “Bus urbano”
- d) REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 041: 2010 “Vehículos de transporte escolar”
- e) REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 043:2010 “Bus interprovincial e intraprovincial”
- f) NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1323: 2009 “Vehículos automotores. carrocerías de buses. Requisitos”.
- g) NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2101: 1998 “Neumáticos para vehículos. Dimensiones, cargas y presiones. Requisitos”
- h) NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2185: 2012 “Material de fricción para el sistema de frenos de automotores. Requisitos e inspección”.
- i) NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2205: 2010 “Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos”.
- j) NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2310: 2008 “Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Equipos para carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP en motores de combustión interna. Requisitos.”

- k) NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2311: 2008 “Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación de gasolina por carburación dual GLP/gasolina o solo de GLP. Requisitos”
- l) NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO 3779: 2000 “Vehículos automotores. Número de identificación del vehículo (VIN). Contenido y estructura”.

Objetivo

Realizar controles de mantenimiento vehicular para minimizar la emisión de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ producidos por el mal funcionamiento del motor.

Lugar de ejecución

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Sector: Terminal Terrestre

Actividades

Tabla 14

Cronograma de actividades estrategia 2

CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN AMBIENTAL						
Contenido	S1	S2	S3	S4	Tiempo	
Sensibilizar al personal de las cooperativas de transporte sobre la importancia del mantenimiento vehicular.					1 hora	
Dar a conocer normativas técnicas ecuatorianas referente a mantenimiento vehicular.					1 hora	
Socializar un programa de mantenimiento vehicular (Anexo 8).					2 hora	
Realizar matriz de seguimiento del mantenimiento vehicular.					1 hora	

Se recomienda a las autoridades administrativas llevar un registro de revisión del cumplimiento del mantenimiento del motor a las unidades de transporte 2 veces al año como referencia ya que como es de conocimiento el mantenimiento del motor se realiza dependiendo del kilometraje de recorrido o estado del motor.

Responsable

Autoridades administrativas del Terminal que designen una persona encargada en el seguimiento y control y dueños de las unidades de transporte responsables del mantenimiento de sus buses.

Presupuesto

Tabla 15

Presupuesto estrategia 2

Descripción	Cantidad	P. Unitario	Precio Total
Capacitador	1	40	40
Técnico en mantenimiento Vehicular	1	60	60
Proyector	1	200	200
Computadora	1	400	400
Matriz de seguimiento			
Subtotal			700
Imprevistos 10%			70
Total			770

Resultados esperados

Las unidades de transporte cumplan con su revisión y mantenimiento periódico para minimizar la emisión de contaminantes y evitar sanciones como la que se menciona en el Código Orgánico Integral Penal (COIP) referente a la contaminación del aire en su artículo:

Art. 253.- La persona que, contraviniendo la normativa vigente o por no adoptar las medidas exigidas en las normas, contamine el aire, la atmósfera o demás componentes del espacio aéreo en niveles tales que resulten daños graves a los recursos naturales, biodiversidad y salud humana, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años.

ESTRATEGIA 3

Realizar el control anual de las emisiones producidas por las unidades de transporte en el Terminal.

Descripción

Es importante tener un control de las emisiones de gases periódicamente para conocer el nivel de concentración de contaminantes, así como también saber si dichos niveles se encuentran dentro o fuera de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental correspondiente y así proponer las medidas necesarias para minimizar la contaminación del aire.

Así se contribuirá con el proyecto 1 sobre el “Desarrollo del inventario nacional de emisiones” del Plan Nacional de calidad de aire de Ecuador, en donde menciona lo siguiente:

El inventario de emisiones a la atmósfera es un componente clave de todo programa de gestión de la calidad del aire.

Para desarrollar estrategias de mejora de la calidad del aire, es indispensable disponer de información confiable sobre las emisiones, determinar los tipos de fuentes de emisiones, cantidades de contaminantes emitidos, características temporales y espaciales de las fuentes.

El inventario de emisiones se usa para identificar de forma precisa los sectores de mayor contribución por tipo de contaminante, y consecuentemente las fuentes a las cuales deben aplicarse medidas de control prioritariamente, para medir la efectividad de los programas de control y predecir futuros niveles de calidad del aire a través de modelación.

De la misma forma es prioridad conocer la carga contaminante de las fuentes móviles de emisión, en zonas en donde la presión del transporte vehicular sobre la calidad del aire se hace especialmente significativa.

Objetivo

Determinar la emisión de contaminantes mediante el monitoreo en puntos estratégicos para generar información sobre calidad de aire.

Lugar de ejecución**Provincia:** Cotopaxi**Cantón:** Latacunga**Sector:** Terminal Terrestre**Actividades****Tabla 16***Cronograma de actividades estrategia 3*

CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN AMBIENTAL						
Contenido	S1	S2	S3	S4	Tiempo	
Registro periódico de las emisiones de gases producidos por los transportes del Terminal.					Todo el mes	
Establecer puntos de monitoreo.					1 hora	
Trabajo en campo (monitoreo).					Todo el mes	
Trabajo de Gabinete (Comparar resultados con normativa ambiental vigente y establecer propuestas de mitigación).					Todo el mes	

Responsable

Autoridades administrativas del Terminal, Gobierno Autónomo Descentralizado, Ministerio del Ambiente.

