



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL
PARTICULADO PM_{2,5} Y PM₁₀ EN EL TERMINAL TERRESTRE DEL
CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Ambiental

Autor:

Jaya Lema Jhomayra Lisbeth

Tutor:

Daza Guerra Oscar Rene

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Jaya Lema Jhomayra Lisbeth, con cédula de ciudadanía No. **0503228371**, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación **“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} Y PM₁₀ EN EL TERMINAL TERRESTRE DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, siendo el Ingeniero Mg Oscar Rene Daza Guerra, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 26 de febrero del 2024



Jhomayra Lisbeth Jaya Lema

C.C: 0503228371

ESTUDIANTE

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 **JAYA LEMA JHOMAYRA LISBETH**, identificada con cédula de ciudadanía 0503228371 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigelina, en calidad de Rectora, 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 “**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} Y PM₁₀ EN EL TERMINAL TERRESTRE DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI**”, 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 2019-Marzo 2020

Finalización de la carrera: Abril 2023 – Agosto

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Ing. Daza Guerra Oscar Rene, Mg.

Tema: “**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} Y PM₁₀ EN EL TERMINAL TERRESTRE DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI**”

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:

- 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 **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 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 solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 26 días del mes de febrero del 2024.

Jaya Lema Jhomayra Lisbeth

LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO $PM_{2,5}$ Y PM_{10} EN EL TERMINAL TERRESTRE DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, de JAYA LEMA JHOMAYRA LISBETH, 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, 21 de febrero del 2024



Ing. Daza Guerra Oscar Rene, Mg.

DOCENTE TUTOR

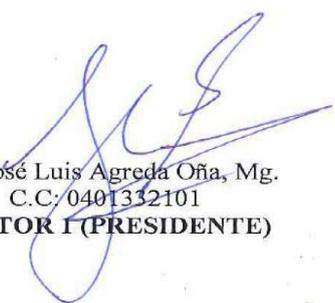
CC: 0400689790

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

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, el postulante: Jaya Lema Jhomayra Lisbeth, con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} Y PM₁₀ EN EL TERMINAL TERRESTRE DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI**, ha 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 grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

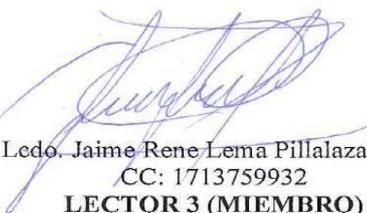
Latacunga, 26 de febrero del 2024



Ing. José Luis Agreda Oña, Mg.
C.C: 0401332101
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.
CC: 0501518955
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Lcd. Jaime Rene Lema Pillalaza, Mg.
CC: 1713759932
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida que me otorgo, por poder disfrutar cada momento bueno y malo junto a mi familia, gracias a mi madre Belgica Lema y mi hermano Edwin Barreros quienes me apoyaron en este proceso y nunca me soltaron, sin ellos este logro no lo hubiese realizado. No ha sido nada sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a la confianza, el amor, la bondad y el apoyo incondicional lo he logrado.

Gracias a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a mis compañeros y docentes que me brindaron el conocimiento necesario para ser una excelente profesional.

Jhomayra Lisbeth Jaya Lema

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto con todo mi amor:

A mi madre Belgica Lema quien a pesar de todo me ha apoyado, ha sido mi pilar fundamental la cual me ha inculcado con buenos hábitos y valores a luchar cada día para conseguir lo que quiero a nunca rendirme y lograr mis objetivos.

A mis familiares quienes me han motivado a seguir adelante, con sus sabias palabras y el cariño inmenso que me han brindado.

A mi prima Milena que es un ángel que me ha guiado y siempre confió en mí, desde aquí te dedico todo mi esfuerzo, mis batallas, mis lágrimas y mis noches de desvelo para lograr el proyecto de mi vida como profesional.

Jhomayra Lisbeth Jaya Lema

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ Y PM_{2.5} EN EL TERMINAL TERRESTRE DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”.

Autora:

Jaya Lema Jhomayra Lisbeth

RESUMEN

Las acciones humanas suelen tener consecuencias en la atmosfera causando la emisión de material particulado y gases que pueden afectar en la salud, el presente informe de investigación tuvo el objetivo evaluar el material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}, y proponer unas estrategias de mitigación en el Terminal Terrestre del cantón Salcedo, provincia Cotopaxi. Para lo cual, se realizó una observación directa del lugar; estableciendo la metodología para la determinación de partículas suspendidas, donde se analizó el nivel de contaminación, por medio de la modalidad de una visita de campo estableciendo 3 puntos estratégicos para el monitoreo con el equipo E-BAM y un muestreo radiación Beta el cual se realiza mediante una medición de peso en un filtro conforme el material particulado que se va depositando en él, y una recolección de los datos automáticamente durante un periodo de 24 horas, tal como lo establece la Normativa TULSMA, estos valores son necesarios transformar, analizar y compararlos con el Anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación de Medio Ambiente, que son 100µg/m³ Para PM₁₀ y 50 µg/m³ para PM_{2.5}. Los resultados de las diversas muestras indicaron la baja presencia de niveles de contaminación, pero se puede observar que en algunos días de los diferentes lugares de seguimiento hubo horas donde se elevaba más que las demás por diferentes causas, pero sin embargo se encuentran bajo de los límites máximos permisibles. Finalmente se realizó propuestas para mantener y que no incremente el nivel de contaminación.

Palabras clave: E-BAM, Material Particulado, Muestreo radiación, Monitoreo.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

DEPARTAMENT OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: “EVALUATION OF THE CONCENTRATION OF PM10 AND PM2.5 PARTICULATE MATERIAL IN THE LAND SALCEDO TERMINAL OF THE COTOPAXI PROVINCE.”

Author:

Jaya Lema Jhomayra Lisbeth

ABSTRACT:

Human actions usually have consequences in the atmosphere causing the emission of particulate matter and gases that can affect health. This research report aims to evaluate particulate matter PM2.5 and PM10, with the purpose of mitigation strategies in the Salcedo Terrestrial Terminal of the Cotopaxi Province. For which, a direct observation of the place was carried out; establishing a methodology for the determination of suspended particles, where the level of contamination was analyzed, through the modality of a field visit, establishing 3 strategic points for monitoring, using the E-BAM equipment that is based on a radiation methodology. Beta, which measures the increase in weight of the particulate material as it is deposited in a filter according to the material being analyzed and the data is automatically collected for a period of 24 hours, as established by the Regulations TULSMA, these values must be analyzed and compared with Annex 4 of Book VI of the Unified Text of Environmental Legislation, where the maximum permissible limits established by current legislation are 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM10 and 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM2.5 . The results of the various samples indicated the low presence of contamination levels, but it can be observed that in some hours of the different monitoring days there were hours where it was higher than the others, for different reasons such as lunch time or departure of the terminal workers, but nevertheless they are below the maximum permissible limits. Finally, five proposals were made to maintain low pollution levels.

Keywords: E-BAM, Particulate Material, Radiation sampling, Monitoring.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
INFORMACIÓN GENERAL	1
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
BENEFICIARIO DEL PROYECTO.....	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
Objetivos	5
General	5
Específicos.....	5
ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	7
La Atmosfera	7

Estructura de la Atmosfera	7
7.2.1 La troposfera	7
7.2.2 Estratosfera	7
7.2.3 La mesosfera	8
7.2.4 Termosfera o ionosfera	8
7.2.5 Exosfera	8
El Aire	8
Calidad De Aire	8
Contaminación atmosférica	9
Clasificación de las fuentes de contaminación atmosférica	10
Clasificación de los contaminantes del aire	10
Material particulado	11
Clasificación de las partículas de acuerdo a su diámetro	11
Efectos de material particulado sobre la salud	13
Marco legal.....	13
Constitución de la República del Ecuador	13
Código Orgánico del Ambiente	14
Reglamento al Código Orgánico del Ambiente.....	15
Ley orgánica de salud registro oficial suplemento 423 del 22-dec-2006 última reforma: 12-apr-2017.....	15
Acuerdo Ministerial 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria	16
VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	17
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS	18
9.1 MÉTODOS	23
9.2 TÉCNICAS	25
9.1.1 Selección de la ubicación del muestreo	26
9.1.2 Diseño no experimental	29

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	30
10.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS PUNTO 1 DE MONITOREO	36
10.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS PUNTO 2 DE MONITOREO	38
10.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS PUNTO 3 DE MONITOREO	42
10.4 Comparación de resultados de PM₁₀ de los tres diferentes puntos.....	44
10.5 Comparación de resultados de PM_{2.5} de los tres diferentes puntos.	45
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE PM _{2.5} Y PM ₁₀ DE LOS TRES DIFERENTES PUNTOS	46
Estrategias de mitigación y control de contaminantes del material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5}	47
IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS.....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
14 ANEXOS.....	1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios del Proyecto.....	3
Tabla 2 Actividades y Sistemas de tareas	6
Tabla 3 Valores máximos permisibles de concentración de material particulado.....	17
Tabla 4 Áreas que conforman el Terminal Terrestre de Salcedo	34
Tabla 5 Resultados de PM ₁₀ punto 1 de monitoreo (Ingreso de vehículos Pesado y livianos)	36
Tabla 6 Resultados de PM _{2,5} punto 1 de monitoreo (Ingreso de vehículos Pesado y livianos)	36
Tabla 7 Punto 2 de monitoreo Resultados de PM ₁₀ (Estacionamiento y Desembarque de pasajeros).....	38
Tabla 8 Punto 2 de monitoreo Resultados de PM _{2,5} (Estacionamiento y Desembarque de pasajeros).....	39
Tabla 9 Punto 3 de monitoreo Resultados de PM ₁₀ (Embarque de pasajeros y Salida de buces)	42
Tabla 10 Punto 3 de monitoreo Resultados de PM ₁₀ (Embarque de pasajeros y Salida de buces)	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 E-BAM.....	27
Figura 2 Los cabezales utilizados para la medición de material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10}	28
Figura 3 Ubicación Geográfica provincia de Cotopaxi	31
Figura 4 Ubicación Geográfica del área de estudio y punto de monitoreo	33
Figura 5 Material Particulado PM_{10} Punto 1 de monitoreo (24 horas continuas)	37
Figura 6 Material Particulado $PM_{2.5}$ punto 1 de monitoreo (24 horas continuas).....	38
Figura 7 Material Particulado PM_{10} punto 2 de monitoreo (24 horas continuas).....	40
Figura 8 Material Particulado $PM_{2.5}$ punto 2 de monitoreo (24 horas continuas).....	41
Figura 9 Material Particulado PM_{10} punto 3 de monitoreo (24 horas continuas).....	43
Figura 10 Material Particulado $PM_{2.5}$ punto 3 de monitoreo (24 horas continuas).....	44
Figura 11 Material Particulado PM_{10} en los tres puntos de monitoreo.....	45
Figura 12 Material Particulado $PM_{2.5}$ en los tres puntos de monitoreo	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Concentración horaria de PM ₁₀ punto 1 de monitoreo	1
Anexo 2 Concentración horaria de PM _{2,5} punto 1 de monitoreo	2
Anexo 3 Concentración horaria de PM ₁₀ punto 2 de monitoreo	3
Anexo 4 Concentración horaria de PM ₁₀ punto 2 de monitoreo.....	4
Anexo 5 Concentración horaria de PM ₁₀ punto 3 de monitoreo	5
Anexo 6 Concentración horaria de PM _{2,5} punto 3 de monitoreo.....	6

INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Evaluación de la concentración de material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ en el terminal terrestre del cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi”.

Lugar de ejecución:

Parroquia San Miguel, Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Nombres de equipo de investigación:

Estudiante: Srta. Jhomayra Lisbeth Jaya Lema

Tutor: Mg. Oscar Rene Daza Guerrero.

LECTOR 1: José Luis Agreda Oña.

LECTOR 2: Marco Antonio Rivera Moreno.

LECTOR 3: Jaime Rene Lema Pillalaza.

Área de Conocimiento:

Protección del medio ambiente, Ciencia Naturales. Medio Ambiente.

Línea de investigación:

Ciencias Naturales, Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Sub-línea de Investigación de la Carrera:

Calidad de aire, Calidad de suelo, Calidad de biodiversidad.

Línea de Vinculación de la Facultad:

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

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este estudio se realiza con el propósito de examinar las concentraciones de material particulado (PM), específicamente $PM_{2,5}$ y PM_{10} , presentes en el aire del Terminal Terrestre del cantón Salcedo localizada en la parroquia San Miguel de la provincia de Cotopaxi.

Las partículas (PM) se consideran las sustancias más peligrosas liberadas de diferentes fuentes biogénicas y antropogénicas o producidas por reacciones secundarias, que tienen lugar en la atmósfera. La contaminación del aire, particularmente el incremento de partículas $PM_{2,5}$ y PM_{10} , es un problema importante y es de mayor riesgo ambiental provocando muerte prematura y cáncer pulmonar (Bodor, 2022).

Un estudio del aire en una ciudad es esencial por varias razones fundamentales, las principales son la salud pública ya que el aire contaminado es dañino para los habitantes, en el medio ambiente causando daños a la vegetación y calidad de agua, suelo y vida silvestre e incluso en la economía ya que va desde costos directos como atención médica, productividad laboral y turismo.

Las emisiones generadas por el uso de combustibles fósiles que provienen principalmente de diversos sectores como son los sectores industriales, manufacturero, sectores de energía y transporte. (Adewale A, 2023). Los vehículos emiten principalmente $PM_{2,5}$ por el tubo de escape mientras circulan. La abrasión da lugar principalmente a partículas de desgaste más grandes. Las partículas del tráfico rodado también proceden de otras fuentes, como como desgaste de neumáticos, desgaste de frenos y re suspensión de la carretera inducida por vehículos. (Ferm M. y Sjoberg K., 2015).

