



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE NO₂ Y SO₂ DEL TRÁFICO VEHICULAR MEDIANTE EL USO DE MUESTREADORES PASIVOS EN EL TERMINAL TERRESTRE DE BAÑOS DE AGUA SANTA

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: KAREN DANIELA JORDÁN RODRÍGUEZ

DIRECTORA: Ing. MARÍA RAFAELA VITERI UZCÁTEGUI MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Karen Daniela Jordán Rodríguez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, KAREN DANIELA JORDÁN RODRÍGUEZ, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 21 de noviembre de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Karen JR' with a stylized flourish above the 'R' and a small mark to the right.

Karen Daniela Jordán Rodríguez

C.I. 185071233-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE NO₂ Y SO₂ DEL TRÁFICO VEHICULAR MEDIANTE EL USO DE MUESTREADORES PASIVOS EN EL TERMINAL TERRESTRE DE BAÑOS DE AGUA SANTA**, realizado por la señorita: **KAREN DANIELA JORDÁN RODRÍGUEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Paulina Fernanda Bolaños Logroño, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-21
Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui, MSc. DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-11-21
Ing. María Soledad Núñez Moreno MSc. MIEMBRO DE TRIBUNAL		2022-11-21

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita bondad al darme salud y vida para alcanzar esta meta tan importante en mi vida, por ser siempre mi guía y protegerme ante toda adversidad, por brindarme la sabiduría necesaria para culminar con éxito esta carrera.

A mi esposo Luis, que siempre estuvo presente en todo momento, con su amor y motivación ha sido un soporte fundamental en el transcurso de toda mi carrera.

A mis padres Renato y Nancy que nunca me dejaron sola, siempre tuve su apoyo incondicional, llenándome de buenos consejos y amor, haciendo que todo sea más fácil, son mi fortaleza y una pieza fundamental para este logro.

A mis hermanos Esteban y Renato, por siempre estar pendiente de mí, acompañarme cuando necesitaba, brindarme su cariño, apoyo y ayuda.

Karen

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por permitirme cumplir este logro, por cuidarme durante todo este tiempo.

A mis padres de corazón que con su apoyo incondicional llegaron a ser un pilar fundamental para el logro de esta etapa de mi vida.

A mis padres y hermanos por siempre preocuparse por mí y ser mi apoyo en todo tiempo.

A la Ing. Rafaela Viteri, directora de tesis, por su apoyo incondicional y ayuda brindada en todo el proceso de realización del presente Trabajo de Titulación.

A mi familia en general por ser de una u otro forma parte de este logro.

Karen

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiiiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Objetivos.....	4
1.1.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.1.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.2. Bases teóricas.....	5
2.2.1. <i>Atmósfera</i>	5
2.2.1.1. <i>Composición de la atmósfera</i>	6
2.2.2. <i>Contaminación atmosférica</i>	6
2.2.2.1. <i>Tipos de contaminantes atmosféricos</i>	7
2.2.2.2. <i>Fuentes de emisiones atmosféricas</i>	8
2.2.3. <i>Óxidos de azufre</i>	9
2.2.3.1. <i>Dióxido de azufre</i>	9
2.2.4. <i>Óxidos de nitrógeno</i>	10
2.2.4.1. <i>Dióxido de nitrógeno</i>	10
2.2.5. <i>Muestreo atmosférico</i>	11
2.2.5.1. <i>Tipos de Muestreo</i>	11

2.2.5.2.	<i>Técnicas de muestreo</i>	12
----------	-----------------------------	----

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	15
3.1.	Localización	15
3.2.	Tipo de investigación	15
3.3.	Diseño de la investigación	16
3.4.	Población de estudio	16
3.4.1.	<i>Período de muestreo</i>	16
3.4.2.	<i>Tamaño y selección de muestra</i>	16
3.5.	Técnica de recolección de datos	16
3.6.	Materiales y equipos	17
3.6.1.	<i>Laboratorio</i>	17
3.6.2.	<i>Campo</i>	17
3.7.	Monitoreo	17
3.7.1.	<i>Georreferenciación de los puntos de monitoreo</i>	17
3.8.	Preparación de muestreadores pasivos	19
3.8.1.	<i>Muestreadores para dióxido de nitrógeno (NO₂)</i>	19
3.8.1.1.	<i>Reactivos</i>	19
3.8.1.2.	<i>Solución captadora</i>	19
3.8.2.	<i>Muestreadores para dióxido de azufre (SO₂)</i>	20
3.8.2.1.	<i>Reactivos</i>	20
3.8.2.2.	<i>Solución captadora</i>	21
3.8.2.3.	<i>Solución sobre saturada de cloruro de bario</i>	21
3.9.	Exposición y recolección de muestreadores pasivos	21
3.10.	Análisis de muestreadores	21
3.10.1.	<i>Análisis de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)</i>	21
3.10.1.1.	<i>Método colorimétrico</i>	21
3.10.1.2.	<i>Análisis espectrofotométrico</i>	22
3.10.1.3.	<i>Cálculo de concentración de NO₂ (ug/m³)</i>	22
3.10.2.	<i>Análisis de Dióxido de Azufre (SO₂)</i>	24
3.10.2.1.	<i>Método colorimétrico</i>	24
3.10.2.2.	<i>Análisis espectrofotométrico</i>	24
3.10.2.3.	<i>Cálculo de concentración de SO₂ (ug/m³)</i>	24
3.10.3.	<i>Corrección de la concentración ambiental de acuerdo con las condiciones locales</i>	26

3.11.	Conteo Vehicular.....	26
3.12.	Simulación Software PTV Vissim.....	27
3.13.	Mapa en Enviver Enterprise.....	28
3.14.	Mapa de dispersión en ArcGIS.....	28
3.15.	Aplicación de encuestas.....	28
3.15.1.	<i>Tamaño de muestra</i>	28
3.15.1.1.	<i>Cálculo del tamaño de muestra</i>	29
3.16.	Análisis estadístico.....	29

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1.	Concentración ambiental corregida según las condiciones de la zona de estudio	30
4.2.	Variación de los valores de concentración durante monitoreo	32
4.2.1.	<i>Dióxido de Nitrógeno</i>	32
4.2.1.1.	<i>Análisis semanal de las emisiones de NO₂</i>	35
4.2.2.	<i>Dióxido de Azufre</i>	38
4.2.2.1.	<i>Análisis semanal de SO₂</i>	40
4.3.	Simulación vehicular PTV Vissim	43
4.4	Análisis de las concentraciones de NO₂ y SO₂ empleando software ArcGIS y Enviver Enterprise	45
4.4.1.	<i>Dispersión NO₂</i>	46
4.4.1.1.	<i>Generación de mapa en ArcGIS</i>	46
4.4.1.2.	<i>Generación de mapa en Enviver Enterprise</i>	46
4.4.1.3.	<i>Comparación de mapas en el análisis de NO₂</i>	47
4.4.2.	<i>Dispersión SO₂</i>	48
4.4.2.1.	<i>Generación de mapa en ArcGIS</i>	48
4.5.	Resultados de la encuesta	49
4.6.	Análisis estadístico	52
4.6.1.	<i>Prueba de Kolmogórov-Smirnov</i>	52
4.6.2.	<i>Análisis de varianza ANOVA de un factor</i>	53
	CONCLUSIONES	56
	RECOMENDACIONES	57
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Gases de la atmósfera	6
Tabla 2-2: Contaminantes atmosféricos	7
Tabla 1-3: Puntos de muestreo en la zona de estudio	18
Tabla 1-3: Absorbancia y concentración de nitritos en el tubo	22
Tabla 2-3: Absorbancia y concentración de sulfatos	24
Tabla 3-3: Datos meteorológicos de Baños de Agua Santa.....	26
Tabla 4-3: Población de estudio	28
Tabla 1-4: Concentración corregida semanal de NO ₂ (ug/m ³)	30
Tabla 2-4: Concentración corregida semanal de SO ₂ (ug/m ³).....	31
Tabla 3-4: Conteo vehicular realizado en el estudio.....	44
Tabla 4-4: Prueba de Kolmogórov-Smirnov para NO ₂	52
Tabla 5-4: Prueba de Kolmogórov-Smirnov para SO ₂	53
Tabla 6-4: Resumen para NO ₂	54
Tabla 7-4: ANOVA de varianza de un factor para NO ₂	54
Tabla 8-4: Resumen para SO ₂	54
Tabla 9-4: ANOVA de varianza de un factor para SO ₂	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-3.	Ubicación Terminal Terrestre de Baños de Agua Santa.....	15
Ilustración 2-3.	Puntos de muestro en la zona de estudio	19
Ilustración 3-3.	Puntos de conteo en la zona de estudio	27
Ilustración 1-4.	Simulación vehicular software PTV Vissim.....	45
Ilustración 2-4.	Mapa de dispersión para NO ₂	46
Ilustración 3-4.	Mapa de dispersión para NO _x en el software Enviver Enterprise.....	47
Ilustración 4-4.	Comparación de mapa de dispersión para NO ₂	47
Ilustración 5-4.	Mapa de dispersión para SO ₂	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Curva de calibración utilizada para NO ₂	23
Gráfico 2-3:	Curva de calibración utilizada para SO ₂	25
Gráfico 1-4:	Concentración máxima en cada punto (NO ₂ y SO ₂)	32
Gráfico 2-4:	Concentración promedio semanal en cada punto de NO ₂	33
Gráfico 3-4:	Concentración máxima, mínima y promedio en cada punto de NO ₂ (μg/m ³)	34
Gráfico 4-4:	Concentración de cada punto de NO ₂ (μg/m ³), semana 1	35
Gráfico 5-4:	Concentración de cada punto de NO ₂ (μg/m ³), semana 2.....	35
Gráfico 6-4:	Concentración de cada punto de NO ₂ (μg/m ³), semana 3	36
Gráfico 7-4:	Concentración de cada punto de NO ₂ (μg/m ³), semana 4.....	37
Gráfico 8-4:	Concentración de cada punto de NO ₂ (μg/m ³), semana 5.....	37
Gráfico 9-4:	Concentración de cada punto de NO ₂ (μg/m ³), semana 6.....	38
Gráfico 10-4:	Concentración promedio semanal en cada punto de SO ₂	39
Gráfico 11-4:	Concentración máxima, mínima y promedio en cada punto de SO ₂ (μg/m ³)	.40
Gráfico 12-4:	Concentración de cada punto de SO ₂ (μg/m ³), semana 1	40
Gráfico 13-4:	Concentración de cada punto de SO ₂ (μg/m ³), semana 2.....	41
Gráfico 14-4:	Concentración de cada punto de SO ₂ (μg/m ³), semana 3	41
Gráfico 15-4:	Concentración de cada punto de SO ₂ (μg/m ³), semana 4	42
Gráfico 16-4:	Concentración de cada punto de SO ₂ (μg/m ³), semana 5	42
Gráfico 17-4:	Concentración de cada punto de SO ₂ (μg/m ³), semana 6	43
Gráfico 18-4:	Resultados pregunta 1	49
Gráfico 19-4:	Resultados pregunta 2.....	49
Gráfico 20-4:	Resultados pregunta 3.....	50
Gráfico 21-4:	Resultados pregunta 4	50
Gráfico 22-4:	Resultados pregunta 5	51
Gráfico 23-4:	Resultados pregunta 6.....	51

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
°K	Grados Kelvin
Abs	Absorbancia (nm)
C	Concentración en el ambiente (ug/m ³)
Cc	Concentración corregida
Co	Concentración observada
CO₂	Dióxido de carbono
D₁₂	Coefficiente de difusión molecular de NO ₂ y SO ₂ en el aire (m ² /s)
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
g	Gramo
L	Litro
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
min	Minuto
mL	Mililitro
mm Hg	Milímetro de mercurio
NO	Monóxido de Nitrógeno
NO₂	Dióxido de Nitrógeno
NOX	Óxidos de Nitrógeno
OMS	Organización Mundial de Salud
SO₂	Dióxido de Azufre
µg	Microgramo

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 1-3.	.....	23
Ec. 2-3.	.....	23
Ec. 3-3.	.....	23
Ec. 4-3.	.....	25
Ec. 6-3.	.....	25
Ec. 7-3.	.....	26
Ec. 8-3.	.....	29

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: GEOREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

ANEXO B: COLOCACIÓN DE MUESTREADORES

ANEXO C: ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

ANEXO D: RESULTADOS OBTENIDOS EN ENVIVER ENTERPRISE

ANEXO E: FORMATO DE ENCUESTA

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar las emisiones atmosféricas de dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) en el Terminal Terrestre de Baños de Agua Santa, mediante muestreo pasivo por un periodo de seis semanas, las muestras se colectaron en tubos ubicados a 3m de altura en 21 puntos dentro de un radio de 250m, los puntos fueron seleccionados a criterio técnico y de forma aleatoria. Las muestras fueron analizadas mediante espectrofotometría UV-Visible en el laboratorio de Investigación de la facultad de Ciencias. Después de la aplicación de fórmulas estandarizadas se obtuvo datos de concentración de NO₂ y SO₂ de la zona de estudio. El flujo vehicular se simuló en el software PTV Vissim utilizando los datos de conteo de vehículos obtenidos en 6 puntos del área. Se utilizaron los softwares ArcGIS y Enviver Enterprise para crear mapas que ilustran las áreas con los niveles de contaminación. Finalmente, se realizaron encuestas a los transeúntes en el sitio de estudio para conocer la incidencia de la calidad del aire en su vida diaria. Los resultados obtenidos mostraron que el punto 11 tuvo el mayor valor de concentración con 10,44 ug/m³ para NO₂ y para SO₂ fue el punto 13 con un valor de 13 ug/m³, por lo tanto se determinó que las emisiones de estos contaminantes no superan los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 con un valor de 200 ug/m³ por hora para NO₂ y 125 ug/m³ por día para SO₂, los resultados de la simulación vehicular y de las encuestas aplicadas confirmaron que la calidad del aire en el área de estudio es relativamente buena. Se recomienda realizar el monitoreo durante un período más largo para corroborar los datos sobre las concentraciones.