Presupuesto**Tabla 17***Presupuesto estrategia 3*

Descripción	Cantidad	P.Unitario	Precio Total
Recurso humano	1	400	400
Alquiler de equipo de monitoreo	1	500	500
Equipo (computadora)	1	400	400
Subtotal			1300
Imprevistos 10%			130
Total			1430

Resultados esperados

Contar con un registro de monitoreo periódico y base de datos de contaminantes emitidos a la atmósfera con su respectivo análisis que servirá para futuras investigaciones y para el público general que le interese conocer sobre el tema.

ESTRATEGIA 4

Implementar en la revisión técnica vehicular el control de gases como requisito para el proceso de matriculación de las unidades de transporte.

Descripción

Se conoce que a nivel provincial el sistema de matriculación no realiza un control de las emisiones de gases contaminantes o de opacidad dentro de la revisión técnica vehicular, requerimiento que está establecido en el reglamento para la aplicación de la ley de transporte terrestre tránsito y seguridad vial:

Art. 305.- Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales tendrán la competencia de autorizar, concesionar o implementar los centros de revisión y control técnico vehicular, a fin de controlar el estado mecánico, los elementos de seguridad, la emisión de gases y el ruido con origen en medios de transporte terrestre.

Art. 206.- La Comisión Nacional autorizará el funcionamiento de Centros de Revisión y Control Técnico Vehicular en todo el país y otorgará los permisos correspondientes, según la Ley y los reglamentos, siendo estos centros los únicos autorizados para efectuar las revisiones técnico mecánicas y de emisión de gases de los vehículos automotores, previo a su matriculación.

Art. 310.- La revisión técnica vehicular tiene como uno de sus objetivos verificar que las emisiones no sobrepasen los límites máximos permisibles y así se pueda mantener un estricto control de las mismas, garantizando a las personas de vivir en un ambiente con una calidad de aire adecuada.

Art. 311.- Sobre las pruebas que comprenden en la Revisión Técnica Vehicular en el numeral 5 se encuentra establecido el control de emisiones.

La ejecución de esta propuesta requiere del compromiso de las autoridades competentes ya que la reglamentación y normativa se encuentran establecidas a nivel nacional, para el control de las emisiones de gases contaminantes o de opacidad, el control se realizará según las normativas elaboradas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), las cuales se detallan a continuación:

- a) La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2202:2013 "Gestión Ambiental, Aire, Vehículos Automotores. Determinación de la Opacidad de Emisiones de Escape de Motores de Diesel Mediante la Prueba Estática. Método de Aceleración Libre"
- b) La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2203:2013 "Gestión Ambiental, Aire, Vehículos Automotores. Determinación de la Concentración de Emisiones de Escape en Condiciones de 76 Marcha Mínima o "Ralentí". Prueba Estática"

Con lo que respecta a los límites máximos permitidos para las emisiones generadas por vehículos a gasolina la normativa a utilizarse es la siguiente:

- a) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204: 2017 “Gestión Ambiental, Aire, Vehículos Automotores. Límites permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres de Gasolina”.

En caso de los límites máximos permitidos para las emisiones provenientes de vehículos a diésel, la norma a utilizarse es la siguiente:

- a) Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207: 2017 “Gestión Ambiental, Aire, Vehículos Automotores, Límites Permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres de Diesel”.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2349: 2003 “Revisión técnica vehicular. Procedimientos”.

Objetivo

Controlar las emisiones de gases contaminantes o de opacidad en la revisión técnica vehicular para garantizar a la población una buena calidad de aire.

Lugar de ejecución

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Actividades

Tabla 18

Cronograma de actividades estrategia 4

CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN AMBIENTAL						
Contenido	S1	S2	S3	S4	Tiempo	
Reunir a las Autoridades competentes (GADS y ANT).					2 horas	
Concientizar sobre el cuidado del ambiente y calidad de aire.					2 horas	
Socializar la propuesta sobre control de gases.					2 horas	
Analizar las normativas ecuatorianas sobre emisión de gases en vehículos automotores.					2 horas	

Responsable

Gobierno Autónomo Descentralizado de Latacunga, Agencia Nacional de Tránsito, Ministerio del Ambiente.

Presupuesto

Tabla 19

Presupuesto estrategia 4

Descripción	Cantidad	P.Unitario	Precio Total
Recurso humano	1	40	40
Alquiler de proyector	1	30	30
Equipo (computadora)	1	400	400
Subtotal			470
Imprevistos 10%			47
Total			517

Resultados esperados

Lograr que las autoridades implementen en la revisión técnica vehicular el control de emisiones contaminantes para evitar emisiones que sobrepasen los límites máximos permisibles, garantizando a la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

11. IMPACTOS

11.1. Impactos Sociales

El estudio realizado permitió determinar la presencia de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ presentes en el Terminal Terrestre del cantón, el monitoreo realizado en los seis puntos de muestreo reflejaron valores variados, sin embargo no sobrepasan los límites máximos permisibles en la normativa pero la constante exposición a los mismos pueden afectar a la calidad de vida de los habitantes y trabajadores del sector, ya que dichas partículas causan molestias en la visibilidad y pueden ocasionar enfermedades respiratorias, enfermedades cardíacas o pulmonares, infartos de miocardio no mortales, latidos irregulares, asma agravada, función pulmonar reducida e inclusive afectaciones a mujeres embarazadas ocasionando disminución del tamaño del feto y una vez nacido reduce su función pulmonar.