La mala calidad del aire puede desalentar la inversión y el turismo, además de aumentar los costos en salud pública debido al tratamiento de enfermedades relacionadas con la contaminación. Las partículas gruesas (PM_{10}) pueden penetrar profundamente en el tracto respiratorio y provocan una enfermedad respiratoria grave. Sin embargo, debido al tamaño más pequeño, de la $PM_{2,5}$, estas partículas finas pueden pasar a través del tracto respiratorio y acumularse en los pulmones causando diferentes enfermedades respiratorias, así como cáncer de pulmón. Las $PM_{2,5}$ tienen una mayor toxicidad que las PM_{10} gracias a su capacidad de provocar inflamación y estrés oxidativo. (Bodor, 2022)

La ciudad de Salcedo no es una excepción en lo que respecta a contaminación del aire, ya que sus números aumenta cada año, al igual que el transporte urbano, parroquial, cantonal y

interprovincial, también incluye vehículos de transporte que consumen combustible considerados muy volátiles, sumándole los años de funcionamientos, los kilómetros recorridos y el inadecuado mantenimiento, produciendo los contaminantes del aire.

Ya mencionado las razones por las cuales se considera realizar el monitoreo de la concentración de MP en el Terminal Terrestre del cantón Salcedo, debido a sus impactos negativos a la salud de la población, el estudio proporcionara valiosas estrategias de prevención y mitigación, así garantizando que se mantengan dentro de los límites máximos.

Este proyecto ofrecerá datos indispensables para cocer las condiciones atmosféricas de la zona de estudio, los cuales pueden ser de utilidad para futuros proyectos de investigación, que pueden ayudar con información al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Salcedo, y en la elaboración de la línea base sobre el recurso aire en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

BENEFICIARIO DEL PROYECTO

Los beneficiarios de este estudio pueden ser las autoridades gubernamentales, personas que frecuentan el lugar para poderse transportar a diferentes lugares fuera del cantón o interprovinciales, por otro lado, también a las comunidades cerca al Terminal Terrestre.

En la Tabla 1 muestra a quienes se beneficia con el proyecto:

Tabla 1

Beneficiarios del Proyecto

Beneficiario del Proyecto	
Beneficiarios indirectos	Beneficiarios directos
Población del Catón Salcedo	Población del Parroquia San miguel
Hombres: 198.625	Hombres: 4.635
Mujeres: 210.580	Mujeres: 5.218
Total:409.205	Total:9.853

Fuente: (INEC, 2010)

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el 2016, casi 7 millones de personas murieron prematuramente debido a la contaminación del aire. Alrededor del 88% de estas muertes ocurrieron en países de ingresos bajos y medianos. La exposición a altos niveles de contaminación del aire puede causar varios efectos adversos para la salud: aumenta el riesgo de infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, derrames cerebrales y cáncer pulmonar las cuales afectan en mayor proporción a la población vulnerable, niños y adultos mayores (Organización Panamericana de la Salud, 2023).

En Ecuador la contaminación del aire no es una excepción, porque sus causas se encuentran en deficiencias en la planificación territorial de los asentamientos humanos, industrias. Actividades productivas y de transporte, así como en la baja calidad de los combustibles y la explotación minera a cielo abierto, entre otros factores.

En el país, la Fundación Natural, implemento el proyecto “Calidad de Aire”, identificando a la provincia de Cotopaxi como la cuarta, con la aparición de varios casos registrados de infecciones respiratorias agudas, aproximadamente 23.092, indicando que es la más relévale ante esta problemática. Se destacan la aparición de enfermedades a los ojos, problemas a las vías respiratorias, dolores de garganta, tos, hongos en los pies, náuseas y dolores de cabeza (Fundación Natural y Municipio de Quito, 2000).

La relevancia de abordar este tema específico reside en el constante aumento de la contaminación en la atmósfera, lo que hace imperativa la realización de realizar una investigación para determinar la concentración del material particulado $PM_{2,5}$ y PM_{10} . Es crucial comprender que la calidad ambiental se evalúe a través de cumplimientos de varios parámetros. Según la organización Mundial de la Salud (OMS) el PM se considera uno de los contaminantes más peligrosos a nivel atmosférico en todo el mundo.

Las actividades humanas, siendo principales el tráfico vehicular o la producción local dependiendo el lugar donde se encuentre el área de estudio, el tráfico vehicular y la fabricación de bloques, como fuentes antropogénicas, las cuales emiten $PM_{2,5}$ Y PM_{10} . La importancia de estudiar el tema se da por la cantidad de vehículos que ingresan en el Terminal Terrestre del cantón Salcedo, ya que preocupa las emisiones de material particulado, las cuales pueden afectar a las personas que trabajan y usualmente ingresan.

El problema de la investigación se relaciona con la falta de conciencia sobre la calidad del aire en el cantón, ya que no existe con un estudio o información relevantes sobre con la contaminación atmosférica, por tal motivo se ha visto importante realizar un estudio sobre la determinación de la concentración del material particulado $PM_{2,5}$ y PM_{10} , para la identificación de las concentraciones en el terminal terrestre y verificar que se encuentre dentro de los Límites Máximos Permisibles, debido a la permanecía y rotación de vehículos de trasporte considerado como fuentes móviles de emisión de gases contaminantes, lo cual genera malestar y descontento a los usuarios.

Objetivos

General

Evaluar el material particulado $PM_{2,5}$ y PM_{10} , en el Terminal Terrestre del cantón Salcedo, provincia Cotopaxi.

Específicos

Identificar la situación del Terminal Terrestre de Salcedo para la selección de los puntos de muestreos.

Realizar monitoreos de $PM_{2,5}$ y PM_{10} utilizando el equipo E-BAM, para generar así una base de datos y poder compararlos en función de la legislación ecuatoriana para la calidad del aire.

Proponer estrategias ambientales para la prevención de la contaminación con material particulado $PM_{2,5}$ y PM_{10} .

**ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS
PLANTEADOS**

Tabla 2

Actividades y sistemas de tareas

Objetivo	Actividades	Metodología	Resultado
Identificar el estado actual del Terminal Terrestre del cantón Salcedo para la selección de los sitios de muestreo.	<p>Visita In situ por las instalaciones del terminal Terrestre con las autoridades responsables del lugar.</p> <p>Identificar el área de Estudio.</p> <p>Recolecciones de los puntos de muestreo con el GPS.</p>	<p>Con una observación directa se realizó la vista al lugar.</p> <p>Realizar el mapa de los puntos que se identificó con el programa ArcGIS.</p>	Se seleccionaron tres puntos de muestreo.
Realizar el monitoreo del material particulado PM _{2,5} y PM ₁₀ con el equipo E-BAM, para generar una base de datos y comparar con la legislación ecuatoriana para la calidad de aire	<p>Instalación de quipo E-BAM.</p> <p>Monitoreo de los puntos identificados.</p> <p>Recolección de datos del material particulado.</p> <p>Comparación y Análisis de los datos con la normativa ambiental vigente.</p>	<p>Establecimiento del equipo E-BAM en cada uno de los puntos seleccionados Y realizando el muestreo cada 15 min por 24 h obteniendo 96 datos para cada PM según exige la ley.</p>	<p>Base de datos.</p> <p>Los puntos monitoreados no exceden los límites máximos que establece la ley.</p>
Proponer estrategias ambientales para prevenir el aumento del material particulado PM _{2,5} y PM ₁₀ para los usuarios del Terminal Terrestre.	<p>Elaboración de la propuesta de mitigación para la emisión de material particulado dentro de la zona.</p>	<p>Revisión bibliográfica y recolección de información para una propuesta de medidas de mitigación planteadas.</p>	<p>Se estableció medidas para mantener y evitar el aumento de contaminación.</p>

FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

La Atmosfera

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea la Tierra, formada por la desgasificación durante su formación. Constituye una mezcla de aire, humo, vapor de agua, polvo y partículas radioactivas, sin sabor, olor ni color. La interacción armoniosa de los tres elementos esenciales, sólido, líquido y gaseoso, posibilita el desarrollo de la vida en nuestro planeta. Con una proporción equilibrada del 10% de tierra, 40% de agua y 50% de aire, se establecen las bases para la diversidad biológica y la sostenibilidad de los ecosistemas (Geografía, 2015).

Estructura de la Atmosfera

La atmósfera está dividida según las variaciones en la temperatura en una serie de capas superpuestas que de abajo a arriba son las siguientes:

7.2.1 La troposfera

Es la capa más baja de la atmósfera terrestre, llega hasta un límite superior (tropopausa) situado a 9 Km de altura en los polos y los 18 km en el ecuador. Esta capa contiene la mayoría de los gases atmosféricos y desempeña un papel crucial en los fenómenos meteorológicos. En ella se producen importantes movimientos verticales y horizontales de las masas de aire, generando los fenómenos meteorológicos, (vientos, lluvias, nieve...) y hay relativa abundancia de agua. Es la zona de las nubes y los fenómenos climáticos: lluvias, vientos, cambios de temperatura, y la capa de más interés para la ecología. La temperatura va disminuyendo conforme se va subiendo, hasta llegar a -60 °C en su límite superior. (Gobierno de Canarias, 2022)

7.2.2 Estratosfera

Se extiende desde la tropopausa hasta los 50 Km de altura, límite de la estratosfera llamado estratopausa. Es una capa protectora para la Tierra, ya que es la encargada de evitar el paso de los rayos ultravioleta, también esta capa se genera la mayor parte del ozono atmosférico que se concentra entre los 15 y 30 Km de altura llamándose a esta zona capa de ozono u ozonosfera. (CEUPE, 2021)

7.2.3 La mesosfera

Esta capa se desintegran los meteoritos por el rozamiento con las partículas de la mesosfera, se extiende hasta los 80 Km. de altura, siendo la capa más alta de la atmósfera en la que los gases están todos mezclados en vez de estar estratificados por su masa y tiene 35 kilómetros de espesor, hay más gas en esta capa que en la termosfera (*La mesosfera*, 2019).

7.2.4 Termosfera o ionosfera

Las moléculas que forman esta capa absorben la radiación solar de alta energía como las ondas de radio y televisión usadas en las telecomunicaciones. La temperatura de la termosfera va ascendiendo en altura al absorber las radiaciones de alta energía, pudiendo alcanzar más de 1000 pc, se extiende 600-800 km, y es de gran importancia en la transmisión de las ondas de radio (JORGE, 2022).

7.2.5 Exosfera

Es la capa menos densa y su ubicación varía en cada astro, se encuentra desde los 600 – 800 Km de altura hasta unos 10.000 Km según autores. Tiene una bajísima densidad de gases hasta llegar a ser similar a la del espacio exterior (casi vacío) con lo que el cielo se oscurece (Tapiador, 2021).

El Aire

Es una combinación uniforme de varios gases, siendo el nitrógeno el componente principal con aproximadamente el 78%, seguido del oxígeno que representa alrededor del 21%, junto con una pequeña cantidad de otros gases como el dióxido de carbono. También contiene cantidades variables de gases inertes y vapor de agua en términos de volumen. El aire exhibe características como la capacidad de ser comprimido, su elasticidad, la capacidad de expandirse y su masa (Galarza J. y Alcazar J., 2018).

Calidad De Aire

Según Gutiérrez, 2020, la calidad del aire se refiere a un indicador que permite entender la cantidad y tipos de contaminantes presentes en la atmósfera. Estos contaminantes, debido a su capacidad de dispersión y concentración, generan problemas ambientales y afectan la salud humana.

En el aire hay un gran número de contaminantes que tiene impactos distintos en el ambiente y en la salud. Los PM representan el material particulado, son una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire, las más comunes son el polvo, la suciedad y el humo que no se pueden visibilizar fácilmente y otras que se requiere de un microscopio.

Las partículas están presentes en diferentes formas y tamaño se clasifican en dos grupos las pequeñas o de fracción fina llamada $PM_{2,5}$ μm , por otro lado, las grandes o de fracción gruesa denominadas como PM_{10} con un tamaño que va de los 2.5 a 10 μm , que están expuesta fácilmente trasportándose en la atmosfera.

Contaminación atmosférica

Los elementos contaminantes liberados en la atmósfera pueden moverse de un lugar a otro o ser confinados en áreas específicas. Durante este proceso, experimentan cambios físicos y químicos hasta alcanzar la estabilidad. Estos compuestos pueden depositarse en la superficie o en diversos sistemas, principalmente como aerosoles (tales como nubes, gotas o brumas), los cuales son transportados hacia la superficie por la lluvia o el viento, hasta que se asientan en las capas superiores de la atmósfera o son eliminados por completo (Domínguez,2015).

La polución del aire abarca una mezcla de líquidos, sólidos y gases que se dispersan según las condiciones geográficas y atmosféricas del área donde se encuentre la fuente emisora (incluyendo polvos, humos, bacterias, polen, vapores, gases y sus combinaciones) (Solís L. y López J, 2003).

La principal consecuencia ambiental, difíciles de prevenir y mitigar, es el impacto en la calidad de vida de todos los seres vivos del planeta debido a la contaminación atmosférica. Aunque es inevitable inhalar aire contaminado para sobrevivir, los graves efectos de esta contaminación se evidencian en las premisas de Stokinger. Estas premisas resaltan que los contaminantes del aire son responsables de un aumento considerable en enfermedades como el envejecimiento, bronquitis, asma y cáncer respiratorio, superando en impacto a los contaminantes presentes en alimentos y agua juntos. Además, los agentes contaminantes del aire suelen manifestar sus efectos cuando se combinan con otros agentes, rara vez actuando solos o con elementos presentes en el huésped, como infecciones o deficiencias genéticas del metabolismo.

La contaminación del aire es un fenómeno que afecta principalmente a las zonas urbanas, donde la capacidad natural del aire para absorber contaminantes se ve rebasada debido al crecimiento de las ciudades, la actividad industrial y el uso generalizado de motores de combustión interna. El transporte en vehículos es responsable del 42% de los contaminantes, con predominio del monóxido de carbono. Asimismo, el 21% de los contaminantes proviene de la quema de combustibles en fuentes estacionarias, contribuyendo significativamente a las emisiones de óxidos de azufre. Estos datos resaltan la necesidad de abordar con seriedad el peligro que los contaminantes ambientales representan para nuestro entorno (Alley, 2001).