Palabras clave: <CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS>, <MUESTREO PASIVO>, <DIÓXIDO DE AZUFRE>, <DIÓXIDO DE NITRÓGENO>, <DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA>, <FLUJO VEHICULAR>, <CALIDAD DEL AIRE>.

The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular official stamp. The stamp contains the text 'UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CHUQUISACA' and 'GOBIERNO DEPARTAMENTAL' around a central emblem.

2255-DBRA-UTP-2022

SUMMARY

The objective of this investigation was to evaluate the atmospheric emissions of nitrogen dioxide (NO₂) and sulfur dioxide (SO₂) in the Baños de Agua Santa bus terminal through passive sampling for six weeks; the samples were collected in tubes located at the height of 3m at 21 points within a 250m radius, the points were selected at random and based on technical criteria. The samples were analyzed by UV-Visible spectrophotometry in the Faculty of Sciences Research laboratory. After applying standardized formulas, NO₂ and SO₂ concentration data were obtained from the study area. The vehicle flow was simulated in the PTV Vissim software using the vehicle count data obtained at 6 points in the area. ArcGIS and Enviver Enterprise software created maps illustrating areas with contamination levels. Finally, surveys were carried out on passers-by at the study site to determine the incidence of air quality in their daily lives. The results showed that point 11 had the highest concentration value, with 10.44 ug/m³ for NO₂ and SO₂; it was point 13, with a value of 13 ug/m³. Therefore, it was determined that the emissions of these pollutants do not exceed the permissible limits established in Ministerial Agreement 097A Book VI Annex 4 with a value of 200 ug/m³ per hour for NO₂ and 125 ug/m³ per day for SO₂. The results of the vehicle simulation and the applied surveys confirmed that their quality in the study area is relatively good. Therefore, monitoring over a more extended period is recommended to corroborate data on concentrations.

Keywords: <AIR POLLUTANTS>, <PASSIVE SAMPLING>, <SULFUR DIOXIDE>, <NITROGEN DIOXIDE>, <ATMOSPHERIC DISPERSION>, <VEHICULAR FLOW>, <AIR QUALITY>.



Ing. Paul Obregón.

Mgs 0601927122

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un problema en gran parte del mundo porque altera el comportamiento de los ecosistemas y afecta la salud. Cuando ciertas sustancias alcanzan altas concentraciones en la atmósfera, pueden causar daños a los organismos vivos, cambios en la temperatura y el clima, o dificultades para disfrutar de la vida, los bienes u otros.

El crecimiento de la población y las necesidades de transporte provocan un aumento del número de vehículos, lo que provoca un aumento del consumo de combustibles fósiles y por tanto un aumento de la cantidad de diversos contaminantes: gases tóxicos y material particulado.

La contaminación del aire es uno de los aspectos menos estudiados a pesar del aumento en el campo de los vehículos, debido a los altos costos que implica realizar dichos estudios, no se han implementado las medidas pertinentes o los controles necesarios. Se debe tener en cuenta que el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre pueden afectar directamente a las personas con exposición frecuente, lo que aumenta la posibilidad de desarrollar problemas respiratorios que pueden conducir a condiciones de salud graves (Puerto Martín y García Rodríguez, 1986; citado en Túqueres, p.1).

La falta de datos que permitan una correcta evaluación de las emisiones de este tipo de contaminante impide a los ciudadanos tomar precauciones en relación con este contaminante.

La realización de este trabajo pretende demostrar el interés por garantizar la calidad del aire y mejorar el medio ambiente en el sector, aportando datos reales sobre las concentraciones de los contaminantes atmosféricos (NO_2 y SO_2).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

Identificación del problema

En la actualidad la contaminación del aire representa una grave amenaza ambiental para la salud. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación del aire es causante de 300.000 muertes en el continente americano cada año, y nueve de cada diez personas actualmente respiran aire contaminado. Los principales contaminantes atmosféricos asociados con la salud humana y el medio ambiente son el dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), partículas gruesas (PM_{10}) y finas ($\text{PM}_{2,5}$) (CEPAL, 2020, p.1).

El deterioro de la calidad del aire en las ciudades se refleja principalmente en la presencia de vehículos automotores, ya que producen más del 50% de los hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre. El tránsito vehicular genera la producción de una gran cantidad de contaminantes a la atmósfera, estas emisiones son la principal causa de la contaminación del aire a nivel nacional, ya que todos los vehículos del país utilizan combustibles fósiles, producen contaminantes del mismo tipo, pero en diferente proporción dependiendo el combustible y las condiciones de combustión (Miranda, 2017, p. 1).

El Terminal Terrestre Interprovincial “Prof. Jorge Viteri Guevara” de Baños de Agua Santa es el nexo esencial del país, ya que conecta la región sierra centro con el oriente ecuatoriano. Además, un gran número de turistas nacionales y extranjeros consideran a la ciudad de Baños un destino casi obligatorio lo que ha contribuido a que exista congestión vehicular en el área del terminal, lo que ha generado importantes cuellos de botella tanto al ingreso como a la salida de la ciudad, razón por la cual lo convierte en el lugar ideal para realizar un estudio de calidad del aire, también es importante recordar que la ciudad no cuenta con un monitoreo continuo y específico de contaminantes del aire, el escaso monitoreo y control de estos contaminantes puede llegar a provocar un aumento en su concentración, facilitando enfermedades respiratorias, y contribuyendo al deterioro de la calidad del aire en la ciudad.

Justificación

La evaluación de la propagación de contaminantes del aire en áreas específicas es actualmente un tema de interés debido a la gran cantidad de actividades y procesos industriales en constante evolución. Al evaluar la dispersión de los contaminantes atmosféricos, es posible estimar su presencia y concentraciones en el medio ambiente, y si los contaminantes se encuentran dentro o

fuera de los límites máximos permisibles (De La Cruz- Monte De Oca et al., 2011, pp. 38-39). Los efectos de la asimilación de óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre pueden ser numerosos, por lo que es importante estudiarlos, de modo que la autoridad competente pueda utilizar la información generada para tomar medidas para reducir y controlar la emisión de estos gases al medio ambiente.

El desarrollo del presente estudio beneficia el cuidado del ambiente y la salud de las personas del área de interés, al recopilar información relevante sobre la concentración y dispersión de los contaminantes atmosféricos NO_2 y SO_2 , mediante el muestreo pasivo multitemporal en puntos claves del terminal terrestre de la ciudad de Baños de agua santas aprovechando el flujo natural del aire.

El estudio de la calidad del aire es un recurso importante para el desarrollo de la gestión ambiental y los datos resultantes se utilizan en diversas actividades, como el diseño, implementación y evaluación de diversas medidas de control de las fuentes de contaminación y proyectos de mejora de la calidad del aire (Ruiz, 2018, pp. 1-2).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Evaluar las emisiones atmosféricas de NO₂ y SO₂ mediante el uso de muestreadores pasivos en el Terminal Terrestre de Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Analizar la concentración de NO₂ y SO₂ producto de las emisiones del tráfico en el sector del Terminal Terrestre empleando muestreadores pasivos.
- Diagnosticar la incidencia del sector del Terminal en la dispersión de los contaminantes.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la investigación

En 2008, la Universidad Nacional de Colombia firmó un convenio con el área metropolitana del Valle de Aburrá para realizar un censo con muestreadores pasivos para identificar áreas clave y analizar las concentraciones de nitrógeno, ozono y compuestos orgánicos volátiles, las concentraciones de dióxido de azufre y nitrógeno en 12 estaciones excedieron los valores guía de la OMS (Zapata et al., 2008: p. 1).

El artículo científico titulado "Determinación de dióxido de nitrógeno utilizando muestreadores pasivos en dos ciudades del área metropolitana de Costa Rica, 2004-2013" evalúa el desempeño de muestreadores pasivos para la determinación de dióxido de nitrógeno en 25 puntos de cada estado en San José y Belén, por la gran afluencia de vehículos resulta que la concentración es mayor a la concentración de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, recomendada por la OMS (Herrera et al., 2014: p. 3).

En Ecuador se han realizado varios estudios sobre la presencia de contaminantes atmosféricos, como el estudio de Laura Cocha en el año 2009 titulado "Análisis de las concentraciones de los contaminantes NO_2 , SO_2 y BTX mediante sensores pasivos", este tuvo como objetivo dar a conocer los niveles de contaminación del aire en seis puntos estratégicos de la ciudad de Riobamba, utilizando métodos experimentales y técnicas pasivas de monitoreo de la calidad del aire para el muestreo de febrero de 2008 a abril de 2009, los resultados no excedieron los límites permisibles de las normas ecuatorianas o de la Organización Mundial de la Salud (Cocha, 2009, p. 108).

Otro estudio por destacar es el trabajo de Cueva (2017, p.10), donde estudió los contaminantes NO_2 y SO_2 con muestreadores pasivos en la zona industrial de la vía a la costa en Guayaquil. Los resultados obtenidos mostraron que los valores de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se estuvieron dentro del rango permisible especificado por la norma ecuatoriana.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Atmósfera*

La atmósfera terrestre es una capa gaseosa compuesta principalmente de nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2) con pequeñas cantidades de otros gases como vapor de agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2). La delgada capa azul cerca del horizonte representa la parte más densa de la atmósfera. Aunque nuestra atmósfera tiene cientos de kilómetros de espesor, alrededor del 99% de su masa

gaseosa se encuentra dentro de los primeros 30 kilómetros de la superficie de la Tierra (Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, 2017, p. 3).

2.2.1.1. Composición de la atmósfera

La estructura química de la atmósfera varía ampliamente, dependiendo de qué tan cerca esté de la superficie de la Tierra. Por lo tanto, el área comprendida dentro de los primeros 50 km sobre el nivel del mar es el área más estudiada porque es un área donde tienen lugar una gran cantidad de procesos naturales y el impacto de la actividad humana es grande (Ruiz, 2018, p. 10).

Tabla 1-2: Gases de la atmósfera

Tipo de Gas	Fórmula química	Porcentaje (por volumen)
Gases permanentes		
Nitrógeno	N ₂	78,08
Oxígeno	O ₂	20,95
Argón	Ar	0,93
Neón	Ne	0,0018
Helio	He	0,0005
Hidrógeno	H ₂	0,00006
Xenón	Xe	0,000009
Gases variables		
Vapor de agua	H ₂ O	0 a 4
Dióxido de carbono	CO ₂	0,036
Metano	CH ₄	0,00017
Óxido nitroso	N ₂ O	0,00003
Ozono	O ₃	0,000004
Partículas (polvo, etc.)		0,000001
Clorofluorocarbonos (CFC)		0,00000002

Fuente: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, 2017.

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

2.2.2. Contaminación atmosférica

ASTM International define la contaminación del aire como la ocurrencia de factores indeseables en la estructura natural de la atmósfera que, en ciertas concentraciones, pueden afectar significativamente la salud humana o sus bienes (Contreras, y Molero, 2009; citado en Ruiz, 2018, p.11).

Los ejemplos de contaminación atmosférica son muchos, siendo el más evidente el caso de Londres en 1994, donde se observó por primera vez el smog fotoquímico o aumento de la concentración de ozono, debido a la interacción y presencia de reacciones químicas entre compuestos orgánicos, óxidos de nitrógeno y luz del sol (Martínez y Díaz de Mera, 2004, pp.13-39).

Esta contaminación en particular se debe básicamente a la creciente contaminación de la atmósfera por las actividades humanas a lo largo del tiempo, provocando cambios en sus procesos químicos y provocando graves problemas ambientales como la lluvia ácida, el efecto invernadero y el agotamiento de la capa de ozono (Martínez y Díaz de Mera, 2004, pp.13-39).