11.2. Impactos Ambientales

El material particulado ocasiona impactos al ambiente, el PM está formado por partículas producto de la combustión como el hollín del diésel, del polvo de la vías o agricultura y procesos productivos, que transportadas con el viento pueden alterar al recurso hídrico contribuyendo a los efectos de la lluvia ácida. A través del monitoreo de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀, se podrá tomar medidas preventivas en el área de estudio para mantener las concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Normativa Ecuatoriana Vigente (50 μm^3 para PM_{2,5} y 100 μm^3 para PM₁₀).

11.3. Impactos Económicos

Las emisiones de material particulado son emitidas en el Terminal por la falta de mantenimiento de las unidades de transporte ya que implica un gasto económico, por lo tanto, los propietarios se despreocupan por el buen funcionamiento de sus unidades de transporte. Estos problemas si se detectaran y arreglaran a tiempo ayudarían a reducir los niveles de PM,

teniendo en cuenta que esa falta de preocupación por arreglar las unidades en un largo tiempo al momento de la reparación los costos serán más elevados.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. Conclusiones

- El Terminal terrestre se ubica en la zona sur del cantón Latacunga, cuenta con una infraestructura completa para su funcionamiento con áreas destinadas a la salida, llegada y parqueo de las unidades de transporte, con diferentes andenes dependiendo su ruta, su horario de funcionamiento de 4:00 am a 8:00 pm, se encuentra en una área de mayor influencia vehicular debido al parque automotor de la ciudad que circulan en las vías aledañas al Terminal como la calle río Guayas, Av. Marco Subía y carretera panamericana E 35 factor principal que contribuyó en forma considerable en la emisión de material particulado a la atmósfera.

- Como se pudo observar las altas concentraciones de material particulado en el Terminal Terrestre se registraron a las 8:00 am, 1:00 pm, 4:00 pm y 7:00 pm consideradas como horas pico en donde la circulación vehicular aumentó por diversas actividades que realizaba la población, sin embargo, al comparar los resultados obtenidos para PM_{2,5} (en el punto uno 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en el punto dos 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en el punto tres 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en el punto cuatro 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en el punto cinco 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el punto seis 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y PM₁₀ (en el punto uno 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en el punto dos 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en el punto tres 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en el punto cuatro 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en el punto cinco 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el punto seis 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) con la legislación ambiental ecuatoriana demostraron no sobrepasar los límites máximos permisibles obteniendo una calidad de aire deseable según el AQI.

- Se concluye que el Terminal Terrestre no cuenta con una política de seguimiento, monitoreo y control de los niveles de contaminación atmosférica por lo tanto la elaboración de la propuesta de prevención y mitigación, ayudará a controlar y minimizar los niveles de contaminación, evitando que estas se incrementen y contribuyendo al beneficio de la salud de las personas que trabajan y ocupan los servicios de transporte del mismo.

12.2. Recomendaciones

- Se recomienda a las autoridades administrativas del Terminal llevar un control del mantenimiento vehicular de cada una de las unidades de las cooperativas que brindan sus servicios especialmente del motor ya que el mal funcionamiento del mismo incide en la emisión de contaminantes a la atmósfera.
- Se sugiere al departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Latacunga realizar monitoreos constantes en función a las horas pico tanto de material particulado como de otros tipos de contaminantes que son considerados perjudiciales para la salud humana como los óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre o monóxido de carbono, en el Terminal Terrestre como en otros puntos críticos del cantón de esta forma se podrá tener información y una visión más clara sobre problemas ambientales en Latacunga.
- Se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Latacunga realizar monitoreos continuos de calidad ambiental y hacer cumplir con las políticas y normas ambientales vigentes tanto a sectores públicos como a sectores privados para garantizar un entorno saludable para la población, así como también se recomienda realizar mingas dos veces al año con la finalidad de incentivar a los habitantes a participar en el cuidado y conservación del ambiente.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abreu, J. (2014). El Método de la Investigación. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 9(3), 195–204. [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- Aldunate, P., Paz, O., & Halvorsen, K. (2006). atmosférica por PM10 sobre la salud ciudad de La Paz – Bolivia. *Instituto de Ingenieria Sanidad y Ambiental, Universidad Mayor de San Andres*, 3, 422–442.
- Alfonso, D. (2018). *Emisiones de Material particulado de los vehículos en bogotá*. Pontifica Universidad Javeriana.
- Anonimo. (2020). *Análisis Espacial Del Material Particulado En Tres Localidades De Bogotá - Colombia Tres Localidades De Bogotá - Colombia*. Universidad El Bosque Facultad.
- Arciniegas, C. (2011). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. *Luna Azul*, 34, 195–213.
- Arrieta, A. (2016). INTERRELACIÓN DE FACTORES METEOROLÓGICOS Y TOPOGRÁFICOS (Particulate Matter Dispersion (PM10), with interrelation of topographic and meteorological factors). *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16, 43–54.
- ATSDR, A. para S. T. y R. de E. (2012). Resumen de Salud Pública - Monóxido de carbono. In *National Technical Information Service* (Vol. 5).
- Barraza, M. (2010). La Investigación Bibliográfica Módulo: Metodología de la Investigación. *Introducción a La Investigación*, 2, 1–3. http://www.utemvirtual.cl/plataforma/aulavirtual/assets/asigid_1090/contenidos_arc/57730_inv_bibliografica.pdf
- Barreiro, I. (2014). Contaminacion Atmosferica E Impacto En La Salud De Habitantes De La Via Manta-Rocafuerte, Debido a Concentraciones De Mp 10, Periodo Enero 2012 - Junio 2013. In *Salud De Habitantes*. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1387/1/ULEAM-POSG-GA-0011.pdf>
- Benavides, E. (2020). *Universidad técnica de cotopaxi*.
- Cáceres, D. (2015). Evaluación De Los Efectos Agudos En La Función Pulmonar Por