Clasificación de las fuentes de contaminación atmosférica

González et al. (2002), clasifican genéricamente las fuentes de emisión de agentes contaminantes en la troposfera considerando su localización fija o móvil. Así, se habla de:

Fuentes móviles: Son todos los vehículos y maquinaria no fijas que contengan en su estructura motores de combustión o similares, que debido a su operación generen o puedan emitir contaminantes a la atmósfera, las emisiones por fuentes móviles se producen por la quema de combustibles fósiles utilizados por el parque automotor ya que los vehículos automotores son los principales emisores de contaminantes de CO, de compuestos orgánicos volátiles, SO₂, y NO_x, producidos durante la combustión.

Fuentes fijas: Se encuentra situado en un lugar determinado, se subdivide en focos de combustión estacionaria como las zonas industriales, domésticos, vertederos, y otros. (González, 2002).

Clasificación de los contaminantes del aire

Contaminantes primarios

Los contaminantes del aire se pueden clasificar en términos generales como primarios o secundarios. Generalmente, los contaminantes primarios del aire son sustancias que se emiten directamente de un proceso natural o antropogénico, como cenizas de una erupción volcánica, gas de monóxido de carbono (CO) del escape de vehículos de motor o dióxido de azufre (SO₂) liberado de las fábricas. Sin embargo, los contaminantes primarios no producen por sí solos todos los efectos adversos de la contaminación del aire.

Contaminantes secundarios

Los contaminantes gaseosos que reaccionan entre sí y con las partículas del aire producen un complejo conjunto de nuevos compuestos químicos. Contaminantes del aire no emitidos directamente como tales, pero que se forman en el aire, se denominan contaminantes secundarios del aire, que son responsables para varios efectos nocivos de la contaminación del aire, como smog, neblina, irritación de los ojos y daños a la vegetación y al material.

Material particulado

La “partícula” es un término que se emplea para describir cualquier material sólido o líquido dividido finamente, que es dispersado y arrastrado por el aire y que tiene un tamaño que varía entre 0.0002 y 500 μm . Los términos “aerosol” y “partículas” se utilizan a veces indistintamente, pues los aerosoles se definen como dispersiones de sólidos o líquidos en un medio gaseoso.

Las partículas provienen de procesos de combustión, actividades industriales o fuentes naturales. También se originan como resultado de la oxidación de contaminantes gaseosos en la atmósfera y su reacción con vapor de agua. Tanto las fuentes naturales como las antropogénicas emiten partículas a la atmósfera. Las emisiones de partículas incluyen polvos, aspersión marina, emisiones volcánicas, emanaciones de la flora, e incendios de bosques. Las emisiones antropogénicas provienen de fuentes estacionarias, fuentes fugitivas (polvos de las carreteras e industrias), y fuentes móviles. (Echeverri C. y Maya G., 2008).

Clasificación de las partículas de acuerdo a su diámetro

Las partículas respirables se han clasificado de acuerdo con dos tamaños: PM10 y PM2.5. Las primeras son aquellas partículas gruesas en su mayoría con pH básico producto de la combustión no controlada; algunas están relacionadas con la desintegración mecánica de la materia o la resuspensión de partículas en el ambiente. El segundo tamaño agrupa a las 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. (Echeverri C. y Maya G., 2008).

Material particulado PM2,5

El segundo tamaño PM_{2.5}, agrupa a 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 tienen mayor efecto en la salud, ya que pueden ingresar al sistema respiratorio depositándose en los alveolos pulmonares y llegar al torrente sanguíneo produciendo efectos negativos en la misma, tales como aumento en las enfermedades respiratorias y cardíacas, asma, bronquitis, enfisema, cáncer pulmonar, y disminución del funcionamiento pulmonar. Las partículas PM_{2.5} están compuestas de elementos que son tóxicos como metales pesados y compuestos orgánicos productores de cáncer. (Quijano, 2010).

Principales fuentes de generación PM_{2.5}

Las emisiones generadas por el uso de combustibles fósiles que provienen principalmente de diversos sectores como son los sectores industriales, manufacturero, sectores de energía y transporte. (Adewale A, 2023). Los vehículos emiten principalmente PM_{2.5} por el tubo de escape mientras circulan.

Los estudios más recientes (cf. información y enlaces en la dirección <http://www.epa.gov/air/particles/actions.html>) apuntan hacia las partículas de menor diámetro (partículas finas, con diámetro < 2.5 µm) como las causantes de la mayoría de las afecciones respiratorias.

Materia particulada PM₁₀

Las PM₁₀ o partículas gruesas (PM_{10-2.5}) también llamadas partículas inhalables, son las partículas menores a 10 micrómetros, pero más grandes 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 pueden ser generadas tanto por fuentes móviles como estacionarias, de manera natural o antropogénica.

Principales fuentes de generación PM₁₀

Existen relaciones entre el tamaño de las partículas y sus fuentes. Partículas menores de 10 micrómetros de diámetro (PM₁₀) pueden entrar y quedar atrapadas en las vías respiratorias. Las partículas de diámetro mayor son generalmente producidas por procesos mecánicos de abrasión o fractura de sólidos, y en condiciones de poco viento se precipitan rápidamente al suelo. Carlos Alberto Echeverri Londoño, Gabriel Jaime Maya Vasco

Se asocian generalmente a la combustión no controlada, algunas están relacionadas con la desintegración mecánica de la materia o la re-suspensión de partículas en el ambiente (Echeverri y Maya, 2008). Esto incluye procesos de combustión en vehículos, principalmente aquellos que usan diésel, industrias de fundición, pinturas, cerámica y plantas de energía (Tzintzun, 2005).

Efectos de material particulado sobre la salud

Se puede afirmar que hay evidencia científica que correlaciona la exposición al material particulado atmosférico con diversos efectos a la salud. Estos estudios epidemiológicos demuestran que la exposición a diferentes contaminantes ambientales, incluso a niveles por debajo de las normas internacionales y nacionales, se asocian con un incremento en la incidencia de asma, severidad en el deterioro de la función pulmonar, así como mayor gravedad en la presentación de las enfermedades respiratorias de niños y adolescentes, además de síntomas comunes como la irritación ocular, tos, malestar en garganta y dolor de cabeza. Otros efectos son daños a la economía por costo de enfermedades, daños a la vegetación, reducción de la visibilidad, lluvia ácida, daño a los animales y fotosíntesis de las plantas.

Las partículas gruesas (PM_{10}) pueden penetrar profundamente en el tracto respiratorio y provocan una enfermedad respiratoria grave. Sin embargo, debido al tamaño más pequeño, de la $PM_{2,5}$, estas partículas finas pueden pasar a través del tracto respiratorio y acumularse en los pulmones causando diferentes enfermedades respiratorias, así como cáncer de pulmón. Las $PM_{2,5}$ tienen una mayor toxicidad que las PM_{10} gracias a su capacidad de provocar inflamación y estrés oxidativo. (Bodor, 2022)

Marco legal

Constitución de la República del Ecuador

En el Título II de la Constitución de la República del Ecuador, específicamente en la sección segunda que trata sobre los derechos del buen vivir, se establece como principios fundamentales y un deber primordial del Estado el derecho a habitar en un entorno saludable y ecológicamente equilibrado, exento de contaminación. Este principio tiene como objetivo asegurar el bienestar tanto social como ambiental en todo el territorio nacional.

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 desechos tóxicos al territorio nacional (Asamblea Nacional Constituyente, 2018).

Código Orgánico del Ambiente

Art. 1.- Se trata de garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o SUMAK KAWSAY.

Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como 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 (Asamblea Nacional Constituyente, 2017).

El Código Orgánico Ambiental (COA) contiene disposiciones fundamentales que regulan actividades susceptibles de afectar la calidad de los elementos no vivos y el estado de los elementos vivos, los cuales se detallan a continuación:

Art. 190.- De la calidad ambiental para el funcionamiento de los ecosistemas. Las actividades que causen riesgos o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar

por la protección y conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, de tal manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de las poblaciones y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, o que impida su restauración.

Art. 193.- Evaluaciones adicionales de la calidad del aire. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, según corresponda, dispondrán evaluaciones adicionales a las establecidas en la norma a los operadores o propietarios de fuentes que emitan o sean susceptibles de emitir olores ofensivos o contaminantes atmosféricos peligrosos. La norma técnica establecerá los métodos, procedimientos o técnicas para la reducción o eliminación en la fuente de emisiones de olores y de contaminantes atmosféricos peligrosos (Asamblea Nacional Constituyente, 2017).

Reglamento al Código Orgánico del Ambiente

Art. 486.- El Reglamento del Código Orgánico del Ambiente establece que el muestreo consiste en la acción de recoger muestras con el fin de evaluar y analizar la calidad ambiental en proyectos, obras o actividades. Los responsables deberán asegurar el cumplimiento del plan de monitoreo y gestión ambiental para evaluar la calidad ambiental de una descarga, emisión, vertido o recurso, siguiendo las normativas técnicas actuales y, en su defecto, utilizando estándares internacionalmente reconocidos. Para llevar a cabo la recolección de muestras de las descargas, emisiones y vertidos, el responsable debe contar con lugares apropiados para realizar el muestreo y la medición, además de brindar toda la información necesaria y facilitar las instalaciones requeridas (Asamblea Nacional Constituyente, 2019).

Ley orgánica de salud registro oficial suplemento 423 del 22-dec-2006 última reforma: 12-apr-2017.

En el Capítulo III de la ley referente a la Calidad del aire y la contaminación acústica, se enfatiza la preocupación nacional por las complicaciones de salud asociadas directamente con la contaminación atmosférica. Asimismo, se señala que la salud de la población podría estar en peligro si no se implementan políticas responsables para controlar la calidad de este recurso vital.

Art. 111 señala que las tanto las autoridades competentes como son la autoridad sanitaria nacional de la mano con la autoridad ambiental nacional, son entes que deben actuar

responsablemente en el control de emanaciones que afecten a los sistemas respiratorios, visuales y auditivos, para lo cual dictara normas técnicas de control y prevención, dichas normas establecidas serán de carácter obligatorio tanto para personas naturales como jurídicas.

Art. 112. Los municipios desarrollarán programas y actividades de monitoreo de la calidad del aire, para prevenir su contaminación por emisiones provenientes de fuentes fijas, móviles y de fenómenos naturales. Los resultados del monitoreo serán reportados periódicamente a las autoridades competentes a fin de implementar sistemas de información y prevención dirigidos a la comunidad (LEY ORGANICA DE SALUD, 2006).

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

El AM 097-A modifica la sección VI del texto unificado de leyes secundarias del Ministerio del Ambiente, específicamente el anexo 4 que aborda las normas de calidad del aire y los niveles aceptables de contaminantes convencionales y no convencionales en el ambiente.

El propósito principal de esta norma es salvaguardar la salud de las personas, así como la calidad del aire y el equilibrio de los ecosistemas y del entorno en general. Para lograr este fin, se fijan los límites máximos permitidos de contaminantes en el aire a nivel del suelo, junto con los procedimientos y técnicas para medir estas concentraciones. Además, esta normativa establece los valores máximos permitidos de material particulado $PM_{2,5}$ y PM_{10} .

A continuación, se presentan los límites máximos de concentración de calidad del aire para las partículas PM_{10} y $PM_{2,5}$, según el AM 097-A

Material particulado menor a 10 micrones (PM_{10}):

El promedio de la cantidad de partículas PM_{10} en todas las muestras tomadas a lo largo de un año no debe ser mayor a 50 microgramos por metro cúbico ($\mu g/m^3$). Además, el promedio de la medición continua durante 24 horas no debe exceder los 100 $\mu g/m^3$. Se considera que la norma de calidad del aire para el material particulado PM_{10} se ha sobrepasado si el percentil 98 de las concentraciones registradas durante un periodo anual en cualquier estación de monitoreo es igual o mayor a 100 $\mu g/m^3$ (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015) ,se puede ver reflejado en la tabla

Material particulado menor a 2,5 micrones (PM_{2,5})

El promedio de la concentración de partículas PM_{2,5} en todas las muestras tomadas durante un año no debe ser mayor a 15 microgramos por metro cúbico (µg/m³). En cuanto al monitoreo continuo durante 24 horas, el límite no debe exceder los 50 µg/m³. Se considera que se ha superado la norma de calidad del aire para el material particulado PM_{2,5} si el percentil 98 de las concentraciones registradas durante un año en cualquier estación de monitoreo es igual o mayor a 50 µg/m³ (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015), se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3

Valores

Valores máximos permisibles de la concentración de material particulado.

CONTAMINANTES	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	MÁXIMA CONCENTRACIÓN PERMITIDA (microgramo /metro cúbico)
PM ₁₀	1 AÑO	50 µg/m ³
	24 horas (monitoreo continuo)	100 µg/m ³
PM _{2,5}	1 AÑO	15 µg/m ³
	24 horas (monitoreo continuo)	50 µg/m ³

Adaptada: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿El monitoreo del material particulado PM_{2,5} y PM₁₀ en el Terminal Terrestre del cantón Salcedo, provincia Cotopaxi, cumple con los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa vigente?

En el terminal terrestre de salcedo, durante un periodo de monitoreo ininterrumpido de 24 horas, se registraron concentraciones de PM_{2,5} y PM₁₀. En el punto uno de muestreo se evidenció 12.62 µg/m³, en el segundo punto se pudo observar 11.95 µg/m y en el último punto 12.54 µg/m³ de PM₁₀. Por otro lado, tenemos los resultados de PM_{2,5}, el primer punto se recolectó 12,53 µg/m³, en el segundo punto de 12.29 µg/m³ y el último punto obtuvo 12.03 µg/m³. Estos valores

medios están por debajo de los Límites Máximos Permisibles que son establecidos por la Normativa ambiental, así cumpliendo así con los requisitos del AM 097-A, anexo 4.

¿Qué medida o estrategias de mitigación podría ser implementadas para reducir la contaminación causada por material particulado?

Educar a conductores, pasajeros y empleados sobre las prácticas que pueden reducir las emisiones de material particulado, como el mantenimiento adecuado de los vehículos y la conducción eficiente. Adquirir maquinaria para los filtros de partículas en los motores de los autobuses para verificar el mantenimiento, utilizar combustibles más limpios pueden reducir las emisiones de material particulado. Mantener los cercos vivos que están establecidos en el terminal, ya que estos ayudan a reducir el nivel de material particular. Realizar un mantenimiento regular de las áreas pavimentadas y las superficies de tránsito para reducir la generación de polvo. Y en un futuro se podría considerar en la implementación de autobuses eléctricos o híbridos que emiten menos material particulado en comparación con los autobuses de combustión interna.