2.2.2.1. Tipos de contaminantes atmosféricos

a) En función a su origen

- *Natural*: Derivados de erupciones volcánicas, tormentas de arena, desastres o incendios forestales. Son causados por la factores terrestres, biológicos o geodinámicos (López, 2015, p.4).
- *Antropogénica*: Esta fuente artificial proviene del tráfico vehicular, industrias (centrales térmicas, cementeras, papeleras, químicas y siderometalúrgicas) y de las calefacciones domésticas (López, 2015, p.4).

b) En función a su proceso de formación

- *Contaminantes primarios*: Estos son liberados directamente a la atmósfera desde diversas fuentes de emisión como chimeneas, vehículos, etc (Contreras et al., 2013, pp. 8-9).
- *Contaminantes secundarios*: Son contaminantes formados por el cambio y reacción química de los principales contaminantes atmosféricos (Contreras et al., 2013, pp. 8-9).

Tabla 2-2: Contaminantes atmosféricos

Contaminantes primarios	Contaminantes secundarios
Óxidos de azufre	Ozono
Monóxido de carbono	Lluvia ácida
Óxidos de nitrógeno	Contaminación fotoquímica
Partículas	
Hidrocarburos	

Fuente: Contreras et al., 2013.

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

c) De acuerdo con su estructura

- *Material particulado:* El material particulado es material sólido o líquido en forma de partículas, excluyendo el agua libre presente en la atmósfera. PM_{2,5} se define como polvo fino cuyo diámetro aerodinámico es inferior a 2,5 micras. PM₁₀ se define como material particulado con un diámetro aerodinámico de menos de 10 micrones (Moscoso,2019, p.13).
- *Gases:* Alatorre y Llanos (2014; citado en Cueva, 2017, p.11) plantean que son aquellos que representan una amplia gama de sustancias en forma de gases de diferentes tipos con diferentes comportamientos químicos y dinámicas, que se pueden clasificar de la siguiente manera:
 - ✓ Compuestos orgánicos
 - ✓ Compuestos del azufre
 - ✓ Compuestos del nitrógeno
 - ✓ Compuestos del carbono
 - ✓ Compuestos de los halógenos

2.2.2.2. Fuentes de emisiones atmosféricas

Viteri (2013, pp. 24-25) señala que el estudio del IPCC de 2007 desglosa las emisiones de gases por tipo de actividad o fuente, así:

- **Suministro de energía:** La quema de carbón, gas natural y petróleo para generar electricidad son las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero.
- **Industria:** Este sector incluye principalmente la quema de combustibles para energía propia, además de las emisiones de sectores como metalurgia, química y minería.
- **Uso del suelo y silvicultura:** En este sector se producen principalmente emisiones de CO₂ originadas por emisiones de deforestación, invasión de la frontera agrícola e incendios
- **Agricultura:** Las emisiones de esta actividad provienen principalmente del cultivo de tierras agrícolas, la ganadería, la producción de arroz y la quema de biomasa.
- **Transporte:** Las emisiones de este sector provienen de la quema de combustibles fósiles para todo tipo de transporte, aéreo, marítimo y terrestre, utilizando combustibles como gasolina y diésel.
- **Edificios residenciales y comerciales:** Las emisiones de este sector provienen de la energía generada in situ y de la quema de combustible para calentar o cocinar.
- **Residuos y aguas residuales:** La mayor cantidad de emisiones en este sector está dada por el metano (CH₄), en los vertederos y en las aguas residuales.

a) Fuentes fijas

Es aquella instalación o conjunto de instalaciones cuyo objeto es desarrollar establecimientos o procesos industriales, comerciales o de servicios que, mediante procesos de combustión, emiten o emiten contaminantes al aire desde un lugar fijo e inamovible, comúnmente denominados chimeneas (Tenemaza, 2015, p.9).

b) Fuentes fugitivas

La suma de las emisiones de descargas accidentales, fugas de equipos, pérdidas de relleno, quema, fugas de oleoductos/gasoductos, pérdidas de almacenamiento, venteo y otras emisiones directas, excluyendo las resultantes de los combustibles (Manual sobre el sector de la energía, 2015, p.41).

c) Fuentes móviles

Las fuentes móviles son aquellas que pueden moverse de forma autónoma y emitir contaminantes a su paso. En las zonas urbanas, se considera como fuente móvil el parque automotor, compuesto por automóviles, trenes, camiones, autobuses, aviones y otros (Calla y Luján, 2017: p.325).

2.2.3. Óxidos de azufre

Los óxidos de azufre pueden permanecer en la atmósfera durante días o algunas semanas, sin embargo, sus efectos pueden ser dañinos y, junto con el óxido nítrico provocan la lluvia ácida que afecta la superficie terrestre (Quevedo, y Calderón, 2018: p.473).

2.2.3.1. Dióxido de azufre

Es un gas incoloro, no inflamable y no con sabor gustativo en concentraciones de 260 a 860 $\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$.

Se forma por la oxidación del azufre presente en los combustibles fósiles (EMOV, 2017, p. 19).

El dióxido de azufre permanece en la atmósfera de 6 a 13 días y, en comparación con los óxidos de nitrógeno, es más probable que viaje largas distancias desde su origen por la acción del aire (Quevedo, y Calderón, 2018, p. 473).

El SO₂ se produce en industrias relacionadas con la fusión de metales, erupciones volcánicas e indirectamente a través de procesos de biodegradación. Es un gas que se emite a la atmósfera

nocivo para la salud humana, afectando directamente el sistema respiratorio y la vegetación (Quevedo, y Calderón, 2018: p. 473).

Efectos sobre la salud y medio ambiente

El SO₂ provoca alteraciones en el sistema respiratorio y la función pulmonar, caracterizadas por tos, secreción de moco, lo que puede provocar un agravamiento del asma y la bronquitis crónica. Cuanto mayor sea la concentración de dióxido de azufre, mayor será la susceptibilidad a infecciones cardíacas. El efecto se exagera cuando el dióxido de azufre se combina con partículas o con la humedad atmosférica, ya que provoca la lluvia ácida la cual que daña los ecosistemas, la vida silvestre, clorosis, blanqueamiento o amarillamiento de las partes verdes de las hojas y acidificación de las aguas superficiales (Organización Mundial de la Salud, 2021, p.1).

Análisis de dióxido de azufre

Según la investigación de Cueva (2017, pp. 14-17) existen varios métodos analíticos que pueden utilizar para determinar la presencia de SO₂ en aire, entre ellos:

- Colorimetría química húmeda de pararosanilina que involucra análisis espectrofotométrico (fluorescencia pulsada).
- Método de carbonato de sodio en el que el SO₂ se absorbe químicamente a través de un filtro que contiene carbonato de potasio y glicerol donde se oxida a iones de sulfato y sulfito para su posterior análisis por cromatografía iónica.
- Un método de absorción que consiste en una mezcla de trietanolamina/glicol, en la que el SO₂ se absorbe químicamente en trietanolamina como iones sulfito y sulfato, requiere cromatografía iónica.

2.2.4. Óxidos de nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno son contaminantes que se emiten directamente a la atmósfera en forma de NO, que puede convertirse en NO₂ y otros derivados. Se liberan de fuentes naturales o artificiales en procesos industriales, y cuando las emisiones se liberan a la atmósfera, gran parte del NO_x se convierte en NO₂ (Sánchez et al., 2011, pp. 66-71).

2.2.4.1. Dióxido de nitrógeno

Gas de color marrón rojizo que causa irritación y es tóxico en altas concentraciones. Se considera un contaminante primario y secundario ya que se genera directamente de una fuente como los

vehículos o se encuentra en la atmósfera a partir de la oxidación del óxido nítrico el cual reacciona rápidamente con el oxígeno y el ozono, por lo que se encuentra en fuentes de nitroso (Ruiz, 2018, p. 13).

Efectos sobre la salud y medio ambiente

Según estudios realizados en América del Norte y Europa, la exposición al dióxido de nitrógeno puede provocar una disminución de la función pulmonar y afectar significativamente los síntomas de bronquitis en niños diagnosticados con asma (Organización Mundial de la Salud, 2021).

El dióxido de nitrógeno es responsable de la degradación de la vegetación porque, debido a su alta solubilidad en agua, penetra en el suelo y es absorbido por las plantas, atacando las hojas maduras. Junto con otros gases contaminantes, dañan las paredes exteriores de las casas y atacan la pintura de los vehículos (Miranda, 2017, p. 10).

Análisis de dióxido de nitrógeno

Cueva (2017, pp. 14-17) propuso los siguientes métodos analíticos que se pueden utilizar para determinar la presencia de dióxido de nitrógeno:

- Método de quimioluminiscencia en fase acuosa.
- El método de captura consiste en impregnar el filtro con trietanolamina, yoduro de sodio e hidróxido de sodio, donde se quimisorbe como nitrito, se extrae con agua desionizada y se analiza por cromatografía iónica.

2.2.5. Muestreo atmosférico

Se define como cualquier método diseñado para detectar, analizar y procesar continuamente las concentraciones de sustancias o contaminantes presentes en el aire en un lugar específico y durante un tiempo específico (Ideam, 2016, p.7).

2.2.5.1. Tipos de Muestreo

Dependiendo de cómo se tome la muestra, se pueden distinguir los siguientes tipos de muestreo:

- **Muestreo a caudal constante**

Es aquel que establece y mantiene un cierto caudal de muestreo durante todo el proceso de muestreo. La elección del caudal depende del contaminante a muestrear, el tipo de emisión, el

número de elementos retenidos, la concentración esperada del contaminante y el tiempo de muestreo. Se utilizan comúnmente para el muestreo de gases y emisiones constantes (Crespo, 2008, p.7).

- **Muestreo proporcional**

Es una forma de ajustar el caudal de muestra para que sea proporcional al caudal de gas emitido por la chimenea. Para determinar el caudal de muestreo, además de muestrear a caudal constante, también se debe considerar el caudal de descarga. Se utilizan para muestreo de gases y emisiones no constantes (Crespo, 2008, p.7).

- **Muestreo puntual.**

En este caso, se toma una sola muestra en un corto período de tiempo. Los estudios representativos requieren muestras múltiples y frecuentes. La ventaja de este método es que proporciona cambios de concentración a lo largo del tiempo o a lo largo de un conducto o chimenea (Crespo, 2008, p.7).

- **Muestreo de partículas**

En cualquier caso, para obtener una muestra representativa de partículas sólidas o líquidas, la muestra debe tomarse en condiciones isocinéticas, es decir, la velocidad en la boquilla es la misma que la velocidad del humo en el punto de muestreo (Crespo, 2008, p.7).

2.2.5.2. *Técnicas de muestreo*

Las técnicas de muestreo dentro del monitoreo atmosférico se pueden dividir en cinco tipos genéricos:

- a. **Muestreador pasivo**

Estos dispositivos de muestreo, generalmente en forma de tubo, recolectan un contaminante determinado mediante su adsorción y absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de la exposición durante un período de muestreo adecuado, que puede variar desde unas pocas horas hasta un mes, la muestra se envía de regreso al laboratorio donde se desorbe el contaminante y luego se analiza cuantitativamente (Fernández, 2016, pp.76-78).

b. Muestreo reactivo

A diferencia de los muestreadores pasivos, este tipo de dispositivo requiere energía eléctrica para bombear el aire a muestrear a través de un medio de recolección físico o químico. El volumen adicional de aire eliminado aumenta la sensibilidad para que se puedan obtener lecturas diarias promedio. Los muestreadores activos más utilizados en la actualidad son el burbujeador acidimétrico para medir SO_2 , el método de filtración para todas las partículas en suspensión (TSP) y el método gravimétrico EPA de alto volumen para partículas totales y fracción respirable (Fernández, 2016, pp.76-78).

c. Analizadores o monitores automáticos

A pesar de las ventajas económicas de los muestreadores activos o pasivos, existen aplicaciones de monitoreo que necesitan la respuesta rápida en horas o menos que proporciona un analizador automatizado, por ejemplo, cuando se intenta determinar niveles altos de concentraciones de contaminantes e implementar situaciones de alarma en respuesta a emergencias. Estos instrumentos se basan en las propiedades físicas o químicas del gas a medir de forma continua mediante métodos optoelectrónicos. El aire extraído ingresa a una cámara de reacción donde, ya sea por una propiedad óptica del gas que se puede medir directamente, o por una reacción química que produce luz quimio luminiscente o fluorescente, esa luz es medida por un detector que produce una señal eléctrica proporcional que produce concentración. de los contaminantes muestreados (Fernández, 2016, pp.76-78).

d. Sensores remotos

A diferencia de los monitores automáticos que brindan mediciones de un contaminante en un punto del espacio, la detección remota puede brindar mediciones integradas de múltiples componentes a lo largo de un trayecto dado en la atmósfera (generalmente más de 100 m), y los sistemas más complejos pueden incluso brindar mediciones con rangos de resolución. a lo largo de la trayectoria. Por ejemplo, se detectaron hasta 5 ppb de SO_2 a una distancia de 1 km. El sistema móvil proporciona un mapa 3D de las concentraciones de contaminantes en un área por un tiempo limitado (Fernández, 2016, pp.76-78).

e. Bioindicadores

Actualmente existe mucho interés en el uso de biomarcadores para estimar algunos factores ambientales, incluida la calidad del aire, especialmente cuando se estudian sus efectos. El término biomonitorio engloba una amplia variedad de métodos de muestreo y análisis muy diferentes con niveles de sofisticación y desarrollo muy distintos (Fernández, 2016, pp.76-78).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización

El cantón Baños de Agua Santa es la segunda ciudad más grande y poblada de la provincia de Tungurahua. Ubicado en plena Cordillera de los Andes en Ecuador, latitud $1^{\circ}24'47''$, longitud $78^{\circ}25'29''$, 1820 msnm, con un clima tropical lluvioso de 19°C promedio.