- Exposición a Material Particulado Fino (Mp2.5) En Niños Que Viven Próximos a Una Playa Masivamente Contaminada Con Relaves Mineros, Chañaral, Chile. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Campos y Covarrubias, G., & Lule Martínez, N. E. (2013). La Observación, Un Método Para El Estudio De La Realidad. *Xihmai*, 7(13), 45–60. <https://doi.org/10.37646/xihmai.v7i13.202>
- Canales-rodríguez, M. Á., Quintero-núñez, M., Castro-romero, T. G., & García-cuento, R. O. (2014). Las Partículas Respirables PM10 y su Composición Química en la Zona Urbana y Rural de Mexicali , Baja California en México. *Las Partículas Respirables P*, 25, 13–22. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000600003>
- Contreras, A., García, G., & Icaza, B. (2013). *Calidad del Aire: una práctica de vida*.
- Domínguez, L. G. I., Alonso, E. J. H., Guarnizo, J. A. C., Carrillo, J. A., & Guativa, J. A. V. (2019). Monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la ciudad de Villavicencio. *Conference Proceedings - Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad de Aire y Salud Publica, CASAP 2019, February 2020*. <https://doi.org/10.1109/CASAP.2019.8916702>
- Domínguez, W. (2015). *Representación espacial por interpolación con kriging de los contaminantes criterio para analizar la situación de la contaminación atmosférica en la zona metropolitana del Valle de Toluca en el año 2011*. Universidad Autónoma del Estado de México Facultad.
- Duque, J. (2016). *Sobre los efectos de la Contaminación Atmosférica en la Salud (Basado en el texto Clean the air for children , UNICEF , 2016)*.
- Echeverri, C., & Maya, G. (2008). Relación Entre Las Partículas Finas (Pm2.5) Y Respirables (PM10) En La Ciudad De Medellín. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 7(12), 23–42.
- Encinas, M. (2011). Medio Ambiente Y Contaminación. Principios Básicos. In *Addi.Ehu.Es*. [https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio Ambiente y Contaminación. Principios básicos.pdf?sequence=6](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6)
- GAD Municipal Latacunga. (2016). *Plan de Desarrollo del Cantón Latacunga 2016-2028*.

- http://latacunga.gob.ec/images/pdf/PDyOT/PDyOT_Latacunga_2016-2028.pdf
- Galarza Montero, F. J. (2018). *La Contaminación Atmosférica Por Fuentes Móviles: Caso Milagro*. Universidad Estatal De Milagro Facultad Ciencias De Ingeniería.
- Garcia, J. (2000). Informar y narrar: el análisis de los discursos en las investigaciones de campo. *Revista de Antropología Social*, 9. http://www.utemvirtual.cl/plataforma/aulavirtual/assets/asigid_1090/contenidos_arc/57730_inv_bibliografica.pdf
- Garcia Lozada, H. (2005). Evaluación del riesgo por emisiones de partículas generadas Bogotá D. C. . Septiembre de 2005. *ResearchGate*, August.
- Gatica, M. de los A. (2020). *Particulado Atribuible A Quema De Leña Y Su Retrospectiva De Embarazadas En Temuco , Santiago , Diciembre 2020*. Universidad De Chile.
- Gavilanes, R., & Gavilanes, J. (2018). *Evaluación Del Material Particulado De Las Terminales Terrestres Intercantonales E Interprovincial De La Ciudad De Riobamba*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Gaviria, C., Benavides, P., & Tangarife, C. (2011). Contaminación por material particulado respiratorias en Medellín (2008-2009). *Fac.Nac. Salud Pública*, 29.
- Gonzales, M., Carrasco, C., Caverro, L., & Bellina, L. (2021). *Contaminación del aire por falta de educación ambiental y tasa de mortalidad por COVID-19*. Delectus. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/390/3902197011/html/index.html>
- Guevara, E., & Logroño, B. (2020). *Determinación De La Concentración De Material Particulado Sedimentable Y Volátil En La Comunidad San José*. Universidad Nacional De Chimborazo Facultad.
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de La Investigación y El Conocimiento*, 3, 163–173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Gutiérrez, C. (2020). *Evaluación De La Calidad Del Aire Mediante El Monitoreo Del Material Particulado PM10 Y PM2.5 En El Centro Urbano Del Cantón Saquisilí, Provincia De Cotopaxi, Periodo 2019 – 2020*. Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad.