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS

En relación con la metodología utilizada la descripción detalla del área de estudio y establecer los puntos de muestreo, es así que se implementó los procedimientos sugeridos por Muñoz, 2019 donde establece una visita In Situ, tomando en cuenta los factores climáticos y ver el estado del lugar, por otro lado, tenemos el método para el monitoreo de con el equipo E-BAM sugerido por Escobar, 2019 propone la utilización del equipo que se encuentra en las instalaciones de la Universidad Técnica Cotopaxi y así mismo la fábrica Met One Instruments, 2008 creadores del equipo, donde nos proporciona un Manual de guía para la medición los materiales particulados como $PM_{2,5}$ y PM_{10} . Para el análisis de los resultados se tomó en cuenta, según Torres, 2018, usar un diseño no experimental utilizando la media aritmética con la suma de los valores y dividir para el número total de valores. Para proponer las medidas de estrategia nos guiamos lo que manifestó Nathaly Tipantasig ,2019 se debe realizar una identificación de fuentes de emisión de material particulado, después un análisis de factores y finalmente el desarrollo de las estrategias de mitigación todo esto basándose en el método analítico.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

Zona de estudio:

La presente investigación se realizó en el terminal terrestre del Cantón Salcedo, provincia Cotopaxi.

Latitud: Aproximadamente 1.0189 grados sur.

Altitud: Una altitud promedio de 2.800 metros sobre el nivel del mar.

Lugar de la investigación:

Se realizó esta investigación de monitoreo de las concentraciones de PM_{2,5} Y PM₁₀ fue realizado en los siguientes lugares específicos como el ingreso de los buces, el parqueadero y desembarque de los pasajeros y salida de los buces.

Tipo de investigación

El trabajo de investigación es un tipo técnico, que se implementó para llevar a cabo el monitoreo de material particulado y en función a los resultados obtenidos se plantió alternativas de ambientales para su control.

Parámetro de estudio

Concentraciones de PM_{2,5} Y PM₁₀.

Clima del área de estudio

Para los datos de clima se buscó en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2024, donde se estableció los datos del mes de enero cuando se realizó el monitoreo y se tuvo datos aproximados, donde se mantuvo con una temperatura promedio de 17 °C, una precipitación promedió 173 mm, un viento que fue catalogado como brisa ligera 6 km/h y una humedad promedio 84%.

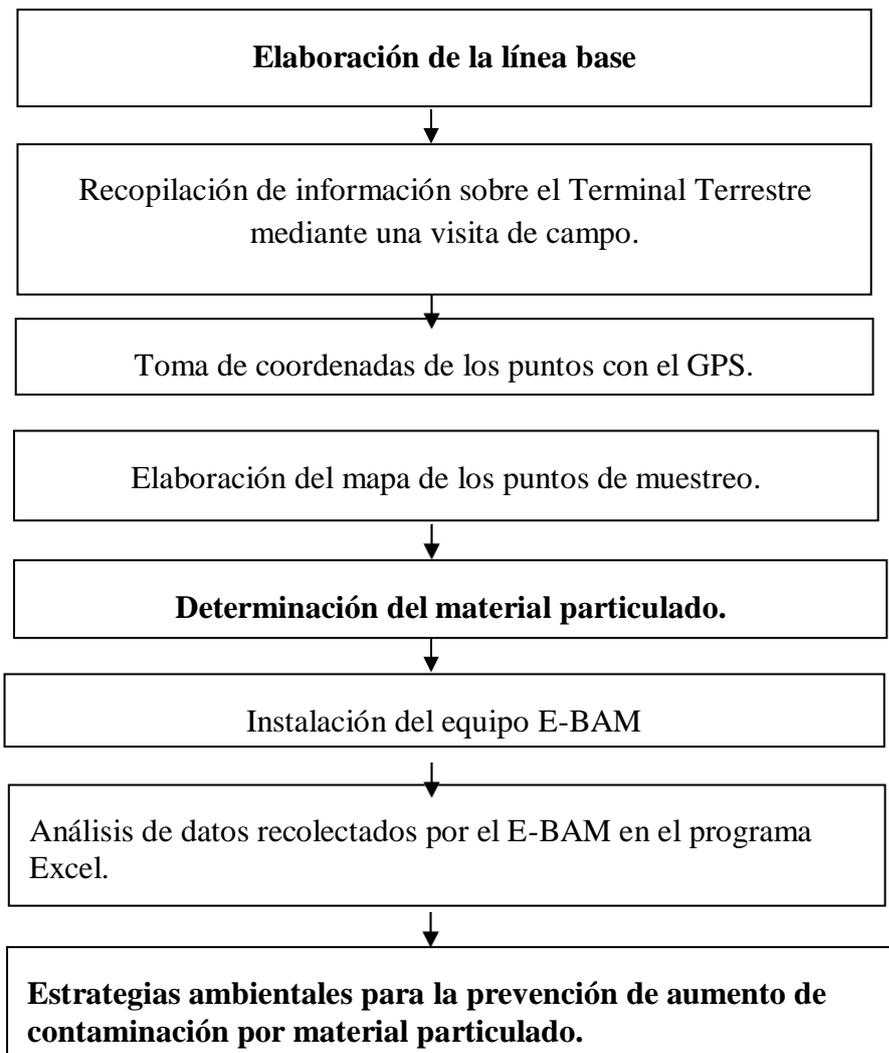
Temperatura: Suele ser moderadas durante todo el año debido a la altitud, los meses frescos son de mayo a septiembre y los meses más cálidos generalmente son de abril a octubre, con temperatura máxima, promedios que oscilan entre los 20 °C y 25 °C.

Precipitación: Existe una temporada lluviosa que se presenta en los meses de octubre y mayo, siendo diciembre el mes más lluvioso. La precipitación anual promedio varía, pero generalmente se sitúa al redor de 600 mm a 1000 mm.

Viento: El viento es variable y puede depender de la temporada y las condiciones atmosféricas, locales, generalmente en la temporada seca los vientos suelen ser suaves y la temporada lluviosa puede variar. Pero salcedo no es conocido por experimentar vientos extremos.

Humedad: Tiene una humedad relativa alta debido a la influencia de las condiciones tropicales a las proximidades de salcedo porque existe áreas montañosas y boscosas.

Esquema del proceso



Procedimientos

Elaboración de una línea base

La línea de base se estableció utilizando los datos recopilados de terminal terrestre en el estudio. Se solicitó a la administración información sobre el funcionamiento del terminal y esta información se completó con fotografías de las principales áreas frecuentadas por los usuarios.

Se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

Caracterización del entorno:

Para la caracterización del terminal terrestre del cantón salcedo, que se encuentra en una zona rural, su vegetación está constituida por las áreas verdes con flora introducida, tales como las flores y arbustos no nativos del lugar, también constan de cercas vivas. Alrededor del terminal no se encuentran muchas casas, al frente se encuentra una escuela, alado derecho hay una plaza de verduras y los demás extremos son áreas verdes pertenecientes al GAD de Salcedo.

Infraestructuras y operaciones:

Las infraestructuras se visualizaron en un buen estado, el pavimento del terminal terrestre se encuentra en óptimas condiciones, el área de carga y descarga un espacio designado para los pasajeros y sus cargas.

Tráfico Vehicular:

El tráfico se puede observar los días jueves por las ferias que existe en el cantón salcedo, sus horas pico son el ingreso al terminal por las mañana y tardes, también se puede evidenciar que en la hora de almuerzo aumenta la cantidad de automóviles en movimiento.

Investigación bibliográfica

Se define como un estudio en el que se recopila información de materiales publicados. Estos pueden incluir fuentes más tradicionales como libros, revistas, periódicos y reseñas, así como recursos en línea como sitios web, blogs y bases de datos bibliográficas. (Arteaga, 2020).

La información bibliográfica se recopiló principalmente de artículos científicos, proyectos de investigación y libros relacionados con la contaminación del aire y el material particulado. Se creó una línea base para obtener información climática, se tuvieron en cuenta los planes de desarrollo y ordenamiento territorial del Cantón Salcedo, se seleccionaron los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y se revisó la normativa ambiental vigente en el Ecuador.

Investigación Analítica

Intenta recopilar información para comprender la situación, los datos se recopilan directamente de la realidad y permite obtener información directa relacionada con el problema. (Fraino, 2015).

Para el primer objetivo se tuvo en cuenta este método, que permite analizar diferentes puntos de monitoreo y así lograr una mejor comprensión del objeto de investigación, gracias al cual es posible interpretar, verificar y comprender la concentración de partículas materia (PM). En el área de estudio, así como comparar los datos obtenidos del monitoreo de partículas en suspensión con la normativa ambiental vigente, indicando si se encuentran dentro de los límites máximos permisibles y así establecer ensayos de numerosos autores han sido citados al discutir los resultados. Se tienen en cuenta para comprender mejor cómo las variables externas pueden influir en el aumento de la concentración.

Investigación de Campo

Trata Intenta recopilar información para comprender la situación, los datos se recopilan directamente de la realidad y permite obtener información directa relacionada con el problema (Arias, 2020).

Para el segundo objetivo se llevó a cabo la autorización del Municipio de Salcedo para proceder con la misma. Se realizó un recorrido con los encargados del terminal Terrestre para conocer la zona de estudio, las instalaciones y el área donde los buces se establecen. Se aplicó la georreferencia del 3 punto con el GPS para la recopilación de material particulado, mediante un muestreador de partículas finas de PM_{2,5} y PM₁₀ con E-BAM, así permitiendo el

estudio del área y determinando las consecuencias que puede producir la concentración de material particulado.

9.1 MÉTODOS

Método Descriptivo

Este método se estable en la mayoría del proyecto como en la introducción, justificación, la problemática e incluso la metodología ya que es necesario conocer la realidad de la investigación y así indagar en el presente estudio, se describió la ubicación, los componentes climáticos y punto de monitoreo, y en los resultados también se encuentra el presente método.

Método inductivo

Para el segundo objetivo se tomó encienta el método es un método científico que extrae conclusiones generales basada en una hipótesis, utilizando el enfoque que se basa en una pregunta científica, la cual responde el análisis de los resultados de cada muestreo, interpretando y comparando las concentraciones que causan más daño al ambiente. Por medio de este método se logró conocer las concentraciones del material particulado en el terminal terrestre del cantón salcedo, así realizando el análisis de los datos y estableciendo medidas de mitigación con las normativas ambientales vigentes.

Con este método se aplicaron las siguientes etapas:

Observación: la observación directa en el campo accediendo identificar cuáles son las causas de las emisiones los contaminantes de aire (PM_{2.5} y PM₁₀).

Para realizar la observación se realizó 6 visitas de campo, la primera fue para conocer las instalaciones con el personal encargado del terminal, la segunda fue para ver donde se puede ubicar los puntos de muestreo, la tercera fue para instalaciones, las demás vistas se realizaron para el cambio de cabezales para medir el material particulado obteniendo así el resultado de contaminación.

Análisis: Una vez obtenido la información de la base de datos de 3 puntos monitoreados con el equipo E-BAM se analizó la concentración del material particulado.

Para el análisis primero se tuvo que descargar los datos del E-BAM mediante el programa de Excel, los datos se tuvieron que realizar por horas, así que como el monitoreo se

realiza cada 5 minutos por 24 horas se sacó la media de cada hora y por último se realizó las gráficas para ver la variación de los niveles contaminación.

Comparación: Se compararon los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles conforme la normativa ambiental vigente.

Con los resultados se comparó con el Acuerdo Ministerial 097-A, donde nos hace referencia que sí excede los límites máximos permisibles que son $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el material particulado PM_{10} y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2.5}$ durante un periodo de 24 horas, si los resultados son mayores que esta cifra se considera altos niveles de contaminación en el sitio de muestreo.

Método analítico

Mediante este método se permitió analizar los resultados de los puntos monitoreados y conocer el lugar de estudio, con lo cual se pudo comprender el PM de la zona y así ver las consecuencias que pueden afectar al medio ambiente e incluso a los usuarios que frecuentan.

También, el método es una herramienta que puede ser muy útil para proponer estrategias de mitigación en un estudio de material particulado. Este método implica un enfoque sistemático para el análisis y la comprensión de los factores que contribuyen a la generación y dispersión del MP, así como los impactos asociados en la salud y el medio ambiente.

Para realizar las estrategias de mitigación se tomó en cuenta lo siguiente:

Identificación de fuentes de emisión: Identificamos las fuentes principales del material particulado en un área determinada. Esto puede incluir actividad industrial, tráfico vehicular, quema de biomasa, etc. Al comprender las fuentes de emisiones, se pueden diseñar medidas específicas para eliminar cada fuente.

Análisis de factores influyentes: Después de identificar fuentes de emisión, hay que comprender los factores que conducen a la formación y dispersión de partículas, como las condiciones meteorológicas, el terreno regional, los patrones de tráfico, etc. Este análisis detallado puede ayudar a diseñar medidas de mitigación más efectivas y adaptadas a las condiciones locales.

Desarrollar de estrategias de mitigación: A partir de la identificación de fuentes, se analizó los factores que influyen y la evaluación del impacto, desarrollando estrategias de mitigación específicamente que adapten a las necesidades locales. Proponiendo así estrategias que pueden incluir la implementación de tecnologías de control de emisiones, la mejora de la gestión del tráfico y entre otras medidas.

9.2 TÉCNICAS

Observación Directa

Se efectúa para el primer objetivo de manera directa al problema que se está investigando, esta técnica ayudo al reconocimiento del área de estudio e información del Terminal y la determinación de los puntos monitoreados, así recopilando información llevando un registro correspondiente de cada medición en la libreta de campo, ya que hay variaciones por las horas picos por el incremento de movilidad de personas y la circulación vehicular a las revisiones que se realizan en el terminal.

Visita de campo

Para el primer objetivo se realizó la visita aplicando la técnica de la observación directa. Con la visita de campo que se realizó se pudo aplicar la técnica de la observación directa la cual se procedió a la selección y la toma de coordenadas de los 3 puntos de muestreo, que fueron seleccionadas por diferentes criterios como velocidad, los sitios con mayor movilidad, la dirección del viento, la instalación del equipo E-BAM y el respectivo monitoreo donde hubo días soleados y otros con precipitaciones.