La presente investigación se desarrolló en el terminal terrestre de Baños de Agua Santa que se encuentra entre la Av. Amazonas, c. Pedro Vicente Maldonado, c. Óscar Efrén Reyes y c. Eugenio Espejo (Ilustración 1-3), fue un lugar de estudio ideal ya que existe una gran afluencia de transporte público, urbano e interprovincial, debido a su ubicación en la zona que vincula la región sierra con el oriente ecuatoriano.



Ilustración 1-3. Ubicación Terminal Terrestre de Baños de Agua Santa

Fuente: Google Earth, 2022.

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada con un grado de estudio descriptivo observacional ya que se utilizaron muestreadores pasivos para observar, identificar y estimar las emisiones de

NO₂ y SO₂ producidas por los vehículos que transitan por el terminal terrestre. De acuerdo con el enfoque es de tipo cuantitativo y el periodo temporal es longitudinal ya que se realizaron mediciones multitemporales.

3.3. Diseño de la investigación

No experimental

3.4. Población de estudio

Se consideró como población de estudio las emisiones de NO₂ y SO₂ en el terminal terrestre “Prof. Jorge Viteri Guevara”, ubicado en el cantón Baños de Agua Santa.

3.4.1. *Período de muestreo*

El muestreo tuvo una duración de seis semanas (febrero-marzo) y se realizó por el método de muestreo pasivo, iniciándose el 1 de febrero y finalizando el 21 de marzo del año en curso. Las muestras se cambiaron cada 7 días.

3.4.2. *Tamaño y selección de muestra*

Se estableció mediante un muestreo probabilístico criterial, luego de analizar el área de estudio, considerando la gran afluencia de vehículos, se plantearon un total de 21 puntos de muestreo en diferentes áreas del terminal terrestre.

3.5. Técnica de recolección de datos

A través del trabajo de campo se obtuvieron directamente fotos del área de interés y desde con el GPS se georreferenciaron los puntos de muestreo. Además, se utilizaron técnicas de laboratorio para analizar las concentraciones de los contaminantes NO₂ y SO₂ emitidos en el área de estudio. Con el software PTV Vissim fue posible realizar una simulación de tráfico y evaluar la dispersión de gases contaminantes mediante el desarrollo de mapas de dispersión mediante ArcGIS.

3.6. Materiales y equipos

3.6.1. Laboratorio

- Tubos de ensayo
- Gradilla
- Refrigeradora
- Frasco ámbar de 1L y 0,5 L
- Balón de aforo de 1000 mL, 50 mL y 25 mL
- Probeta de 250 mL
- Pipeta de 10 mL
- Balanza analítica.
- Vaso de precipitación 500 mL, 250 mL
- Espectrofotómetro UV- Visible
- Cooler
- Mandil, guantes y mascarilla

3.6.2. Campo

- GPS (App Mis Coordenadas)
- Cámara
- Cuerdas resistentes
- Muestreador pasivo
- Escalera

3.7. Monitoreo

3.7.1. Georreferenciación de los puntos de monitoreo

Para establecer cada sitio de muestreo, se consideró la proximidad a los sectores con afluencia de vehículos y la infraestructura óptima para la accesibilidad para la colocación de los muestreadores. La Tabla 1-3 muestra las coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo, para del mismo evaluar la calidad del aire a 250 m a la redonda.

Tabla 1-3: Puntos de muestreo en la zona de estudio

Punto de muestreo	x (longitud)	y (latitud)
1	9845620	786586
2	9845620	786604
3	9845622	786624
4	9845647	786639
5	9845624	786651
6	9845639	786677
7	9845522	786593
8	9845626	786688
9	9845616	786674
10	9845596	786676
11	9845586	786664
12	9845548	786664
13	9845523	786680
14	9845567	786677
15	9845547	786689
16	9845605	786590
17	9845548	786631
18	9845582	786590
19	9845566	786591
20	9845635	786580
21	9845648	786597

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.



Ilustración 2-3. Puntos de muestro en la zona de estudio

Fuente: Google Earth, 2022.

3.8. Preparación de muestreadores pasivos

3.8.1. Muestreadores para dióxido de nitrógeno (NO_2)

Se colocó 1,5 mL del reactivo preparado en cada tubo que fue colocado en los puntos de muestreo.

3.8.1.1. Reactivos

- ✓ Nitrito de sodio
- ✓ Agua destilada
- ✓ Naftilamina (NEDA)
- ✓ Ácido sulfanílico
- ✓ Ácido acético 5N
- ✓ Peróxido de hidrogeno

3.8.1.2. Solución captadora

Se requirió la preparación de dos soluciones:

- A. Se diluyeron 0,64 g de ácido sulfanílico en 80 mL de ácido acético 5N.

B. Se diluyeron 0,4 g de Naftilamina en 80 mL de ácido acético 5N.
Cada solución se almacenó en un envase ámbar y se mantuvo en refrigeración.

Solución patrón

Para preparar la solución se añadieron 1,5 g de nitrato de sodio en 1 litro de agua destilada.

Solución stock

Se tomaron 10 mL de solución patrón y se agregaron a 250 mL de agua destilada. La duración de esta solución es de 30 días.

Soluciones para obtener curva de calibración

Solución madre

Se colocaron 6 mL de solución stock, 14 mL de solución de absorción, 2 mL de peróxido de hidrógeno, 20 mL de solución A y 2 mL de solución B (reactivo de Griess) en un matraz de 50 mL y finalmente se aforó con agua destilada.

○ Diluciones de la solución madre

Volúmenes de 2, 4, 6, 8, 10 y 12 mL de la solución madre se colocaron en matraces de 50 mL y se aforaron con agua destilada.

3.8.2. Muestreadores para dióxido de azufre (SO_2)

Se preparó una solución absorbente que consistió en una solución de trietanolamina debido a que los dióxidos de azufre son absorbidos sobre TEA en forma de sulfatos (Cifuentes, 2014, p. 36).

3.8.2.1. Reactivos

- ✓ Trietanolamina. (TEA)
- ✓ N-butanol.
- ✓ Cloruro de Bario
- ✓ Ácido Clorhídrico

- ✓ Sulfato de sodio
- ✓ Agua destilada

3.8.2.2. *Solución captadora*

En primer lugar, se pesaron 7,5 g de trietanolamina y se diluyeron en 250 mL de agua destilada, a esta dilución se le añadieron 1,5 mL de solución de n-butanol y se obtuvo una mezcla homogénea, el n-butanol actúa como tensioactivo; luego se calibró a 500 mL con agua destilada.

3.8.2.3. *Solución sobre saturada de cloruro de bario*

Para preparar la solución se disolvieron 6 g de cloruro de bario en 25 mL de agua destilada.

3.9. **Exposición y recolección de muestreadores pasivos**

Los muestreadores pasivos utilizados consistieron en tubos de vidrio de 10 mL de capacidad, en los cuales se colocaron volúmenes de 1,5 mL y 1 mL para NO_2 y SO_2 , respectivamente. La altura del muestreador debe estar dentro de los 1,5 m y 4 m por encima del suelo para evitar la posible exposición humana (Inche, 2004; citado en López, 2020, p. 24). Por tanto, los muestreos se realizaron a una altura de 3 m, y cada muestreador pasivo se marcó con el periodo de muestreo (Semana 1,2,3,4,5,6), tipo de contaminante (NO_2 , SO_2) y el punto de muestreo (P1, P2, P3, P4...).

La exposición comenzó cuando se destapó el tubo de muestreo, este proceso se repitió siete veces a la semana durante seis semanas para obtener resultados representativos durante el período de tiempo especificado. Con respecto al transporte, los tubos fueron tapados y retirados, posteriormente colocados en una hielera para su conservación, y finalmente trasladados a la ESPOCH, Facultad de Ciencias, donde se realizaron los análisis correspondientes.

3.10. **Análisis de muestreadores**

3.10.1. *Análisis de Dióxido de Nitrógeno (NO_2)*

3.10.1.1. *Método colorimétrico*

Se requirió la preparación de dos soluciones:

- A. Se diluyeron 0,64 g de ácido sulfanílico en 80 mL de ácido acético 5N.
- B. Se diluyeron 0,4 g de Naftilamina en 80 mL de ácido acético 5N.

Cada solución se almacenó en un envase ámbar y se mantuvo en refrigeración.

Se colocaron dos gotas de cada reactivo en todos los tubos de muestra y exhibieron un cambio de color a rosa con una variación de claro a oscuro.

3.10.1.2. *Análisis espectrofotométrico*

Después de 10 minutos de introducir los reactivos, se retiró una porción representativa de la muestra y se colocó en la celda para su análisis en el espectrofotómetro UV-Vis a la longitud de onda determinada en el barrido espectral (540 nm) para obtener el valor de absorbancia.

3.10.1.3. *Cálculo de concentración de NO₂ ($\frac{ug}{m^3}$)*

Utilizando la curva de calibración, se relacionó la absorbancia obtenida con la concentración de nitrito en el tubo. Los datos para la curva de calibración son los siguientes:

Tabla 1-3: Absorbancia y concentración de nitritos en el tubo

Disolución estándar	Concentración de calibración estándar ($\frac{ug}{ml}$)	Concentración de nitrito en el tubo ($\frac{ug}{ml}$)	Absorbancia a 540 nm
A	60	0,741	1,05
B	30	0,37	0,54
C	15	0,185	0,27
BLANCO	0	0	0

Fuente: Borge, et al., 2015.

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

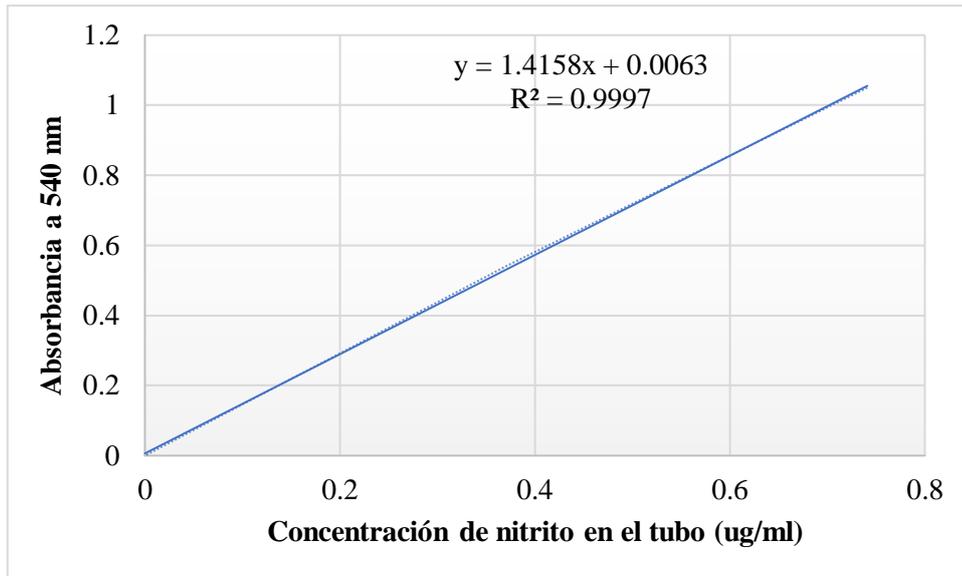


Gráfico 1-3: Curva de calibración utilizada para NO_2

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

La concentración de nitrito en los tubos se determinó utilizando la absorbancia obtenida y los datos de la curva de calibración estandarizada.

$$C_2 = \frac{y-b}{a} \quad \text{Ec. 1-3.}$$

Donde:

C_2 : concentración del ion nitrito en el tubo captador $\left(\frac{\text{ug}}{\text{ml}}\right)$

Una vez obtenida la concentración en cada muestra, se calculó la masa de NO_2 mediante la (Ec. 2-3).

$$m = C_2 * V \quad \text{Ec. 2-3.}$$

Donde:

m: masa de nitritos en el tubo (ug)

V: volumen añadido de reactivo de color (mL)

C_2 : concentración del ion nitrito en el tubo captador, antes obtenida $\left(\frac{\text{ug}}{\text{ml}}\right)$

Finalmente se realizó el cálculo de la concentración de NO_2 en el ambiente:

$$C = \frac{m(\text{ug}) * L}{D_{12} * A * t} \quad \text{Ec. 3-3.}$$

Donde:

C: concentración de NO_2 en el ambiente $\left(\frac{\text{ug}}{\text{m}^3}\right)$

m: masa de nitritos (ug)

L: longitud del tubo (m)

D_{12} : coeficiente de difusión entre NO_2 -Aire ($\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$)

A: área transversal (m^2)

t: periodo de muestreo (s)

3.10.2. Análisis de Dióxido de Azufre (SO_2)

3.10.2.1. Método colorimétrico

Como afirma Cifuentes (2014, p. 36-37) en su investigación, la muestra en el tubo de muestreo reacciona con una solución saturada de cloruro de bario, y esta reacción da como resultado la formación de sulfato de bario.