- INEN, N. (1668). *Vehículos De Transporte Público De Pasajeros Intrarregional, Interprovincial e Intraprovincial. Requisitos.*
- Lauren, G., Hernández, E., Cuéllar, J., Arango, J., & Vargas, J. (2019). Monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5 en la ciudad de Villavicencio. *ResearchGate, February 2020*. <https://doi.org/10.1109/CASAP.2019.8916702>
- Lopera, J., Ramírez, C., Zuluaga, M., & Ortiz, J. (2010). El Método Analítico. *Nómadas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 1, 1578–6730. <https://www.redalyc.org/pdf/181/18112179017.pdf>
- López, L., Yohandra, A., Almeida, M., & Alonso, L. (2012). Procedimiento para planificar el monitoreo ambiental en empresas hoteleras. *Revista Avanzada Científica*, 15(Abril), 1–16.
- MAE. (2010). *PLAN NACIONAL DE LA CALIDAD DE AIRE.*
- Maldonado, M. (2012). *Caracterización del material particulado suspendido PM10 de la red de monitoreo de aire de la ciudad de Quito de los años 2009 y 2010 por Espectroscopía de Absorción Atómica.* Universidad Católica del Ecuador.
- Martin, P. B. (2005). *Contaminación del aire por material particulado en la Ciudad de Buenos Aires* [“Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. <http://digital.bl.fcen.uba.ar>”]. https://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/tesis_n3931_Martin.pdf
- MDMQ. (2015). *Informe Anual de Calidad del Aire en Quito.* <http://www.quitoambiente.gob.ec/>
- Met One Instruments. (2008). *P ARTICULATE M ONITOR O PERATION M ANUAL.*
- MITECO, M. para la transición ecológica y el retoDemográfico. (2017). *Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes.* <https://prtr-es.es/SOx-óxidos-de-azufre,15598,11,2007.html>
- MITECO, M. para la transición ecológica y el retoDemográfico. (2020). *Óxidos de Nitrógeno.* <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/oxidos-nitrogeno.aspx>
- MMA, M. del M. A. (2020). INFORME DEL ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE. In *The Japanese Journal of Urology* (Vol. 84, Issue 9).

- OMS. (2022, April 7). OMS: el 99% de la población mundial respira aire contaminado. <https://www.france24.com/es/medio-ambiente/20220407-aire-contaminado-mundo-oms>
- Ortiz, E., & Tigse, V. (2020). “*Determinación Y Caracterización De Concentraciones De Material Particulado Sedimentable Y Volátil En El Barrio Los Pinos Cantón Riobamba Por Incidencia Industrial.*” Universidad Nacional De Chimborazo Facultad.
- Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud *. *Revista Chile*, 26, 16–25.
- Paguay, F. (2020). *Determinación Y Caracterización De Concentraciones De Material Particulado Sedimentable En La Comunidad De Gatazo Grande Cantón Colta Por Incidencia Industrial.* Universidad Nacional De Chimborazo Facultad.
- Parra, R. (2014). *Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire , de los cantones Ambato , Riobamba , Santo Domingo de los Colorados , Latacunga , Ibarra , Manta , Portoviejo , Esmeraldas y Milagro.* 3(February 2015), 124. <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Libro-Resumen-Inventario-13-02-2014-prensa.pdf>
- Pérez, A., & Rodríguez, L. (2010). Notas y documentos LA SALIDA DE CAMPO: UNA MANERA DE ENSEÑAR Y APRENDER GEOGRAFÍA. *Anales de La Universidad de Chile*, 0(106). <https://doi.org/10.5354/0365-7779.1957.1906>
- Pérez, L. (2013). *Diagnóstico y monitoreo de la calidad del aire en los predios de la Universidad Central del Ecuador.* UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Pinzón Cárdenas, V. (2019). *Medición de la exposición a material particulado, monóxido de carbono y black carbon por combustión doméstica de leña en la vereda Los Soches, Usme.*
- Quijano, A., & Orozco, J. (2005). Monitoreo De Material Particulado-Fraccion Respirable (Pm 2 . 5) En Pamplona. *Bistua: Revista de La Facultad de Ciencias Básicas*, 2. <https://www.redalyc.org/html/903/90330201/>
- Quijano, A., Quijan0, M., & Henao, J. (2010). Caracterización fisicoquímica del material particulado- fracción respirable PM2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia. *Bistua: Revista de La Facultad de Ciencias Básicas*, 8.
- Reinaldo, L. (2019). *ALGUNOS ELEMENTOS BÁSICOS SOBRE LA LLUVIA ÁCIDA.* <https://www.thoughtco.com/acid-rain-definition-1434936>.