Instrumentos para la identificación del lugar de estudio:

GPS: Un instrumento, un sistema de navegación satelital para localizar, el cual contribuyo con las coordenadas a la de los puntos de muestreo en el área de estudio.

Libreta de campo: La libreta se registra la información de las coordenadas de los puntos de muestreo.

Cámara fotográfica: se realizó fotografías del trabajo realizado en la investigación en los sitios de muestro.

Monitoreo de los puntos de muestreo

Para el objetivo dos se recopiló los datos mediante el equipo E-BAM que recolecta el material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) en el Terminal Terrestre, basándose en la recolección de los resultados cada 5 minutos durante 24 horas del día según 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.

Instrumentos para el monitoreo y análisis de datos:

Libreta de campo: La libreta se registra la información de las coordenadas de los puntos de muestreo.

ARCGIS: un programa de Software que permitió delimitar los puntos de muestreo y la realización de un mapa del lugar.

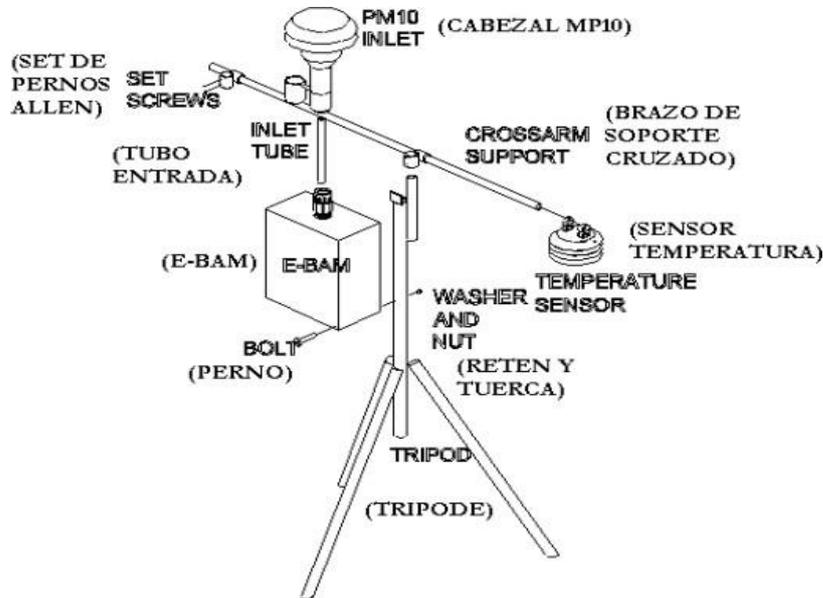
E-BAM: Para la investigación se utilizó el equipo E-BAM, con un sistema de medición de material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y sistema de manejo de datos automático que están presente en el sitio de estudio, el cual debe ser conectado a una fuente de energía con varias partes que conforman el mismo, mediante él se pudo obtener los datos de cada punto monitoreado, ya que es un monitor portátil de aire con la absorción y atenuación beta, una tecnología probada y utilizada los últimos 40 años para el monitoreo de partículas de aire, el equipo de medición. (ver Figura 1)

EXCEL: software para el análisis de los datos que se recolectaron del material particulado.

9.1.1 Selección de la ubicación del muestreo

En cuanto a la ubicación se optó por hacer un muestreo sectorizado, el cual se ubicó 3 puntos de muestreo estratégico libre de obstáculos, ya que es un sector transitable y frecuente de las personas, mediante los procedimientos y recomendación que indica el manual del equipo, donde la concentración de tráfico sea más abundante.

Figura 1

E-BAM

Nota: Equipo de medición de partículas de aire PM_{2.5} y PM₁₀. Tomada del MANUAL OPERACION E-BAM, 2008, pág. 15

Ubicación e implantación de equipo E-BAM para medir el material particulado

La instalación de equipo se toma en cuenta que debe estar libre de obstáculos y fuentes de contaminación que pueda alterar los valores obtenidos, por lo tanto, debe ser un lugar estratégico, libre de árboles y techos donde el equipo tenga una mayor probabilidad de recepción para el material particulado.

Selección de sitio de muestreo:

El lugar óptimo para instalar el equipo E-BAM debe tener en cuenta la cercanía a las áreas donde las personas respiran, la seguridad, la accesibilidad y la disponibilidad de energía eléctrica. Por lo general se recomienda que el equipo se coloque en un sitio elevado, con una altura de variante entre 2 y 15 metros si amerita el lugar y exista obstrucciones. La principal fuente de contaminación del aire influye en las decisiones sobre la ubicación del dispositivo de monitoreo. En un terminal se ha identificado 3 puntos de monitoreo donde se puede instalar el equipo para la captura de manera efectiva de las concentraciones de material particulado.

Instalación del equipo E-BAM

Para instalar el hardware, siga estos pasos:

- a) El trípode ha sido ensamblado y firmemente fijado.
- b) Coloque con cuidado el E-BAM en el trípode.
- c) Se instala un tubo adaptador de aluminio corto.
- d) Se coloca la punta $PM_{2.5}$ en el tubo conector corto, luego se coloca la punta PM_{10} en la punta $PM_{2.5}$.
- e) El soporte horizontal se monta en el tubo ubicado en la parte superior del trípode.
- f) Coloque el sensor de temperatura en un brazo del stent.
- g) Finalmente, se habilita E-BAM y se configura la operación de muestreo.

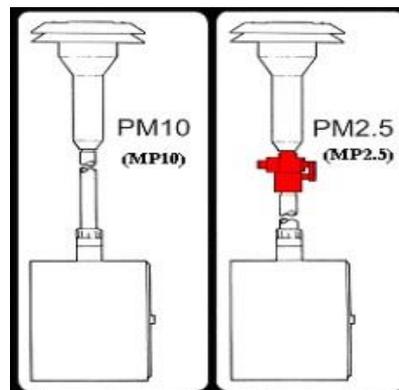
Equipo de medición para material particulado.

Monitoreo de material particulado

Se realizó el muestreo del material particulado con el equipo E-BAM y rigiéndonos al Acuerdo Ministerial 097 que reforma al Acuerdo Ministerial 061 que a su vez reforma al Libro VI de Calidad Ambiental del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, donde el monitoreo fue de 24 horas por cada punto señalado para material particulado basándose en la legislación vigente.

Figura 2

Los cabezales utilizados para la medición de material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10}



Nota: Cabezales para medir el material particulado ($PM_{2.5}$ Y PM_{10}). Tomada del MANUAL OPERACION E-BAM, 2008, pág. 19

Método de Equipo E-BAM

La principal ventaja del E-BAM sobre los métodos de muestreo manuales tradicionales radica en su sistema automatizado de medición. En lugar de depender de un análisis manual en laboratorio, como la gravimetría, el E-BAM utiliza una técnica de medición precisa conocida como Atenuación Beta.

Durante su funcionamiento normal, el E-BAM desplaza la cinta del filtro hacia una zona limpia. Cuando el extremo del tubo se posiciona sobre el filtro del E-BAM, el dispositivo mide la masa (densidad) de la zona del filtro mediante un conteo de 5 minutos. Este conteo de 5 minutos representa simplemente la cantidad de partículas beta emitidas por la fuente de ^{14}C que atraviesan el filtro y son detectadas/contadas por el Tubo Foto-Multiplicador (TFM - PMT).

A medida que aumenta la densidad del material del filtro, se registra un menor número de partículas beta contadas y viceversa. Sobre el filtro, las partículas beta son aproximadamente 4 veces más densas. La Atenuación Beta causada por el filtro resulta en una disminución en la densidad de las partículas beta (el conteo).

Técnica de equipo E-BAM

Atenuación Beta

La atenuación beta se refiere a la reducción en el recuento de partículas beta debido a la absorción causada por un material intermedio. En el método E-BAM, se emplea el Carbono 14 [^{14}C], un isótopo radioactivo natural, como fuente de partículas beta. Estas partículas beta, liberadas del núcleo de un átomo cuando un neutrón se desintegra en un protón y un electrón, tienen una masa de 0.00054858 (amu) y una energía media de 49 (KeV). Dada su escasa masa y energía, las partículas beta pueden viajar solo unos pocos pies (0.3 a 0.6 metros) a través del aire y pueden ser completamente detenidas con unas pocas hojas de papel. Esta capacidad de atenuación de las partículas beta permite la medición de la masa del material recolectado en un filtro.

En el proceso de medición del material particulado en suspensión con el E-BAM, se llevan a cabo tres pasos. Primero, se realiza un conteo inicial a través de un papel filtro limpio. Luego, el aire con partículas es dirigido a través del papel, donde estas se depositan.

Finalmente, se realiza un segundo conteo a través del papel con las partículas depositadas. El segundo conteo debería ser menor que el primero debido a la absorción de partículas beta causada por las partículas depositadas. Mediante cálculos simples, es posible determinar la masa de las partículas depositadas en el filtro, dividiendo esta masa por la cantidad de aire muestreado para obtener la concentración de masa por unidad de volumen.

9.1.2 *Diseño no experimental*

Se aplicó un análisis descriptivo con un promedio de la base de datos obtenidos y así comparando con la Normativa Ambiental Vigente.

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

Donde:

N=Numero de datos

\bar{x} Media Aritmética

X_i =Datos obtenidos

\sum =Sumatoria

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Diagnosticó del Terminal Terrestre del Cantón Salcedo:

Ubicación Geográfica

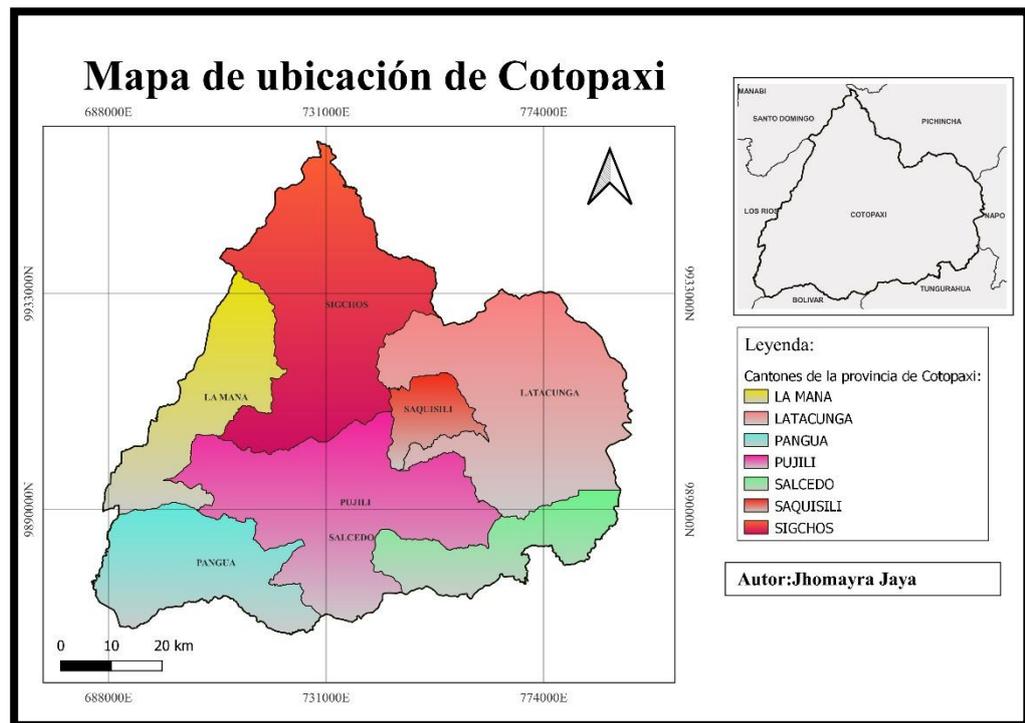
La provincia de Cotopaxi es una de las 24 provincias del país, con una latitud que varía por una amplia área de la región andina del Ecuador, es así, que un promedio de la latitud de la provincia de Cotopaxi se encuentra aproximadamente 0.5° y 1.5° sur, así esta provincia ubicándose en el hemisferio sur, la provincia de Pichincha, al sur con la provincia de Chimborazo, al este con la provincia de Napo y al oeste con la provincia de Tungurahua.

Esta se divide en varios cantones, cada uno con características únicas, el principal canto es Latacunga capital de la provincia y principal centro administrativo y comercial, Saquisilí

conocido por su mercado indígena y su rica cultura, Pujilí se ha destacado por su feria de la fruta y las flores, así como por su actividad agrícola, Salcedo también reconocido por su producción agrícola, especialmente de frutas y hortalizas, Sigchos el cantón de menor tamaño, pero con paisajes naturales impresionantes y La Mana destaca por su producción de caña de azúcar y por ser un importante centro turístico.