3.10.2.2. Análisis espectrofotométrico

Se dejó reposar la reacción durante 5 minutos y finalmente se midió la absorbancia a una longitud de onda de 420 nm en un espectrofotómetro UV-Vis.

3.10.2.3. Cálculo de concentración de SO_2 ($\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$)

La concentración de SO_2 en los tubos de muestreo se determinó comparando la lectura de las absorbancias obtenidas con una curva de calibración, la cual se describe a continuación:

Tabla 2-3: Absorbancia y concentración de sulfatos

Concentración teórica de sulfatos ($\frac{\text{mg}}{\text{L}}$)	Promedios de las Absorbancias
0,5	0,013
1,25	0,023
2,5	0,048
5	0,106

Fuente: Cifuentes, 2014.

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

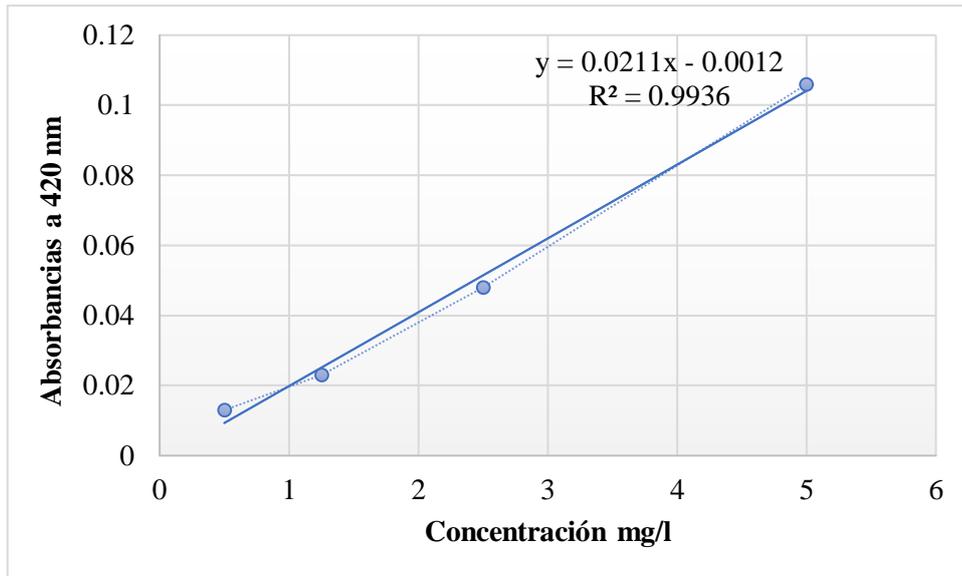


Gráfico 2-3: Curva de calibración utilizada para SO_2

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Los valores de la curva de calibración se utilizaron para calcular la presencia de sulfatos en los tubos de muestra:

$$C_2 = \frac{y+b}{a} \quad \text{Ec. 4-3.}$$

Donde:

C_2 : concentración del ion sulfato en el tubo captador ($\frac{ug}{ml}$)

Luego se estimó la masa de los sulfatos usando la siguiente fórmula:

$$m = C_2 * V \quad \text{Ec. 2-3.}$$

Donde:

m: masa de sulfatos en el tubo (ug)

V: volumen añadido de reactivo de color (mL)

C_2 : concentración del ion sulfato en el tubo captador, antes obtenida ($\frac{ug}{ml}$)

Con estos datos se estimó la concentración de SO_2 en el ambiente con la siguiente fórmula:

$$C_{SO_2} = \frac{m * SO_x}{Q_k * t} * 10^6 \quad \text{Ec. 6-3.}$$

Donde:

Q_k : valor de la frecuencia de muestreo ($119 \frac{min}{ml}$)

m: SO₂ masa del sulfato en el tubo (ug)

t: tiempo de exposición (min)

C_{SO₂}: concentración del SO₂ en el ambiente ($\frac{ug}{m^3}$)

3.10.3. Corrección de la concentración ambiental de acuerdo con las condiciones locales

Para cuantificar la concentración ambiental según el medio en que se realizó la medición, se debe aplicar la ecuación descrita en el Acuerdo Ministerial 097A Libro VI Anexo 4 Calidad del Aire utilizando la siguiente relación:

$$Cc \rightarrow Co * \frac{760 \text{ mmHg}}{Pb_1 \text{ mmHg}} * \frac{(273,15+t)^{\circ}K}{298^{\circ}K} \quad \text{Ec. 7-3.}$$

Donde:

Cc: corrección corregida ($\frac{ug}{m^3}$)

Pb₁ : presión atmosférica local (mm Hg)

Co: concentración obtenida

t: temperatura local (°C)

A una altura de 1695 metros sobre el nivel del mar, la estación meteorológica del Parque de la Familia Baños, ubicada en las coordenadas x= 9845439, y = 79147 ; recopiló los datos meteorológicos que se muestran en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Datos meteorológicos de Baños de Agua Santa

Datos meteorológicos			
	Fecha	Temperatura °C	Presión (mm Hg)
Semana 1	01-07 de febrero	18,18	762,11
Semana 2	14-20 de febrero	19,11	762,43
Semana 3	21-27 de febrero	18,28	762,54
Semana 4	01-07 de marzo	18,58	762,54
Semana 5	08-14 de marzo	19,16	762,43
Semana 6	15-21 de marzo	18,24	763,29

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

3.11. Conteo Vehicular

Se determinó el número de vehículos en seis puntos del área del terminal terrestre Baños de Agua Santa, lo cual se realizó en el transcurso de una semana, teniendo en cuenta la hora pico de

afluencia vehicular. Los vehículos considerados son: camiones, autos pequeños y autobuses. La cuantificación se realizó en los siguientes horarios del día: 07:30-08:30, 12:45-13:45 y 16:30-17:30. Para la cuantificación de los vehículos se utilizó el método de (Estrada, 2021, p.23), el cual establece que las personas deben estar en un lugar donde se exhiban los vehículos y llevar un registro en tablas según la categoría.



Ilustración 3-3. Puntos de conteo en la zona de estudio

Fuente: Google Earth, 2022.

3.12. Simulación Software PTV Vissim

Para realizar la simulación se aplicó el método de López (2020, p.29), como se describe a continuación.

Se ubicó la zona de estudio, la cual es proporcionada por el mapa del programa PTV Vissim. A continuación, se agregó las carreteras según el área en el mapa utilizando la herramienta links. Luego, el número de vehículos registrados se incluyó en el utilizando la herramienta de vehicle inputs. A continuación, se utilizó la herramienta conflict areas para marcar las intersecciones principales en las vías. Por último, se eligió la herramienta nodes para medir el flujo de vehículos del área demarcada y proporcionar datos adicionales sobre las emisiones de NOx, COV, CO2. La simulación del vehículo se ejecutó con un tiempo de 1 hora. Al final de la simulación se generó un documento Excel con todos los datos obtenidos.

3.13. Mapa en Enviver Enterprise

El software Enviver Enterprise permite predecir y estudiar el impacto del tráfico en el medio ambiente, ya sea para condiciones existentes, hipotéticas o futuras. Simula emisiones como NO_x, PM10 y CO₂ (PTV GROUP, 2014).

Para determinar el comportamiento de los autos, se requirió la información disponible en el software de simulación de tráfico Vissim y luego se importó la simulación de tráfico a un archivo de texto utilizando la herramienta de traffic. Se observó el tipo de vehículo incluido en la simulación, se confirmó el tipo de combustible mediante la herramienta Vehicle class assignments, en este caso diésel o gasolina. Para el cálculo se utilizó la herramienta calculate and report emissions y se elaboró el mapa correspondiente. En la sección de información de esta herramienta puede obtener una tabla resumen de contaminantes y vehículos asignados.

3.14. Mapa de dispersión en ArcGIS

Usando los datos de concentración de NO₂ y SO₂ almacenados en el documento de Excel, utilizando el software ArcGIS10.3, se realizó un mapa de dispersión para cada contaminante con el promedio de cada punto durante las seis semanas de muestreo.

3.15. Aplicación de encuestas

Se realizó una encuesta para averiguar en qué medida las concentraciones de contaminantes en el aire afectan a las personas que se encuentran en las inmediaciones del sitio de estudio.

3.15.1. Tamaño de muestra

Para estimar el número de personas a encuestar se tomó como referencia los datos poblacionales obtenidos por Andrade (2020, p. 36) en su estudio “Análisis operativo del terminal terrestre del cantón Baños de Agua Santa y su incidencia en el congestionamiento vehicular de la ciudad”.

Tabla 4-3: Población de estudio

Estrato	Cantidad
Autoridades	2
Talento humano	8
Operadores de transporte	28
Usuarios y comerciantes	3360

Total	3398
--------------	-------------

Fuente: Andrade, 2020, p. 36

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

3.15.1.1. Cálculo del tamaño de muestra

Ñaupas, et al. (2014, p.2), sugieren que para investigaciones que puedan acceder fácilmente a pequeñas poblaciones de personas, o que tengan hasta 100,000 sujetos de muestra, se debe usar la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{(N-1) * E^2 + Z^2 * p * q} \quad \text{Ec. 8-3.}$$

- n: muestra
- N: población de estudio
- N-1: Factor de correlación
- Z: nivel de confianza (1,96)
- E: error de estimación (5% = 0,05)
- p: probabilidad de ocurrencia del evento (50% = 0,5)
- q: probabilidad de no ocurrencia del evento (50% = 0,5)

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 3398}{(3398 - 1) * 0,05^2 + 1,96^2 * 0,5 * 0,5} = 345$$

La encuesta se aplicará a una muestra de 345 personas.

3.16. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov. Esta prueba se utiliza para sistemas de probabilidad con variables aleatorias continuas, especialmente para muestras pequeñas. Se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) para determinar las diferencias significativas entre los datos de concentración de NO₂ y SO₂ obtenidos en esta investigación.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Concentración ambiental corregida según las condiciones de la zona de estudio

Luego de realizar los cálculos indicados en el Capítulo III y obtener las concentraciones de NO₂ y SO₂, los datos registrados fueron corregidos de acuerdo con las condiciones del área de estudio; según el estándar de calidad del aire ecuatoriano AM 097A del Libro VI-Anexo 4. Las Tablas 1-4, 2-4 describen los resultados obtenidos.