- Revelo, F. (2017). Análisis De La Calidad Del Servicio Al Cliente Que Brinda El Terminal Terrestre De Latacunga. In *Contaduría y Administración* (Vol. 62, Issue 1). <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13279/1/T-ESPE-057302.pdf>
- Rivera, M. (2020). *Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad De Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales Carrera: Ingeniería De Medio Ambiente Proyecto De Investigación. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD.*
- Rojas-bracho, L., & Fernandez-bremauntz, A. A. (2005). Las partículas suspendidas en tres grandes ciudades mexicanas. *ResearchGate, February.*
- Rubio, J. (2019). Monitoreo y evaluación del impacto ambiental del material particulado PM10 y PM2,5 en la Universidad Politécnica Salesiana “Campo Sur.” In *Tesis.* <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Salguero, J. (2016). *Determinación De La Concentración De Material Particulado En La Avenida Rodolfo Baquerizo Nazur, Entre Las Etapas Iii, Iv, V, Vii, Viii, Ix De La Ciudadela La Alborada, De La Ciudad De Guayaquil.*
- Sarmiento, B. (2018). *Evaluación Y Monitoreo De Partículas De Temperaturas Del Aire En Tres Puntos De Muestreo Ubicados En La Carretera Cochabamba - Chota 2012 Y 2013.* Universidad alas peruanas.
- Toapaxi, F. (2021). *Programa de mantenimiento vehicular.*
- UNICEF. (2020). *El aire que respiramos Los efectos de la contaminación del aire y del cambio climático en la salud de la niñez en el Ecuador.*
- Vargas, C. (2011). *Efectos de la fracción gruesa (PM10-2.5) del material particulado sobre la salud humana.*
- Venegas Mata, E. (2011). Calidad del aire y sus efectos en la salud humana. *CEGESTI-Éxito Empresarial*, 149, 1–5. http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_149_220511_es.pdf

14. ANEXOS

Anexo 1

Datos muestreados de material particulado en el Punto 1

DATOS MUESTREADOS EN EL PUNTO 1					
Día 1 (PM2,5)			Día 2 (PM10)		
Nº Horas	Tiempo	(µg/m³)	Nº Horas	Tiempo	(µg/m³)
1	10:00 a. m.	11	1	10:00 a. m.	16
2	11:00 a. m.	21	2	11:00 a. m.	14
3	12:00 p. m.	40	3	12:00 p. m.	50
4	1:00 p. m.	58	4	1:00 p. m.	61
5	2:00 p. m.	20	5	2:00 p. m.	44
6	3:00 p. m.	10	6	3:00 p. m.	30
7	4:00 p. m.	22	7	4:00 p. m.	40
8	5:00 p. m.	29	8	5:00 p. m.	54
9	6:00 p. m.	31	9	6:00 p. m.	62
10	7:00 p. m.	36	10	7:00 p. m.	68
11	8:00 p. m.	25	11	8:00 p. m.	29
12	9:00 p. m.	18	12	9:00 p. m.	26
13	10:00 p. m.	14	13	10:00 p. m.	23
14	11:00 p. m.	7	14	11:00 p. m.	19
15	12:00 a. m.	6	15	12:00 a. m.	11
16	1:00 a. m.	3	16	1:00 a. m.	22
17	2:00 a. m.	5	17	2:00 a. m.	23
18	3:00 a. m.	6	18	3:00 a. m.	21
19	4:00 a. m.	14	19	4:00 a. m.	22
20	5:00 a. m.	18	20	5:00 a. m.	22
21	6:00 a. m.	13	21	6:00 a. m.	33
22	7:00 a. m.	25	22	7:00 a. m.	37
23	8:00 a. m.	22	23	8:00 a. m.	27
24	9:00 a. m.	16	24	9:00 a. m.	20
Sumatoria		470	Sumatoria		774
Media		20	Media		32

Anexo 2

Datos muestreados de material particulado en el Punto 2

DATOS MUESTREADOS EN EL PUNTO 2					
Día 3 (PM2,5)			Día 4 (PM10)		
N° Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N° Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	10:00 a. m.	25	1	10:00 a. m.	30
2	11:00 a. m.	30	2	11:00 a. m.	45
3	12:00 p. m.	36	3	12:00 p. m.	56
4	1:00 p. m.	65	4	1:00 p. m.	96
5	2:00 p. m.	60	5	2:00 p. m.	90
6	3:00 p. m.	30	6	3:00 p. m.	124
7	4:00 p. m.	32	7	4:00 p. m.	116
8	5:00 p. m.	50	8	5:00 p. m.	80
9	6:00 p. m.	55	9	6:00 p. m.	85
10	7:00 p. m.	60	10	7:00 p. m.	70
11	8:00 p. m.	30	11	8:00 p. m.	50
12	9:00 p. m.	10	12	9:00 p. m.	16
13	10:00 p. m.	6	13	10:00 p. m.	12
14	11:00 p. m.	3	14	11:00 p. m.	10
15	12:00 a. m.	3	15	12:00 a. m.	10
16	1:00 a. m.	2	16	1:00 a. m.	9
17	2:00 a. m.	1	17	2:00 a. m.	8
18	3:00 a. m.	1	18	3:00 a. m.	8
19	4:00 a. m.	11	19	4:00 a. m.	31
20	5:00 a. m.	16	20	5:00 a. m.	36
21	6:00 a. m.	20	21	6:00 a. m.	40
22	7:00 a. m.	26	22	7:00 a. m.	46
23	8:00 a. m.	30	23	8:00 a. m.	50
24	9:00 a. m.	25	24	9:00 a. m.	45
Sumatoria		627	Sumatoria		1163
Media		25	Media		48