Figura 3

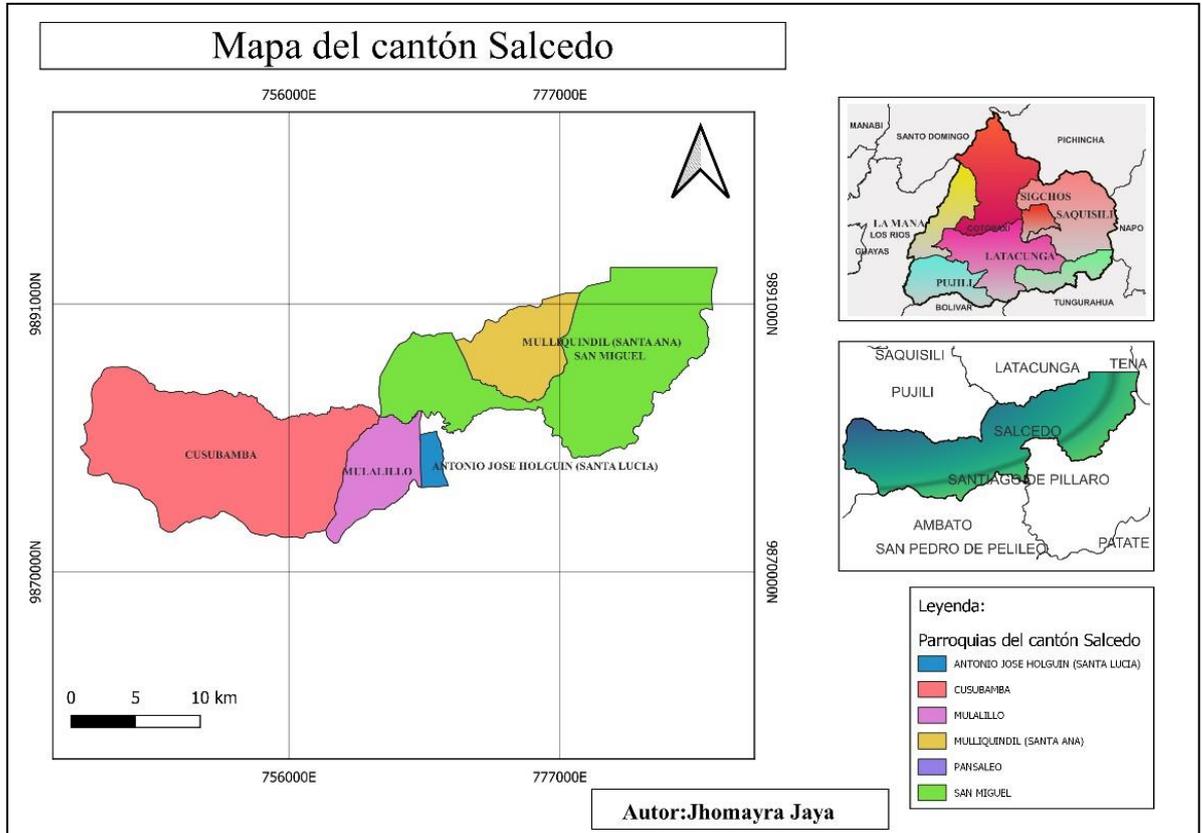
Ubicación Geográfica provincia de Cotopaxi



Salcedo es un cantón de la provincia de Cotopaxi en Ecuador, se ubicado en el centro del país, en la cordillera de los Andes. Salcedo se encuentra a una altitud de 2.950 metros sobre el nivel del mar. Su ubicación es aproximadamente $0,712^\circ$ de latitud sur y $78,631^\circ$ de longitud oeste. Sus límites al norte: Limita con el cantón Latacunga, en el sur limita con el cantón La Maná, perteneciente a la provincia de Cotopaxi, en el este limitado con la provincia de Tungurahua y al oeste limita con el cantón Pujilí, perteneciente a la provincia de Cotopaxi.

Figura 4.

Ubicación geográfica del área de estudio



El Terminal Terrestre de Salcedo se encuentra en la parroquia principal San Miguel del cantón, se ubica en la Av. 5 de junio y la Avenida Cotopaxi ubicación central lo hace accesible para los residentes locales y los viajeros que deseen utilizar el transporte público para moverse dentro y fuera del cantón.

Figura 5



Ubicación Geográfica del área de estudio y punto de monitoreo

El terminal terrestre de Salcedo actualmente ofrece servicio de transporte provincial e interprovinciales, aproximadamente recibe 2700 pasajeros al mes, sus rutas principales son:

- Salcedo -Quito /Quito-Salcedo
- Salcedo-Ambato/ Ambato-Salcedo
- Salcedo-Píllaro/ Píllaro-Salcedo
- Salcedo-Latacunga/ Latacunga-Salcedo

Las áreas principales del terminal terrestre que más frecuentan los usuarios que ingresan al terminal:

Tabla 2

Áreas que conforman el Terminal Terrestre de Salcedo

ÁREA	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Interna	Se encuentran los servicios básicos, locales comerciales, boletería, administración del terminal y las oficinas de mancomunidad de Cotopaxi.	
Parqueadero	Aparcamiento de los buses donde esperan su turno de salida correspondiente	
Andenes y Desembarque	Lugar de embarque de Pasajeros y llegada de los pasajeros. El Terminal Terrestre cuenta con andenes destinados para buses interprovinciales, cantonales y parroquiales	

Nota: Elaborado por: Jhomayra, Jaya 2024

En el terminal terrestre del cantón salcedo se pudo observar diferentes aspectos ambientales:

Descarga de Agua Residual Doméstica

Está presente el agua doméstica en los productos de los restaurantes y baños públicos dentro de las instalaciones del terminal que son descargados en el sistema de alcantarillado del cantón.

Emisión de Material Particulado

La emisión de gases del combustible de los automóviles y buses que ingresan al terminal, por el desgastar el pavimento, neumático.

Emisión de Gases de Combustión

Las emisiones de gases de los vehículos livianos y pesado que es desechado por el tubo de escape contienen monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NOx).

Generación de Ruido

En el terminal se presenta el ruido por causa de las bocinas de vehículos livianos y pesado como los buses que ingresan al terminal.

Generación de Residuos Sólidos

Son generados por las actividades de los locales comerciales, por los pasajeros y personal que frecuenta el Terminal.

Generación de Fuentes de Empleo.

Cuando se realizó el terminal de salcedo se generó empleo que hasta la fecha está vigente para personas naturales y jurídicas del cantón Salcedo.

10.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS PUNTO 1 DE MONITOREO

RESULTADOS DE PM₁₀.

Tabla 3

Resultados de PM₁₀ punto 1 de monitoreo (Ingreso de vehículos Pesado y livianos)

Fechas	Tiempo	Coordenadas		Hora de inicio	Hora final	Concentración promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Límite permitido $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Evaluación
17/01/2024 18/01/2024	24 horas	X;768995	Y;9885141	6:30 am	6:30 am	12.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cumple

Interpretación: El monitoreo de contaminante en el primer punto inicio a las 6:30 am del 17 de enero del 2024 y culmina al siguiente día 18 de enero del mismo año, cumpliendo así las 24 horas continuas, con una temperatura media de 14.4 °C. El material particulado medido PM₁₀ con una media aritmética de 12,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que indica la concentración del contaminante está en el límite permisible del nivel de emisión 4 del AM 097-A

RESULTADOS DE PM_{2,5}

Tabla 4

Resultados de PM_{2,5} punto 1 de monitoreo (Ingreso de vehículos Pesado y livianos)

Fechas	Tiempo	Coordenadas		Hora de inicio	Hora final	Concentración promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Límite permitido $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Evaluación
18/01/2024 19/01/2024	24 horas	X;768995	Y;9885141	6:50 am	6:50 am	12.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cumple

Elaborado por: Jhomayra Jaya

Interpretación: En el primer punto el monitoreo inicio a las 6:50 am del día 18 de enero de 2024 y finalizo el 6:50 am del 19 de enero del mismo año, cumpliendo así el periodo de 24 horas continuas, con una temperatura mediana de 14.4 °C. El material particulado PM_{2,5} con una media aritmética que cumple con el límite permisible de la calidad del aire anexo 4 del AM 097-A.

Discusión del primer punto monitoreado

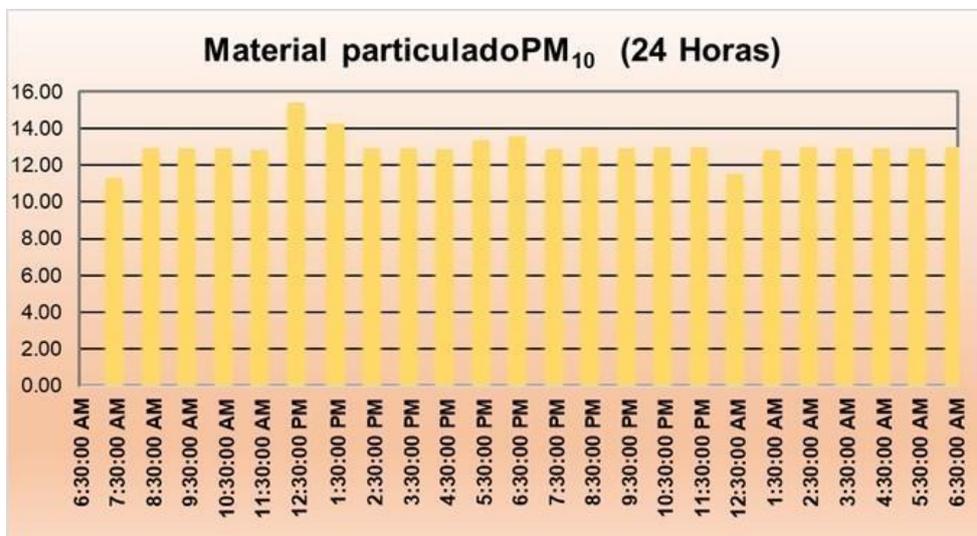
Aunque los valores promedio mencionados anteriormente no exceden los límites establecidos por el Anexo 4 del AM 097-A, hubo momentos específicos en los que tanto el PM_{10} como el $PM_{2.5}$ aumentaron su concentración en diferentes horas seleccionados en el ingreso del transporte. Por lo tanto, resultó crucial analizar estos momentos y determinar la causa del aumento de la contaminación. A continuación, se presentan detalladamente los resultados obtenidos por cada hora. (ver Anexo 1 y 2).

MATERIAL PARTICULADO PM_{10} PUNTO 1

Interpretación: Se observa un aumento en los niveles de contaminación por PM_{10} , alcanzando una concentración de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que está muy lejos para llegar al límite máximo permisible según la normativa $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El incremento de contaminantes a esa hora está relacionado con la hora de almuerzo del funcionario que trabaja y frecuenta para algún trámite. (ver figura 5)

Figura 3

Material Particulado PM_{10} Punto 1 de monitoreo (24 horas continuas)



Elaborado: Jhomayra Jaya

MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} PUNTO 1

Interpretación: Pese a que los valores expuestos, en comparación con la normativa vigente, no sobrepasan los límites que establece el anexo 4 del AM 097-A. Hubo horas donde específicamente el material particulado. En la figura 6 se presentan los resultados registrados para cada hora.

Figura 4

Material Particulado PM_{2,5} punto 1 de monitoreo (24 horas continuas)



10.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS PUNTO 2 DE MONITOREO

RESULTADOS DE PM₁₀

Tabla 5

Punto 2 de monitoreo Resultados de PM₁₀ (Estacionamiento y Desembarque de pasajeros)

Fechas	Tiempo	Coordenadas		Hora de inicio	Hora final	Concentración promedio µg/m³	Límite permitido µg/m³	Evaluación
18/01/2024 19/01/2024	24 horas	X;76505	Y;9885174	7:00 am	7:00 am	11.95 µg/m³	100 µg/m³	Cumple

Elaborado por: Jhomayra Jaya

Interpretación: El muestreo del punto dos inicia a las 7:00 am en día 18 de enero del 2024 y culmina al siguiente día 19 de enero del mismo año, cumpliendo así las 24 horas continuas, con una temperatura media de 14.4 °C. El material particulado medido PM₁₀ con una media aritmética de 11,95 µg/m³ que indica la concentración del contaminante que cumple con el límite máximo permisible del nivel de emisión por el AM 097-A el anexo 4 de la calidad de aire.

Resultados de PM_{2,5}

Tabla 6

Punto 2 de monitoreo Resultados de PM_{2,5} (Estacionamiento y Desembarque de pasajeros)

Fechas	Tiempo	Coordenadas		Hora de inicio	Hora final	Concentración promedio µg/m ³	Límite permitido	Evaluación
18/01/2024 19/01/2024	24 horas	X;76505	Y;9885174	6:30 am	6:30 am	12.29µg/m ³	50 µg/m ³	Cumple

Elaborado por: Jhomayra Jaya

Interpretación: El monitoreo de contaminante del segundo punto del material particulado PM_{2,5} inicio a las 7:05 am el día 20 de enero del 2024 y culmina al siguiente día 21 de enero del mismo año, cumpliendo así las 24 horas continuas, con una temperatura media de 14.4 °C. El material particulado medido tiene una media aritmética de 12.29µg/m³, que indica la concentración del contaminante que cumple con el límite máximo permisible del nivel de emisión por el AM 097-A el anexo 4 de la calidad de aire.

Discusión del segundo punto monitoreado

Material Particulado PM₁₀ punto 2

Interpretación: Aunque los valores presentados no exceden los límites establecidos por el anexo 4 del AM 097-A en comparación con la normativa actual, hubo momentos en los que los niveles de material particulado fueron significativos. En el Anexo 3, se detallan exhaustivamente los resultados obtenidos para cada hora.

Figura 5

Material Particulado PM₁₀ punto 2 de monitoreo (24 horas continuas)



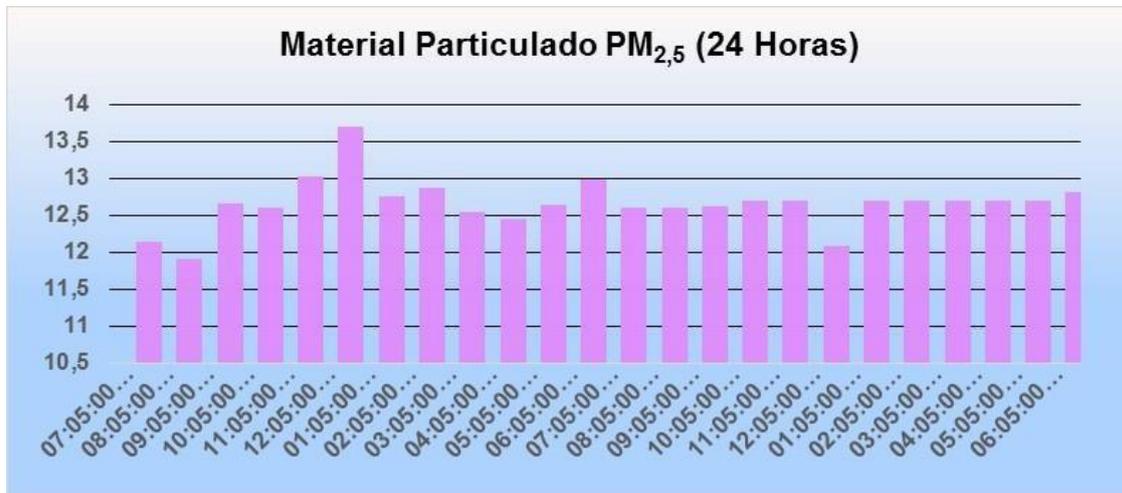
Interpretación: Se nota un incremento en los niveles de contaminación debido a PM₁₀, llegando a una concentración de 14.24 µg/m³, lo cual está considerablemente por debajo del límite máximo permitido según la regulación de 100 µg/m³. Este aumento en la contaminación en ese momento está vinculado con el horario de la salida de los empleados que trabajan y visita el lugar para realizar algún trámite.