Tabla 1-4: Concentración corregida semanal de NO₂ ($\frac{\mu g}{m^3}$)

FEBRERO-MARZO							
Punto de muestreo	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	\bar{X}
1	4,39	8,07	8,09	4,13	6,10	6,49	6,21
2	3,89	9,84	9,86	3,96	6,77	5,65	6,66
3	5,24	7,82	7,84	5,02	4,71	5,06	5,95
4	4,31	8,87	8,89	4,39	6,27	5,10	6,30
5	3,97	9,50	9,52	4,22	4,38	5,81	6,23
6	4,22	9,29	9,31	4,18	8,12	7,71	7,14
7	4,56	11,73	11,75	4,68	2,57	6,53	6,97
8	4,65	10,09	10,11	3,75	4,13	6,57	6,55
9	4,31	9,88	9,90	4,89	8,66	5,81	7,24
10	4,39	9,96	9,99	4,30	5,47	5,10	6,54
11	12,06	15,09	15,12	4,76	9,96	5,65	10,44
12	3,68	11,27	11,29	4,34	5,72	4,22	6,75
13	4,06	8,41	8,43	4,05	5,47	5,77	6,03
14	4,98	8,49	8,51	5,06	5,64	6,03	6,45
15	4,73	9,67	9,69	4,60	4,97	5,14	6,47
16	4,27	5,05	4,29	3,92	4,97	4,76	4,54
17	4,94	5,43	6,24	4,39	5,09	5,73	5,30
18	4,60	6,77	4,68	3,88	6,27	4,81	5,17
19	4,01	4,38	3,88	4,09	4,51	3,17	4,01
20	3,93	4,21	4,43	3,80	5,68	4,68	4,45

21	4,18	4,55	5,53	4,26	5,64	5,02	4,86
----	------	------	------	------	------	------	------

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Tabla 2-4: Concentración corregida semanal de SO₂ ($\frac{\mu g}{m^3}$)

FEBRERO-MARZO							
Punto de muestreo	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	\bar{X}
1	1,80	1,46	1,63	1,28	1,75	1,22	1,52
2	1,63	1,17	0,70	1,28	0,71	1,63	1,19
3	1,86	2,04	0,70	1,11	0,71	1,86	1,38
4	2,03	2,04	1,17	1,86	1,17	2,03	1,72
5	1,98	2,50	2,50	2,67	2,50	1,97	2,35
6	1,17	1,92	1,86	1,34	1,87	1,17	1,55
7	1,28	0,76	2,55	0,99	2,56	1,28	1,57
8	1,34	1,40	2,96	1,40	2,97	1,34	1,90
9	1,40	1,69	2,21	3,25	2,21	1,40	2,03
10	0,94	1,92	2,50	1,69	2,50	0,93	1,75
11	1,51	1,87	2,61	1,34	2,62	1,51	1,91
12	1,98	1,23	5,61	0,94	5,63	1,97	2,89
13	4,34	1,69	2,03	4,98	2,04	4,34	3,24
14	1,69	2,45	2,21	1,40	2,21	1,68	1,94
15	1,34	2,16	2,73	1,34	2,74	1,34	1,94
16	1,05	2,16	2,96	1,86	2,97	1,05	2,01
17	1,69	1,69	2,44	1,80	2,45	1,68	1,96
18	1,74	1,52	2,84	2,15	2,85	1,74	2,14
19	1,86	2,68	2,90	1,23	2,91	1,86	2,24
20	1,51	2,91	2,73	2,79	2,74	1,51	2,36
21	2,32	1,81	1,86	1,40	1,98	1,74	1,85

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

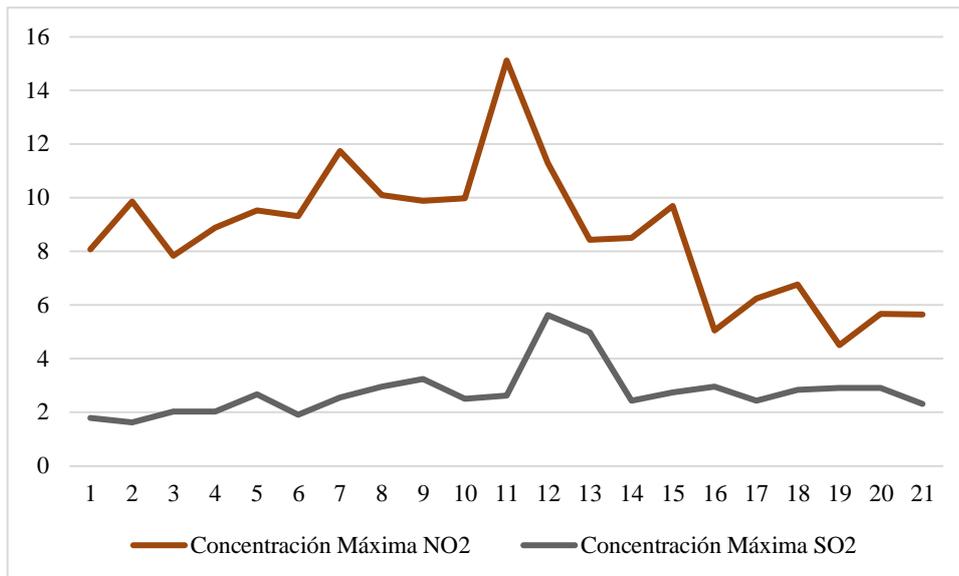


Gráfico 1-4. Concentración máxima en cada punto (NO₂ y SO₂)

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

En el gráfico 1-4 se representa la concentración máxima de cada contaminante presente en cada punto durante el periodo de monitoreo, como se puede observar los puntos con mayor valor máximo son el 11 y 12 para NO₂ y SO₂ respectivamente, debido a que están ubicados en zonas de gran afluencia de vehículos.

Por otro lado, en ambos casos de contaminantes, el punto 1 es el que tiene el valor más bajo porque, aunque está en la vía principal, la concentración de contaminantes no es alta debido a que el viento fluye libremente, lo que resulta en una baja persistencia de contaminantes.

4.2. Variación de los valores de concentración durante monitoreo

4.2.1. Dióxido de Nitrógeno

A continuación, el gráfico 2-4 detalla las concentraciones promedio de NO₂ alcanzadas en los 21 sitios de estudio durante un período de 6 semanas, citado en la Tabla 1-4.

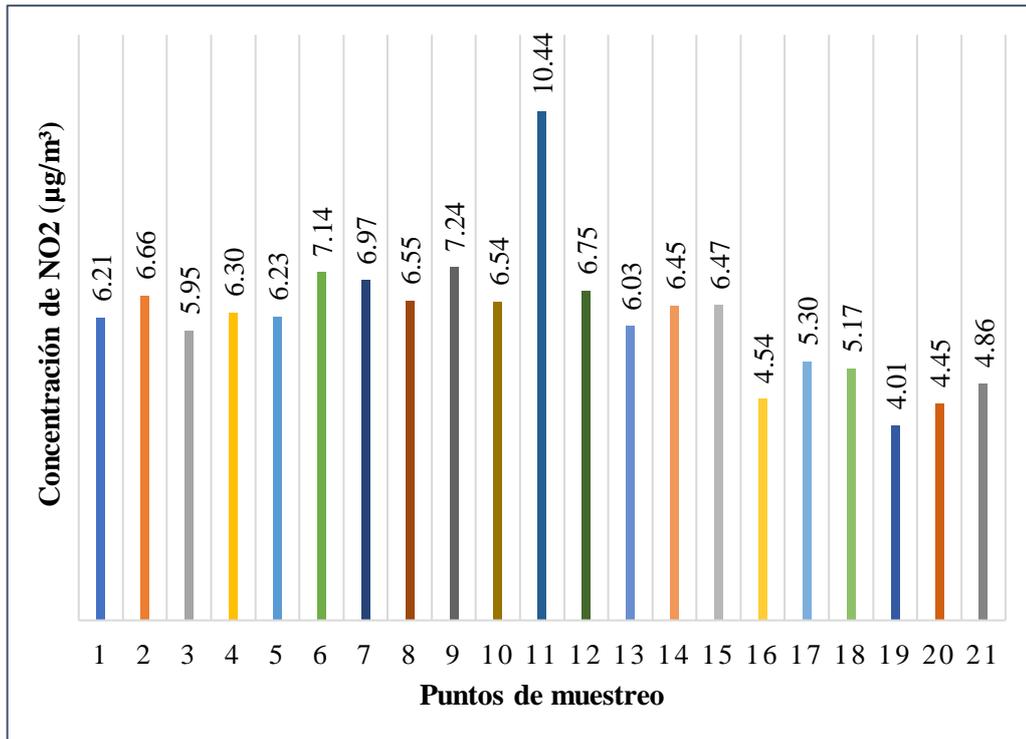


Gráfico 2-4: Concentración promedio semanal en cada punto de NO₂

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Como se puede observar en el gráfico 2-4, debido a la variedad de afluencia de vehículos en esta zona, se verifica que hay puntos en los datos con valores de concentración más altos que otros puntos. De esto, la mayor concentración de contaminantes se presenta en el punto 11, que es de 10,44 µg/m³, mientras que la menor concentración es de 4,01 µg/m³, que corresponde al punto 19. Según la normativa, las emisiones de NO₂ en estos puntos no superan la línea de alerta, así también alude Estrada (2021, p.29), que las emisiones no deben superar los 400 µg/m³.

Los valores obtenidos son menores en comparación con Túqueres (2017, p.35), quien obtuvo valor un máximo de 30,1 µg/m³ y un mínimo de 12,2 µg/m³ en el análisis NO₂ en el terminal terrestre de Riobamba.

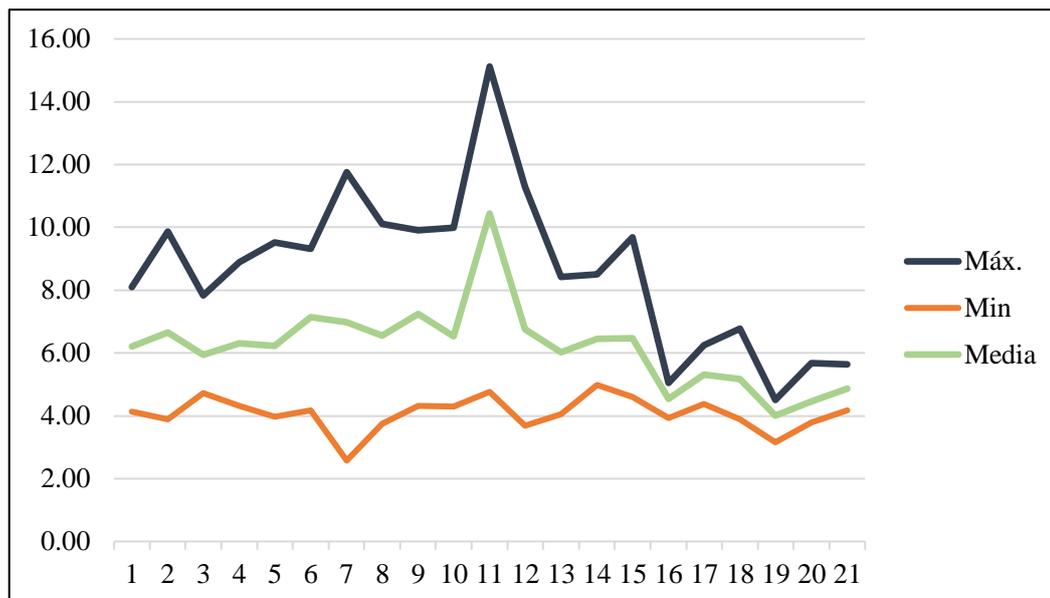


Gráfico 3-4: Concentración máxima, mínima y promedio en cada punto de NO₂ (µg/m³)

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

En el gráfico 3-4 muestra el patrón de crecimiento significativo de los puntos: 2, 6, 11 y 15, por lo que se asume que estos puntos estuvieron ubicados estratégicamente en el sector terminal terrestre, siendo los sitios con mayores emisiones de NO₂. El punto con mayor concentración de NO₂ (P11) se encontró cerca de la entrada principal de la terminal de buses, mientras que el punto con menor concentración (P19) se ubicó en el área frente al estacionamiento de buses, donde se cree que hubo poca afluencia vehicular.

En general, los resultados de las pruebas muestran bajas concentraciones de dióxido de nitrógeno, por lo que estos valores no superan el rango de 40 µg/m³ por año, ni la concentración máxima horaria de 200 µg/m³, correspondiente a los límites permisibles establecidos por el Acuerdo Ministerial 097 A.

Al mismo tiempo, estos datos coinciden con los valores fijados por la OMS (2021, p.1) para proteger la salud humana de los efectos del NO₂, con un valor de 25 (µg/m³) media diaria, indicando que el área de estudio tiene una calidad del aire medianamente buena en relación con la concentración de NO₂ medida.

4.2.1.1. Análisis semanal de las emisiones de NO₂

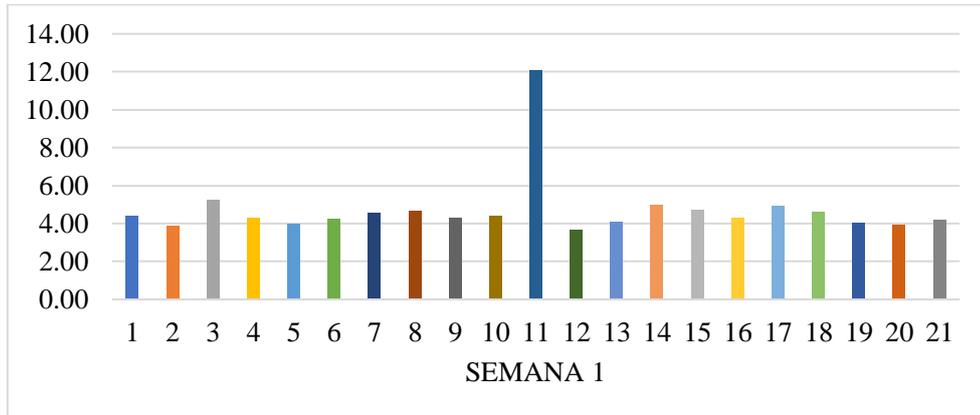


Gráfico 4-4: Concentración de cada punto de NO₂ (µg/m³), semana 1

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Semana 1, del 01 al 07 de febrero, temperatura promedio de 18,18 °C, el gráfico 4-4 muestra que la mayor concentración promedia semanal de NO₂ se encuentra en el punto 11 con un valor de 12,06 µg/m³, los valores pertenecientes al punto 8 (4,65 µg/m³), el punto 3 (5,24 µg/m³), el punto 14 (4,98 µg/m³) y el punto 17 (4,94 µg/m³), son considerados los más relevantes cuantitativamente en relación a los demás puntos de muestreo, estos puntos se ubicaron a la entrada y salida de vehículos en las avenidas aledañas a la terminal terrestre; el valor más bajo obtenido en la semana 1 corresponde al punto 12, que tiene una concentración de 3,68 µg/m³, lo que se cree que se debe a que el punto está ubicado en una vía secundaria con flujo vehicular bajo. Molina y Jiménez (2015, p. 84), determinaron que los puntos de mayor concentración obtenidos se debieron al alto flujo de tráfico.