Anexo 3

Datos muestreados de material particulado en el Punto 3

DATOS MUESTREADOS EN EL PUNTO 3					
Día 5 (PM2,5)			Día 6 (PM10)		
Nº Horas	Tiempo	(µg/m³)	Nº Horas	Tiempo	(µg/m³)
1	10:00 a. m.	44	1	10:00 a. m.	50
2	11:00 a. m.	40	2	11:00 a. m.	77
3	12:00 p. m.	25	3	12:00 p. m.	65
4	1:00 p. m.	50	4	1:00 p. m.	74
5	2:00 p. m.	30	5	2:00 p. m.	35
6	3:00 p. m.	27	6	3:00 p. m.	47
7	4:00 p. m.	26	7	4:00 p. m.	36
8	5:00 p. m.	25	8	5:00 p. m.	39
9	6:00 p. m.	20	9	6:00 p. m.	30
10	7:00 p. m.	30	10	7:00 p. m.	39
11	8:00 p. m.	25	11	8:00 p. m.	37
12	9:00 p. m.	6	12	9:00 p. m.	26
13	10:00 p. m.	8	13	10:00 p. m.	28
14	11:00 p. m.	21	14	11:00 p. m.	41
15	12:00 a. m.	27	15	12:00 a. m.	47
16	1:00 a. m.	18	16	1:00 a. m.	38
17	2:00 a. m.	32	17	2:00 a. m.	52
18	3:00 a. m.	22	18	3:00 a. m.	42
19	4:00 a. m.	23	19	4:00 a. m.	31
20	5:00 a. m.	21	20	5:00 a. m.	25
21	6:00 a. m.	22	21	6:00 a. m.	43
22	7:00 a. m.	18	22	7:00 a. m.	73
23	8:00 a. m.	14	23	8:00 a. m.	88
24	9:00 a. m.	20	24	9:00 a. m.	47
Sumatoria		594	Sumatoria		1110
Media		25	Media		46

Anexo 4*Datos muestreados de material particulado en el Punto 4*

DATOS MUESTREADOS EN EL PUNTO 4					
Día 7 (PM2,5)			Día 8 (PM10)		
N° Horas	Tiempo	(µg/m³)	N° Horas	Tiempo	(µg/m³)
1	10:00 a. m.	20	1	10:00 a. m.	40
2	11:00 a. m.	29	2	11:00 a. m.	43
3	12:00 p. m.	27	3	12:00 p. m.	47
4	1:00 p. m.	30	4	1:00 p. m.	50
5	2:00 p. m.	33	5	2:00 p. m.	46
6	3:00 p. m.	25	6	3:00 p. m.	43
7	4:00 p. m.	22	7	4:00 p. m.	40
8	5:00 p. m.	23	8	5:00 p. m.	45
9	6:00 p. m.	24	9	6:00 p. m.	48
10	7:00 p. m.	26	10	7:00 p. m.	46
11	8:00 p. m.	22	11	8:00 p. m.	40
12	9:00 p. m.	23	12	9:00 p. m.	37
13	10:00 p. m.	17	13	10:00 p. m.	35
14	11:00 p. m.	15	14	11:00 p. m.	30
15	12:00 a. m.	14	15	12:00 a. m.	25
16	1:00 a. m.	13	16	1:00 a. m.	23
17	2:00 a. m.	13	17	2:00 a. m.	20
18	3:00 a. m.	12	18	3:00 a. m.	25
19	4:00 a. m.	13	19	4:00 a. m.	27
20	5:00 a. m.	15	20	5:00 a. m.	27
21	6:00 a. m.	18	21	6:00 a. m.	35
22	7:00 a. m.	20	22	7:00 a. m.	44
23	8:00 a. m.	25	23	8:00 a. m.	50
24	9:00 a. m.	24	24	9:00 a. m.	40
Sumatoria		503	Sumatoria		906
Media		21	Media		38

Anexo 5

Datos muestreados de material particulado en el Punto 5

DATOS MUESTREADOS EN EL PUNTO 5					
Día 9 (PM2,5)			Día 10 (PM10)		
Nº Horas	Tiempo	(µg/m³)	Nº Horas	Tiempo	(µg/m³)
1	10:00 a. m.	29	1	10:00 a. m.	34
2	11:00 a. m.	23	2	11:00 a. m.	27
3	12:00 p. m.	19	3	12:00 p. m.	20
4	1:00 p. m.	18	4	1:00 p. m.	21
5	2:00 p. m.	17	5	2:00 p. m.	35
6	3:00 p. m.	17	6	3:00 p. m.	38
7	4:00 p. m.	22	7	4:00 p. m.	49
8	5:00 p. m.	12	8	5:00 p. m.	45
9	6:00 p. m.	21	9	6:00 p. m.	36
10	7:00 p. m.	22	10	7:00 p. m.	25
11	8:00 p. m.	18	11	8:00 p. m.	21
12	9:00 p. m.	7	12	9:00 p. m.	22
13	10:00 p. m.	16	13	10:00 p. m.	19
14	11:00 p. m.	8	14	11:00 p. m.	15
15	12:00 a. m.	7	15	12:00 a. m.	7
16	1:00 a. m.	4	16	1:00 a. m.	10
17	2:00 a. m.	5	17	2:00 a. m.	9
18	3:00 a. m.	1	18	3:00 a. m.	13
19	4:00 a. m.	18	19	4:00 a. m.	16
20	5:00 a. m.	22	20	5:00 a. m.	22
21	6:00 a. m.	24	21	6:00 a. m.	21
22	7:00 a. m.	42	22	7:00 a. m.	33
23	8:00 a. m.	35	23	8:00 a. m.	37
24	9:00 a. m.	23	24	9:00 a. m.	29
Sumatoria		430	Sumatoria		604
Media		18	Media		25