Material Particulado PM_{2,5} punto 2

Interpretación: A pesar de que los valores mostrados se mantienen dentro de los límites establecidos por el anexo 4 del AM 097-A en relación con la normativa vigente, se identificaron períodos en los que los niveles de partículas en suspensión fueron notablemente altos. En el Anexo 4, se detallan exhaustivamente los resultados obtenidos para cada hora.

Figura 6

Material Particulado PM_{2,5} punto 2 de monitoreo (24 horas continuas)



Elaborado: Jhomayra Jaya

Interpretación: Se observa un aumento en los niveles de contaminación por PM_{2,5} donde alcanzo una concentración de 15.50 µg/m³, lo cual está significativamente por debajo del límite máximo permitido según la regulación de 50 µg/m³. Este incremento en la contaminación en dicho momento está asociado con la hora del almuerzo de los empleados que trabajan en el área y visitan el lugar para realizar trámites. (ver figura 8).

10.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS PUNTO 3 DE MONITOREO

RESULTADOS DE PM₁₀

Tabla 7

Punto 3 de monitoreo Resultados de PM₁₀ (Embarque de pasajeros y Salida de buces)

Fechas	Tiempo	Coordenadas		Hora de inicio	Hora final	Concentración promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Límite permitido	Evaluación
21/01/2024 22/01/2024	24 horas	X;769036	Y;9885242	7:10 am	7:10 am	12.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cumple

Elaborado por: Jhomayra Jaya

Interpretación: La recolección de muestras en el punto tres comenzó a las 7:10 am del 21 de enero de 2024 y finalizó el siguiente día, el 22 de enero del mismo año, cubriendo así un período continuo de 24 horas, con una temperatura promedio de 14.4 °C. El material particulado PM₁₀, con una media aritmética de 12.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, indica la concentración del contaminante, la cual se encuentra dentro del límite máximo permitido según la normativa del AM 097-A, específicamente el anexo 4, sobre la calidad del aire.

RESULTADOS DE PM_{2,5}

Tabla 8

Punto 3 de monitoreo Resultados de PM_{2,5} (Embarque de pasajeros y Salida de buces)

Fechas	Tiempo	Coordenadas		Hora de inicio	Hora final	Concentración promedio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Límite permitido	Evaluación
22/01/2024 23/01/2024	24 horas	X;769036	Y;9885242	7:20 am	7:20 am	12.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cumple

Elaborado por: Jhomayra Jaya

Interpretación: En el punto final, el monitoreo comenzó a las 7:20 am del 22 de enero de 2024 y concluyó a las 6:50 am del 23 de enero del mismo año, cubriendo un período continuo

de 24 horas, con una temperatura promedio de 14.4 °C. La concentración de material particulado PM_{2,5}, se encuentra dentro de los límites permitidos según el anexo 4 del AM 097-A en cuanto a la calidad del aire.

Discusión del tercer punto monitoreado

Material Particulado PM₁₀ punto 3

Interpretación: En el punto tres, los valores presentados no exceden los límites establecidos por el anexo 4 del AM 097-A en relación con la normativa actual, hubo momentos específicos en los que se registraron niveles significativos de material particulado. En el Anexo 5, se detallan exhaustivamente los resultados obtenidos para cada hora.

Figura 7

Material Particulado PM₁₀ punto 3 de monitoreo (24 horas continuas)



Interpretación: Se evidencia un aumento en los niveles de contaminación por PM₁₀, alcanzando una concentración de 12.78 µg/m³, la cual se encuentra significativamente por debajo del límite máximo permitido de 100 µg/m³ según la normativa. Este incremento en la contaminación parece estar relacionado con la hora en que los empleados que trabajan y visitan salen del terminal.

Material Particulado PM_{2,5} punto 3

Figura 8

Material Particulado PM_{2,5} punto 3 de monitoreo (24 horas continuas)



Interpretación: Se pudo detectar un aumento en los niveles de contaminación debido a PM_{2,5}, llegando a una concentración de 14.08 µg/m³, lo cual está notablemente por debajo del límite máximo permitido de 50 µg/m³ según la normativa. Este aumento en la contaminación en ese momento parece estar relacionado con el horario de almuerzo de los empleados que trabajan en la zona.

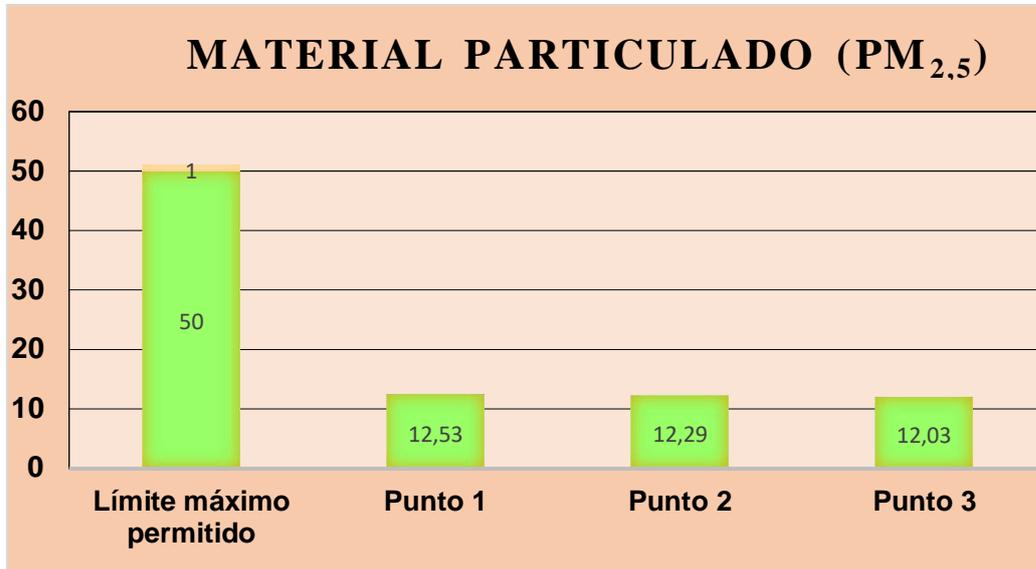
10.4 Comparación de resultados de PM₁₀ de los tres diferentes puntos.

Establece que el promedio aritmético de PM₁₀ no debe sobrepasar los 100 µg/m³ de concentración durante un período de 24 horas. Las concentraciones registradas en los tres puntos de muestreo dentro del área; en el terminal terrestre del cantón salcedo, en donde se pudo evidenciar en el primer punto 12.6 µg/m³, el segundo punto con un resultado 11.95 µg/m³ y en el último se obtuvo 12.54 µg/m³, indican que el contaminante no excede lo estipulado por la normativa ambiental, estando por debajo del límite establecido. No obstante, se observa que la concentración del contaminante es más alta en el punto uno.

Figura 9*Material Particulado PM₁₀ en los tres puntos de monitoreo*

10.5 Comparación de resultados de PM_{2.5} de los tres diferentes puntos.

Durante el monitoreo continuo de 24 horas, la concentración promedio de PM_{2.5} no debe exceder los 50 µg/m³, según lo establecido por la normativa. Por lo tanto, los datos obtenidos en los tres puntos del terminal terrestre del Cantón Salcedo, en el primer punto se pudo observar 12.53 µg/m³, el segundo punto se evidenció con 11.95 µg/m³ y en el punto final contemplo con 12,54 µg/m³, están por debajo del límite máximo permitido, lo que indica que cumplen con las regulaciones ambientales. Sin embargo, se nota que en el primer punto de monitoreo la concentración es más alta.

Figura 10*Material Particulado $PM_{2,5}$ en los tres puntos de monitoreo*

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE $PM_{2,5}$ Y PM_{10} DE LOS TRES DIFERENTES PUNTOS.

En el presente estudio los niveles de material particulado $PM_{2,5}$ y PM_{10} en los tres diferentes puntos establecido en el mes de enero, donde se monitoreó dos por cada punto. Los resultados muestran que los niveles variaron significativamente entre las zonas más congestionadas y las áreas menos transitadas, pero no excede los límites máximos permisibles.

Los Niveles de concentración de los materiales en el Terminal Terrestre de Riobamba, donde estuvieron los vehículos directamente dentro de los terminales, como interprovinciales intercantonales o calles cercanas, fueron elevados, así manifestaron Robinson Bravo, Jeyson Bravo, (2018). Esto se debe a que la terminal terrestre ofrece más destinos y más cooperación en transporte, y a que es una ciudad más grande con más usuarios y tráfico peatonal, lo que duplica mi área de estudio. Por otro lado, Quijano Alfonso, José Orozco, (2008) dio a conocer las causas por que los niveles pueden ser bajos como que no se encuentre cerca de fuentes complementarias como construcciones, presencia de polvo o industrias que genere material particulado, y concuerdo porque el Terminal Terrestre se encuentra en la principal parroquia del canto considerada como una zona urbana. Así mismo los investigadores Roberto E. Rojano, Luis C. Angulo y Gloria Restrepo, (2013) en el área urbana de la ciudad, esta influenciada por

emisiones desde el destapado, el pavimento deteriorado, materiales construcciones y el gran porcentaje del tráfico vehicula las cuales pueden ser las causantes del incremento del material partícula y que no coste con algún tipo de barrera que bloquee el contacto directo con el material particulado, el cual no es mi caso porque las instalaciones del Terminal Terrestre consta de unas buenas instalaciones y barreras vivas.

Estrategias de mitigación y control de contaminantes del material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}

Introducción

Las estrategias para reducir el impacto ambiental son el conjunto de intervenciones preventivas, reguladoras, mitigadoras y restauradoras de los efectos adversos al medio ambiente que deben acompañar el avance del proyecto, con el propósito de garantizar la preservación adecuada de los recursos naturales afectados y la salvaguardia del entorno.

La presencia de una cierta concentración de partículas suspendidas en el aire implica la existencia de contaminación. Las acciones preventivas se rigen como un recurso esencial cuyo propósito primordial radica en adoptar precauciones para poder responder de forma anticipada y coordinada ante posibles situaciones futuras en las que los niveles de contaminación ambiental por partículas PM_{2.5} y PM₁₀ puedan aumentar.

La intervención de organismos reguladores y la colaboración conjunta son esenciales para fortalecer y ejecutar medidas destinadas a prevenir, controlar y reducir la contaminación del aire, asegurando la preservación del entorno y la salud de la población, conforme lo estipulan las leyes nacionales.

Los niveles de PM_{2.5} y PM₁₀ detectados en el Terminal Terrestre del Cantón Salcedo se vincularon con los vehículos que transitaban dentro y en los alrededores del Terminal, evidenciando que las emisiones de los vehículos diésel son la principal fuente de partículas en el aire. Por esta razón, se implementan tácticas dirigidas a evitar y regular la dispersión de partículas en el Terminal, con el objetivo de salvaguardar la salud pública y preservar el medio ambiente.

Por ello, se exponen las siguientes acciones planteadas como medida de prevención según los resultados obtenidos del monitoreo por puntos en el Terminal Terrestre de Salcedo.

Justificación

Los resultados en las normativas vigentes se observan que los niveles de contaminación no exceden, pero, sin embargo, si se registraron concentraciones promedio de $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el primer punto, en el segundo punto se obtuvo un promedio de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y en el tercer punto se obtuvo $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que no diferencia mucho de los demás puntos monitoreados.

Para proponer estrategias se sintetiza las políticas ambientales que deben orientar el accionar del proyecto “Evaluación de la concentración de material particulado PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ en el terminal terrestre del cantón salcedo de la provincia de Cotopaxi”.

Aunque los resultados actuales no son motivo de alarma, nos impulsan a adoptar medidas preventivas para evitar exceder los límites máximos en el Terminal en el futuro. El principal riesgo sería el deterioro de la salud, especialmente del sistema respiratorio, que es especialmente vulnerable a estos efectos.

A través de la divulgación y difusión de estas iniciativas ambientales relacionadas con la calidad del aire, la comunidad adquirirá una comprensión clara sobre la generación de partículas y los impactos perjudiciales que tienen en el ecosistema y la salud pública. Asimismo, comprenderán la importancia de preservar la pureza del aire, fomentando actitudes de responsabilidad ambiental entre las personas que frecuenta el lugar para transportarse. Estas acciones también servirán como un mecanismo motivador para que las autoridades pertinentes aborden el tema de manera proactiva y apliquen medidas correctivas y preventivas de manera constante, con el objetivo de mantener los niveles de $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} por debajo de los límites establecidos por el AM 097-A en el Terminal Terrestre de Salcedo.

Por tanto, se busca proponer soluciones para evitar y reducir los efectos causados por las acciones humanas. Al implementar estas medidas, se espera lograr un impacto beneficioso que mejore la calidad de vida tanto de las personas que frecuentan y trabajan en el Terminal Terrestre.

Objetivo General

Proponer medidas preventivas y de control de $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} para evitar futuros excesos de contaminantes en el Terminal Terrestre.