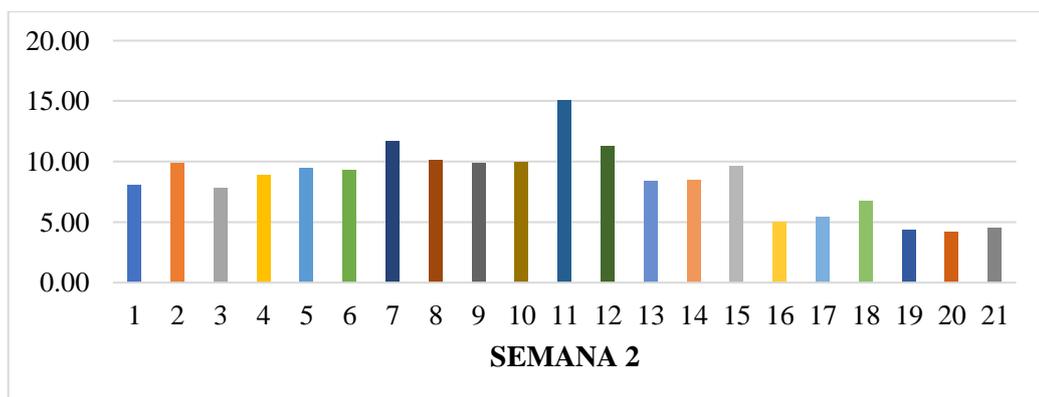


Gráfico 5-4: Concentración de cada punto de NO₂ (µg/m³), semana 2

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Semana 2, del 14 al 20 de febrero, temperatura promedio de 19,11 °C, el gráfico 5-4 muestra que la mayor concentración promedio semanal de NO₂ se encuentra en el punto 11, con un valor de 15,09 µg/m³, los valores pertenecientes a el punto 7 (11,73 µg/ m³), el punto 12 (11,27 µg/m³) y el punto 2 (9,84 µg/m³), son considerados los más relevantes cuantitativamente en relación a los demás puntos de muestreo, estos puntos se ubicaron a la entrada y salida de vehículos en las avenidas aledañas a la terminal terrestre; a excepción del punto 2, el cual se ubicó entre la Av. Amazonas y Oscar Efrén Reyes, cuya intersección tiene una gran afluencia de vehículos. Estos resultados concuerdan a los obtenidos por Molina y Jiménez (2015, p. 84), que determinaron que los puntos de mayor concentración obtenidos se debieron al alto flujo de tráfico. Por otro lado, el valor de concentración más bajo (4,21 µg/m³) pertenece al punto 20, que tiene un flujo vehicular bajo.

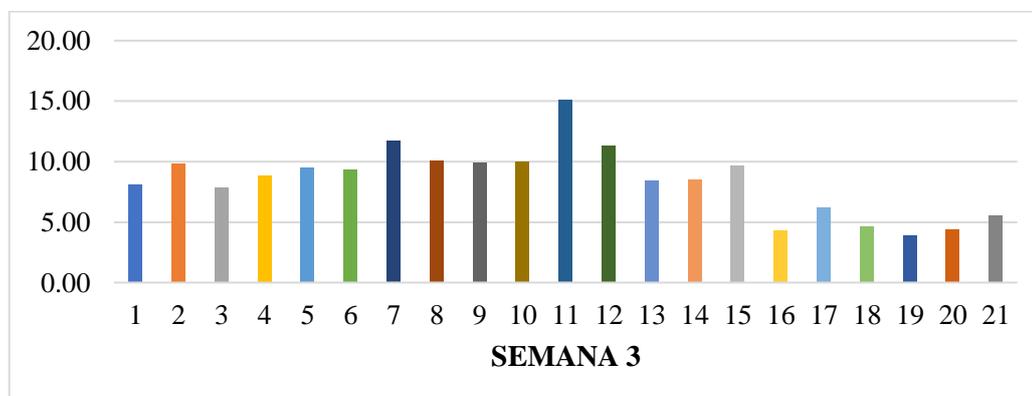


Gráfico 6-4: Concentración de cada punto de NO₂ (µg/m³), semana 3

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Semana 3, del 21 al 27 de febrero, temperatura promedio de 18,28 °C, el gráfico 6-4 muestra que la mayor concentración promedio semanal de NO₂ se encuentra en el punto 11, con un valor de 15,12 µg/m³, los valores pertenecientes a el punto 7 (11,75 µg/ m³), el punto 12 (11,29 µg/m³) y el punto 2 (9,86 µg/m³), son considerados los más relevantes cuantitativamente en relación a los demás puntos de muestreo, estos puntos se ubicaron a la entrada y salida de vehículos en las avenidas aledañas a la terminal terrestre; a excepción del punto 2, el cual se ubicó entre la Av. Amazonas y Oscar Efrén Reyes, cuya intersección tiene una gran afluencia de vehículos. Por otro lado, el valor de concentración más bajo (3,88 µg/m³) pertenece al punto 19, que tiene un flujo vehicular bajo. Según el Diario Concepción (2018, p.1) los índices de contaminación por vehículos estacionados o parados en un semáforo en rojo son un 40% más altos que cuando circulan normalmente por falta de corrientes de aire que dispersan gases.

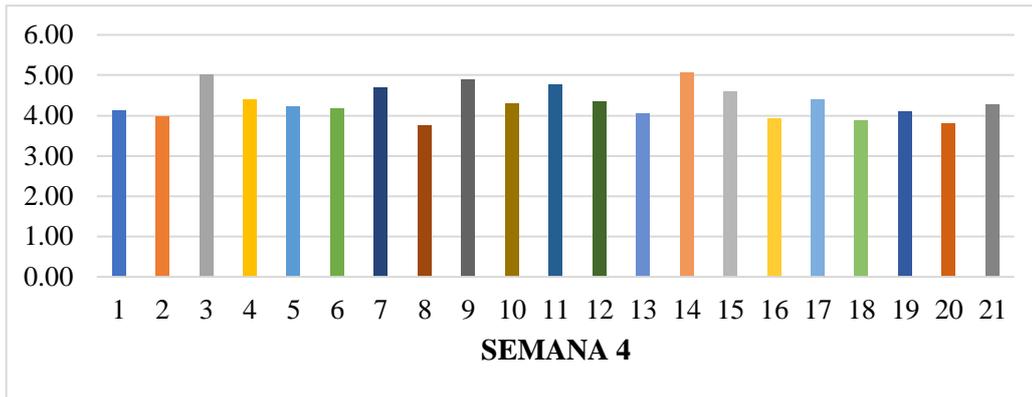


Gráfico 7-4: Concentración de cada punto de NO₂ (µg/m³), semana 4

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Semana 4, del 01 al 07 de marzo, temperatura promedio de 18,58 °C, como se observa en el gráfico 6-4, la semana 4 fue la semana con la concentración de NO₂ más baja, con un valor máximo de 5,06 en el punto 14 y concentraciones similares en otros puntos. Por lo tanto, se asume que estos valores representan que el tránsito vehicular fue significativamente bajo durante toda la semana. Molina y Jiménez (2015, p. 84), plantean que a mayor flujo de tráfico mayor concentración de los contaminantes.

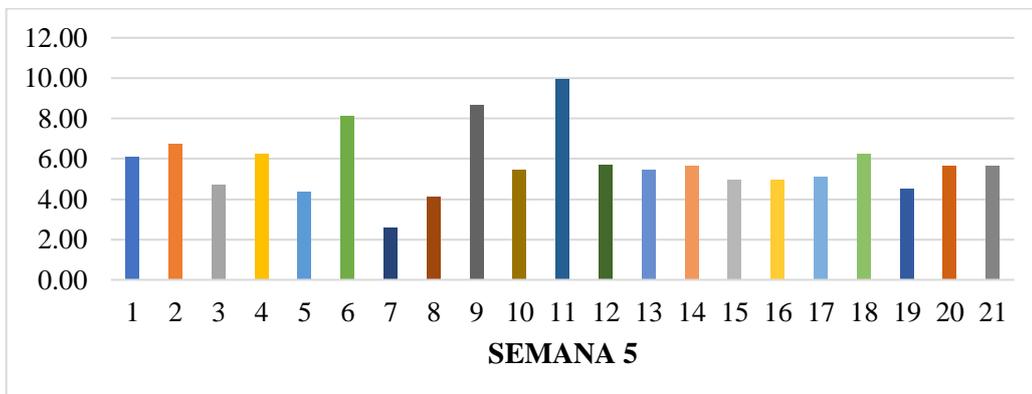


Gráfico 8-4: Concentración de cada punto de NO₂ (µg/m³), semana 5

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Del 08 al 14 de marzo, con temperatura promedio fue de 19,16 °C, el gráfico 8-4 muestra que la mayor concentración promedio semanal de NO₂ se presentó en el punto 11, con un valor de 9,96 µg/m³, los valores pertenecientes a el punto 9 (8,66 µg/ m³) y el punto 6 (8,12 µg/m³), son considerados los más relevantes cuantitativamente en relación con los demás puntos de muestreo, estos puntos estaban ubicados en la Av. Amazonas, por otro lado, el valor de concentración más bajo (2,57 µg/m³) pertenece al punto 7, donde la afluencia vehicular es baja.

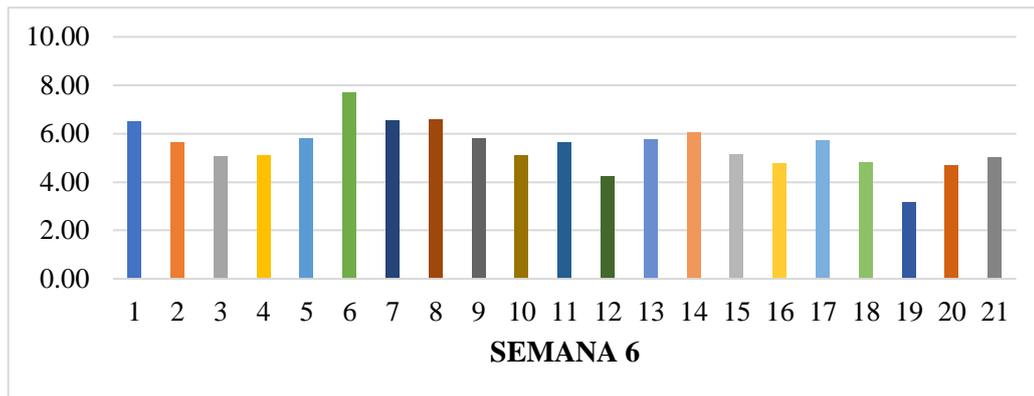


Gráfico 9-4: Concentración de cada punto de NO₂ (µg/m³), semana 6

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Semana 6, del 15 al 21 de marzo, temperatura promedio de 18,24 °C, el gráfico 9-4 muestra que la mayor concentración promedio semanal de NO₂ se encuentra en el punto 6, con un valor de 7,71 µg/m³, los valores pertenecientes a el punto 8 (6,57 µg/ m³), el punto 7 (6,53 µg/m³) y el punto 1 (6,49 µg/m³), son considerados los más relevantes cuantitativamente en relación con los demás puntos de muestreo, todos diferentes a los de semanas anteriores. Por otro lado, el valor de concentración más bajo (3,17 µg/m³) pertenece al punto 19.

ASTDR (2019, p.1) confirma que el NO₂ en el aire urbano proviene principalmente de la oxidación del NO producido por los automóviles, señalando que los habitantes del sector de estudio están expuestos a este contaminante a través de la inhalación del aire, provocando afecciones a corto y largo plazo.