Anexo 6

Datos muestreados de material particulado en el Punto 6

DATOS MUESTREADOS EN EL PUNTO 6					
Día 11 (PM2,5)			Día 12 (PM10)		
Nº Horas	Tiempo	(µg/m³)	Nº Horas	Tiempo	(µg/m³)
1	10:00 a. m.	15	1	10:00 a. m.	38
2	11:00 a. m.	20	2	11:00 a. m.	43
3	12:00 p. m.	25	3	12:00 p. m.	48
4	1:00 p. m.	35	4	1:00 p. m.	50
5	2:00 p. m.	30	5	2:00 p. m.	53
6	3:00 p. m.	25	6	3:00 p. m.	43
7	4:00 p. m.	23	7	4:00 p. m.	46
8	5:00 p. m.	13	8	5:00 p. m.	36
9	6:00 p. m.	22	9	6:00 p. m.	45
10	7:00 p. m.	35	10	7:00 p. m.	48
11	8:00 p. m.	39	11	8:00 p. m.	50
12	9:00 p. m.	15	12	9:00 p. m.	38
13	10:00 p. m.	13	13	10:00 p. m.	36
14	11:00 p. m.	12	14	11:00 p. m.	35
15	12:00 a. m.	11	15	12:00 a. m.	34
16	1:00 a. m.	6	16	1:00 a. m.	29
17	2:00 a. m.	9	17	2:00 a. m.	28
18	3:00 a. m.	11	18	3:00 a. m.	27
19	4:00 a. m.	10	19	4:00 a. m.	33
20	5:00 a. m.	20	20	5:00 a. m.	43
21	6:00 a. m.	25	21	6:00 a. m.	48
22	7:00 a. m.	30	22	7:00 a. m.	53
23	8:00 a. m.	35	23	8:00 a. m.	58
24	9:00 a. m.	22	24	9:00 a. m.	53
Sumatoria		501	Sumatoria		1015
Media		21	Media		42

Anexo 7

Programa de Mantenimiento Vehicular

INTERVALO			KM(x 1000)	15	30	45	60	75	90
			Meses	12	24	36	48	60	72
MOTOR									
Correa de transmisión accesoria						I			
Juego de válvulas (holgura)					I		I		I
Aceite de motor y filtro de aceite				R	R	R	R	R	R
Refrigerante del motor						R			R
Sistema de escape					I		I		I
SISTEMA DE ENCENDIDO									
Bujías	Con gasolina sin Plomo	Vehículos con O2S	Bujía de níquel			R			R
			(Especialmente recomendada) Bujía de Iridio	Reemplace cada 105,000 km					
		Vehículos sin O2S	Bujía de níquel		R		R		R
			Bujía de Iridio				R		
SISTEMA DE COMBUSTIBLE									
Filtro del depurador del aire						R			R
Tuberías y conexiones de combustible					I		I		I
Filtro de combustible				Reemplace cada 105,000 km					
Deposito de Combustible						I			I
SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES									
Válvula de PCV	Vehículos con O2S								I
	Vehículos sin O2S					I			I
Sistema de control de emisiones evaporables de combustible									I
FRENOS									
Discos y pastillas de freno (grosor, desgaste, daños)				I	I	I	I	I	I
Tambores y zapatas de freno (desgaste, daños)					I		I		I
Mangueras y tubos de freno (fugas, daños, abrazaderas)					I		I		I
Líquido de frenos					R		R		R
Palanca y cable del freno (daño, carrera, funcionamiento)				Inspeccione después de los primeros15,000 km					
CHASIS Y CARROCERIA									
Embrague (fuga de líquido, nivel)					I		I		I
Neumáticos (desgaste, daños, rotación) / ruedas (daños)				I		I		I	I
Sistema de suspensión (firmeza, daños, rechinar, roturas)					I		I		I
Sistema de dirección (firmeza, daños, roturas, rechinar)					I		I		I
Fundas del eje propulsor (árbol)						I			I
Aceite del transeje manual (fugas, nivel) (I :) solamente después de los						R			
Líquido de transeje automático	Nivel de líquido					I			I
	Cambio del líquido		Reemplace cada 165,000 km						
	Manguito del líquido						I		
Todos los pestillos, bisagras y cerraduras						I			I
Filtro de acondicionamiento de aire (si lo tiene)					I			I	
INTERPRETACION DE COLORES									
"R": Reemplace o cambie									
"I": Inspeccione y corrija, repare o lubrique si fuera necesario									

Nota. Tomado de Toapaxi (2021)

Anexo 8

Monitoreo de PM2,5 y PM10



Anexo 9

Instalación del equipo E-BAM



Anexo 10

Descarga de la base datos de las concentraciones del material particulado.



Anexo 11*Aval del Traductor*