Desarrollo:

Actividad	Responsable	Resultados esperados
Impartir conferencias sobre cuestiones ambientales dirigidas a conductores dueños de vehículos de transporte que opera en el terminal.	<ul style="list-style-type: none"> -GAD del Cantón Salcedo -Autoridades encargadas del Terminal Terrestre de Salcedo -Universidad Técnica de Cotopaxi. 	Abrir espacios para discutir, comprender e informar sobre la calidad del aire de la zona y los impactos a la salud.
Mantenimiento adecuado a los espacios verdes de terminal terrestre especialmente los setos vivos que protegen a que no aumente los niveles de contaminación con Material Particular.	<ul style="list-style-type: none"> -Las autoridades administrativas del Terminal Terrestre -GAD del cantón salcedo (Departamento de áreas verdes). 	Mejorar el mantenimiento de los setos vivos para la prevención de un aumento de material particulado para un entorno más limpio y saludable para los usuarios del terminal.
Mejor en la infraestructura con una inversión en tecnología y equipos que reduzcan las emisiones de partículas.	<ul style="list-style-type: none"> -Las autoridades administrativas del Terminal Terrestre -GAD del cantón salcedo (Departamento de Obras Publicas). 	Implementación de filtros de aire de alta eficiencia en equipos de manejo de carga y vehículos de transporte.
Educación y sensibilización con campañas de concientización entre empleados y usuarios del terminal sobre la importancia de reducir las emisiones de partículas y adoptar prácticas sostenibles.	<ul style="list-style-type: none"> -GAD del Cantón Salcedo -Autoridades encargadas del Terminal Terrestre de Salcedo -Universidad Técnica de Cotopaxi. 	Concientización de los usuarios y empleados sobre las emisiones de material particulado y sus afectaciones a la salud.

Implementar programas de inspección y mantenimiento vehicular para garantizar que los buses y automóviles estén en buen estado y cumplan con los estándares de emisión de gases.	-Las autoridades administrativas del Terminal Terrestre. -Empresa Pública de movilidad de manducidad de Salcedo.	El mejoramiento de los vehículos que frecuenta el terminal.
--	---	---

IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS

Impactos Sociales

El análisis realizado permitió identificar la presencia de partículas de tamaño $PM_{2,5}$ y PM_{10} en el Terminal Terrestre del cantón. Los resultados del monitoreo en tres puntos de muestreo mostraron una variedad de valores, aunque no excedieron los límites máximos permitidos por la normativa. Sin embargo, la exposición continua a estas partículas puede afectar la calidad de vida de los residentes y trabajadores del área. Estas partículas pueden causar problemas de visibilidad y enfermedades respiratorias, cardíacas o pulmonares, como infartos no mortales, ritmo cardíaco irregular, exacerbación del asma y disminución de la función pulmonar. Además, pueden tener efectos adversos en mujeres embarazadas, como reducción del tamaño fetal y disminución de la función pulmonar después del nacimiento.

Impactos Ambientales

Las partículas en suspensión tienen un impacto ambiental significativo, siendo el material particulado (PM) una combinación de partículas generadas por la combustión, como el hollín del diésel, el polvo de las carreteras o la agricultura, y procesos industriales. Estas partículas, transportadas por el viento, pueden afectar la calidad del agua, contribuyendo a los efectos de la lluvia ácida. Mediante el monitoreo del material particulado $PM_{2,5}$ y PM_{10} , es posible implementar medidas preventivas en el área de estudio para mantener las concentraciones por debajo de los límites máximos permitidos establecidos en la normativa vigente de Ecuador ($50 \mu/m^3$ para $PM_{2,5}$ y $100 \mu/m^3$ para PM_{10}).

Impactos Económicos

Las emisiones de material particulado en el Terminal son el resultado de la falta de mantenimiento de las unidades de transporte, ya que su mantenimiento implica un costo económico. Como consecuencia, los propietarios descuidan el buen funcionamiento de estas unidades. Detectar y solucionar estos problemas a tiempo podría contribuir a la reducción de los niveles de PM. Es importante considerar que la falta de atención en el mantenimiento durante un período prolongado resultará en costos de reparación más elevados cuando finalmente se aborden.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se localizaron tres puntos para llevar a cabo las mediciones de PM_{2,5} y PM₁₀ en el Terminal terrestre, el cual está situado en la zona meridional del cantón Salcedo y está equipado con una infraestructura completa para su funcionamiento. Dispone de áreas designadas para la salida, llegada y estacionamiento de los vehículos de transporte, con distintas plataformas según la ruta. Su horario de operación es de 5:00 am a 7:00 pm. Se encuentra en un área de alta actividad vehicular debido al considerable tráfico de la ciudad en las vías cercanas al terminal. Esta situación es el principal factor que contribuye significativamente a la emisión de material particulado en la atmósfera.

Los datos registrados de PM_{2,5} y PM₁₀ mediante el equipo E-BAM en los dos puntos fueron contrastados con el Acuerdo Ministerial 097-A, específicamente con el anexo 4 del Libro VI que trata sobre la normativa de calidad del aire ambiente o nivel de inmisión. En el primer punto se obtuvieron medias de concentración de 12.53 µg/m³ para PM₁₀ y en el segundo tuvo una presencia de 11.95µg/m³ para PM₁₀, mientras que en el punto tercero se analizó de 11,21 µg/m³ para PM₁₀ de concentración, por otro lado, el material particulado pm_{2.5} se obtuvo un valor promedio de 12 y se diferencia por las milésimas de diferencia. Estos valores medios en los tres sitios están por debajo de los límites establecidos, cumpliendo así con la normativa ambiental. Sin embargo, se observó un aumento en la concentración del contaminante en ciertas horas del día.

Aunque los resultados obtenidos no se nota mucha presencia del material particulado PM_{2,5} y PM₁₀, fue necesario proponer acciones las cuales prevengan el aumento del contaminante en el terminal terrestre de salcedo. Estas acciones se basan en tres áreas que incluyen la divulgación de los resultados, la capacitación de la población y la implementación de estrategias de control y prevención. El objetivo es mantener los niveles de concentración de PM_{2,5} y PM₁₀ por debajo de los límites establecidos con propuestas de mitigación.

RECOMENDACIONES

Antes de emprender el proyecto de investigación, es esencial realizar un reconocimiento detallado del área para evitar contratiempos. Esto implica considerar cuidadosamente aspectos como la accesibilidad y la seguridad para la instalación del equipo de monitoreo. Asimismo, ampliar la cantidad de mediciones y prolongar el período de muestreo contribuirá a obtener un análisis más completo. Además, la selección de más puntos de muestreo para abarcar toda el área del terminal permitirá obtener un registro más detallado de las fluctuaciones en la concentración de material particulado en el área. Esto facilitará la detección de posibles incrementos o disminuciones en las concentraciones de PM, y generará una base de datos robusta que pueda respaldar futuras investigaciones.

Una propuesta para contrarrestar la contaminación observada en el terminal terrestre de salcedo de manera breve, destacando acciones correctivas que puedan ayudar a reducir la emisión de material particulado en el aire.

Las autoridades deberían promover la concientización ambiental entre la población en general mediante campañas informativas y programas educativos sobre la importancia de preservar la calidad del aire a los usuarios que trabajan en el terminal. Esto ayudaría a prevenir daños al medio ambiente y reduciría los costos asociados a problemas de salud derivados de la contaminación atmosférica.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Quito.
- Adewale A., Udemba E., Iwuagwu Ch. (2023). Assessing the human development aspects of CO, PM2.5, PM10, NOX, and SO2 in the United States. *Heliyon*. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e18072
- Alley, E. R. (2001). *Manual de control de la calidad del aire*. Mexico.
- Aragon-Piña, A. (septiembre de 2011). Obtenido de ¿Cómo son las partículas atmosféricas antropogénicas y cuál es su relación con los diversos tipos de fuentes contaminantes?:
https://www.researchgate.net/publication/260178331_Como_son_las_particulas_atmosfericas_antropogenicas_y_cual_es_su_relacion_con_los_diversos_tipos_de_fuentes_contaminantes
- Arias, E. R. (1 de noviembre de 2020). *economipedia*. Obtenido de economipedia:
<https://economipedia.com/definiciones/investigacion-de-campo.html>
- Arteaga, G. (26 de octubre de 2020). *testsiteforme*. Obtenido de testsiteforme:
<https://www.testsiteforme.com/investigacion-bibliografica/>
- Asamblea Nacional Constituyente. (2019). **REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE**. Quito.
- Asamblea Nacional Constituyente. (2017). **CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE**. Quito.
- Asamblea Nacional Constituyente. (2018). **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**.
- Asamblea Nacional Constituyente de la República del Ecuador. (2018). *Código Orgánico Ambiental (COA)*. Quito. Ecuador.
- Asamblea Nacional Constituyente de la República del Ecuador. (2018). *Constitución de la República de Ecuador*. Quito-Ecuador.
- Barberán Cadena y Daniela Vanessa. (2017). **“DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN (PM10 Y PM2.5) POR**

MOVIMIENTO EÓLICO MEDIANTE SIMULACIÓN MATEMÁTICA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO DEL AÑO 2015". Obtenido de ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6678/1/236T0267.pdf>

Bodor Katalin, Szép R., Bodor Z. (2022). The human health risk assessment of particulate air pollution (PM_{2.5} and PM₁₀) in Romania. *Toxicology Reports*.

Boldo, E. (2016). *La contaminación del aire*.

Bracho, R. L., & Bravo, G. V. (2003). Las partículas suspendidas, aeropartículas o aerosoles: ¿hacen daño a la salud?; ¿podemos hacer algo?. *Gaceta Ecológica*, núm. 69, 29-44.

Cuellar, L. (2013). *Distribución espacial de fuentes fijas contaminantes y su impacto en salud, provincia La Habana (Cuba)*. . Obtenido de Higiene y Sanidad Ambiental.

Cuvi, A. R. (2019). *Contaminación del Aire y Justicia Ambiental en Quito*. Obtenido de Technological and Environmental Science:
https://www.researchgate.net/publication/335646723_Contaminacion_del_Aire_y_Justicia_Ambiental_en_Quito_Ecuador/citation/download

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*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de México, Mexico. Obtenido de
<http://hdl.handle.net/20.500.11799/49320>

Echeverri C. y Maya G. (2008). RELACIÓN ENTRE LAS PARTÍCULAS FINAS (PM_{2.5}) Y RESPIRABLES (PM₁₀) EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 7(12).

Escobar, L. G. (Agosto de 2019). *Repositorio UTC*. Obtenido de Repositorio UTC:
chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6075/6/PC-000728.pdf>

- Ferm M. y Sjoberg K. (2015). Concentrations and emission factors for PM_{2.5} and PM₁₀ from road traffic in Sweden. *Atmospheric Environment*.
doi:10.1016/j.atmosenv.2015.08.037
- Fraino, L. M. (17 de FEBRERO de 2015). *SCRIBD*. Obtenido de SCRIBD:
<https://es.scribd.com/document/256085238/INVESTIGACION-ANALITICA>
- Fundación Natural y Municipio de Quito. (2000). *Incremento de enfermedades respiratorias en escolares de Quito*. Quito: Fundación Natura.
- Galarza J., Alcazar J. (Mayo de 2018). *LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR FUENTES MÓVILES: CASO MILAGRO*. TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO, Universidad Estatal de Milagro. Facultad de Ciencias de ingeniería. Obtenido de <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3912>
- Gobierno de Canarias. (2022). *Los sistemas terrestres: La atmósfera*. Obtenido de https://www.google.com/search?q=atmosfera+pdf&rlz=1C1GCEJ_enVE1026VE1026&oq=&aqs=chrome.1.35i39i362l8.20101411j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#vhid=zephyrhttps://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/cmelrob/files/2022/11/tema-3-1-caracteristicas-de-la-
- González, M., Orozco, C., Pérez, A., Alfayate, J., & Rodríguez, F. (2002). *Contaminación ambiental. Una visión desde la química*. Paraninfo S.A. Obtenido de <https://www.paraninfo.es//catalogo/9788497321785/contaminacion-ambiental--unavision-desde-la-quimica>
- Gutiérrez Carlos . (Febrero de 2020). *Repositorio Institucional UTC*. Obtenido de Repositorio Institucional UTC: <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6778>
- INEC. (2010).
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2024). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: <https://www.inamhi.gob.ec/>
- Lara, C. A. (2018). *Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil en el barrio la esperanza, ciudad de Riobamba, por incidencia de*

aserraderos. Obtenido de Universidad Nacional de Chimborazo:

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4706/1/UNACH-EC-ING-AMBT-2018-0005.pdf>

LEY ORGANICA DE SALUD. (2006). quito.

McDonald, B. C.-T.-W.-V. (2018). *Volatile chemical products emerging as largest petrochemical source of urban organic emissions*. Obtenido de Science, 359(6377), 760-764. <https://doi.org/10.1126/science.aaq0524>.

Met One Instruments, I. (2008). **MANUAL OPERACION E-BAM**. En *MANUAL OPERACION E-BAM*. USA.: Met One Instruments, Inc..

Ministerio del Ambiente. (2010). *Plan Nacional de la calidad de aire*. Quito.

Muñoz, J. V. (2019). *Repositorio UTC*. Obtenido de Repositorio UTC: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6069/6/PC-000731.pdf>

Organización Panamericana de la Salud. (2023). *Reporte técnico Calidad del Aire*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>

Quijano A., Parra M., Quijano J. y Henao J. (2010). Caracterización fisicoquímica del material particulado fracción respirable PM2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia. *Revista Bistua Facultad de Ciencias Basicas Universidad de Pamplona Bogotá, Vol 8 (1)*.

Quijano Alfonso, Jose Orozco . (2008). Quijano Alfonso, Jose Orozco . *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, vol. 3, núm. 2, julio, 2005, pp. 1-11 Universidad de Pamplona Pamplona, Colombia, 12*.

Reporte técnico de la OMS. (2013). *Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution*. REVIHAAP Project. . Obtenido de www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/

Roberto E. Rojano, Luis C. Angulo y Gloria Restrepo. (2013). Niveles de Partículas Suspendidas Totales (PST), PM10 y PM2.5 y su Relación en Lugares Públicos de la Ciudad Riohacha, Caribe Colombiano. *SciELO*.

Robinson Bravo, Jeyson Bravo. (febrero de 2018). *DSpace ESPOCH*. Obtenido de DSpace ESPOCH.: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8940>

Solís L. y López J. (2003). *Principios Básicos de la contaminación Ambiental*. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, 2003.

Spiegel J. y Maystre. (2023). *Control y prevención de la contaminación ambiental*.

Torres, N. J. (2018). *Repositorio UTC*. Obtenido de Repositorio UTC: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6111/6/PC-000705.pdf

Villegas, F. (1995). *Evaluación y control de la contaminación*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: Unibiblos. doi:DOI:10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4591