Los gráficos de concentración semanal de NO₂ presentados anteriormente, demostraron que la concentración de NO₂ vario ligeramente en cada punto de muestreo. Cabe destacar que los datos de concentración de NO₂ obtenidos en este estudio son bajos, según De la Morena (2015, p.), esto se debe a que el dióxido de nitrógeno a temperaturas mayores de 19°C a se descompone rápidamente en la atmósfera, formando ozono y smog cuando reacciona con la luz solar.

4.2.2. Dióxido de Azufre

A continuación, el gráfico 10-4 detalla las concentraciones promedio de SO₂ alcanzadas en los 21 sitios de estudio durante un período de 6 semanas, citado en la Tabla 2-4.

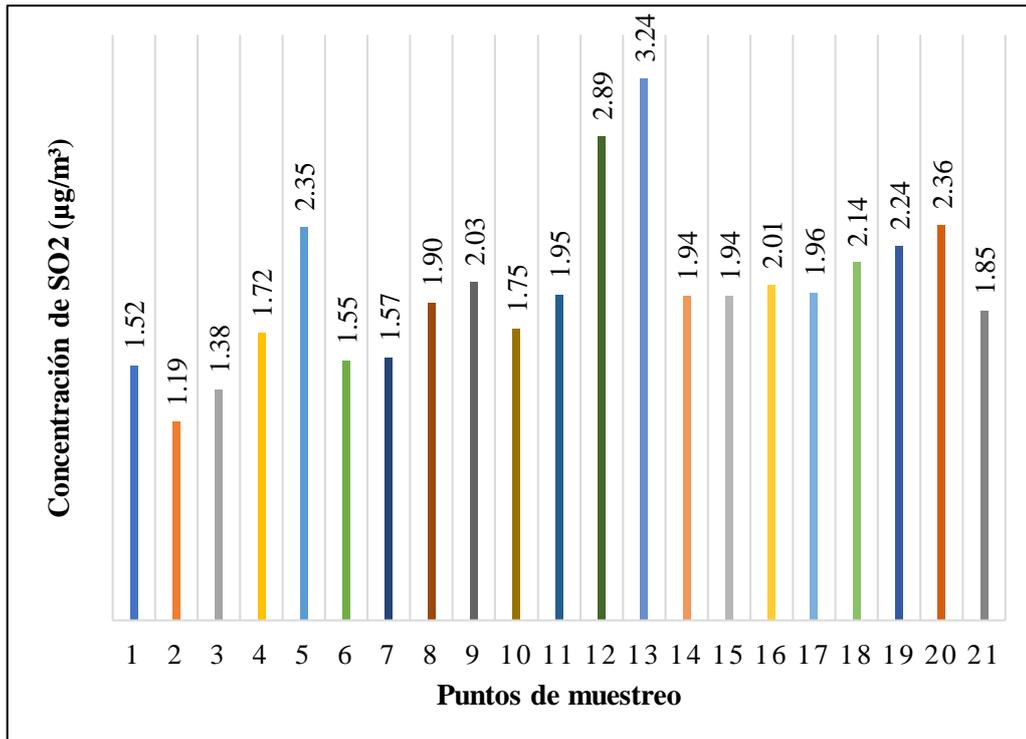


Gráfico 10-4: Concentración promedio semanal en cada punto de SO₂

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Como puede verse en el gráfico 10-4, los puntos 12 y 13 tienen los valores de concentración más altos, 2,89 µg/m³ y 3,24 µg/m³, respectivamente y el punto con menor concentración fue el 2 con 1,19 µg/m³. Los resultados son similares a los obtenidos por Cueva (2017, p. 56) en su investigación “Estudio de NO₂ y SO₂ mediante muestreo pasivo en la zona industrial vía la costa - Guayaquil”, donde se observan bajas concentraciones de SO₂, el desarrollo del monitoreo ocurrió durante el período de exposición de 8 días.

El corto período de muestreo dificulta la obtención de una gran cantidad de datos para determinar si la concentración actual ha cambiado con el tiempo, de acuerdo con la situación real del área de estudio.

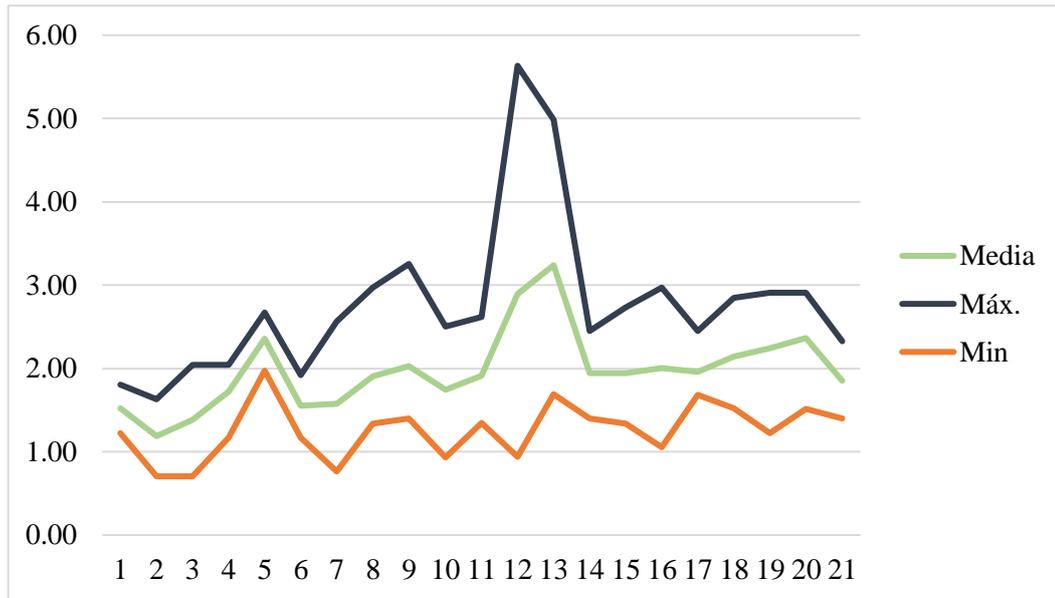


Gráfico 11-4: Concentración máxima, mínima y promedio en cada punto de SO₂ (µg/m³)

Realizado por: Jordán, Karen, 2022

El gráfico 11-4 muestra las concentraciones máxima, media y mínima de SO₂ alcanzadas en cada punto de muestreo. Como se puede observar, los valores determinados en todas las muestras recolectadas durante un período de seis semanas fueron bajos y dentro del límite máximo permisible de 125 µg/m³ en 24 horas, 500 µg/m³, en 10 minutos y 60 µg/m³ en la media aritmética de un año según lo especificado por las Normas de Calidad del Aire (AM 097^a). Estos datos, a su vez, son consistentes con el valor establecido por (OMS, 2021, p.1) de 40 µg/m³, en un periodo de 24 horas. En resumen, los valores obtenidos indican una calidad relativamente buena del aire en el área de estudio, lo que se correlaciona con la concentración de SO₂ medida.

4.2.2.1. Análisis semanal de SO₂

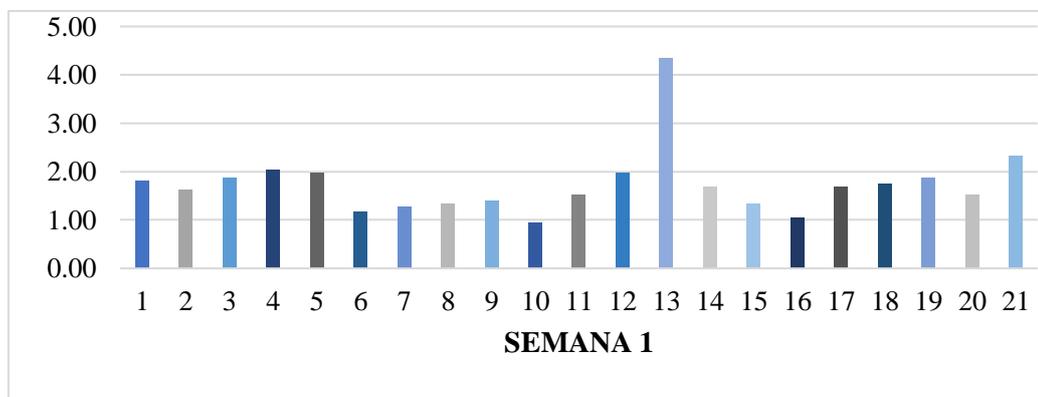


Gráfico 12-4: Concentración de cada punto de SO₂ (µg/m³), semana 1

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

El gráfico 12-4 muestra las concentraciones promedio semanales alcanzadas en la semana 1 correspondiente al 1-07 de febrero de 2022, donde se observó una concentración representativa de 4,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el punto 13, esto se debe a la entrada y salida permanente de vehículos en esta área. El punto de concentración más bajo está en el punto 10, que equivale a 0,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos resultados están respaldados por el estudio de Molina y Jiménez (2015, p. 84), que determinaron que los puntos de mayor concentración obtenidos se debieron al alto flujo de tráfico.

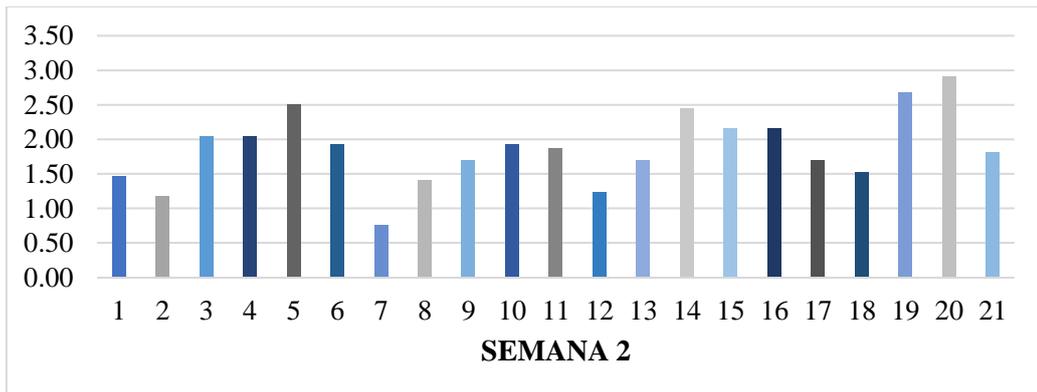


Gráfico 13-4: Concentración de cada punto de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), semana 2

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

El gráfico 13-4 muestra las concentraciones medias semanales alcanzadas en la semana 2 correspondiente al 14-20 febrero de 2022 donde se observó una concentración representativa de 2,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el punto 20 por estar ubicado en la calle principal (Av. Amazonas). El punto de concentración más bajo está en el punto 7, que corresponde a 0,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, este punto se ubicó en una vía secundaria con poco tráfico, de acuerdo con Molina y Jiménez (2015, p. 84), los puntos de mayor concentración obtenidos se deben al alto flujo de tráfico.

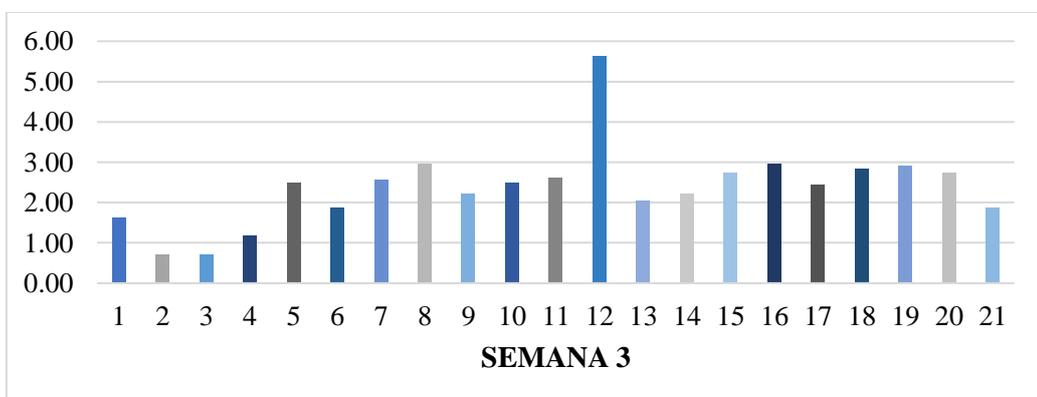


Gráfico 14-4: Concentración de cada punto de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), semana 3

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Semana 3, 21 al 27 de febrero de 2022, el gráfico 14-4 muestra la concentración promedio de SO₂ proveniente de la combustión en motores de vehículos, la mayor emisión se presenta en el punto 12 con SO₂ de 5,61 µg/m³, este punto se encuentra en una zona donde los vehículos estacionan o se detienen en los semáforos, según el Diario Concepción (2018, p.1) los índices de contaminación por vehículos estacionados o parados en un semáforo en rojo son un 40% más altos que cuando circulan normalmente por falta de corrientes de aire que dispersan gases; por otro lado, los puntos 2 y 3 tienen las menores concentraciones de emisión de 0,70 µg/m³.

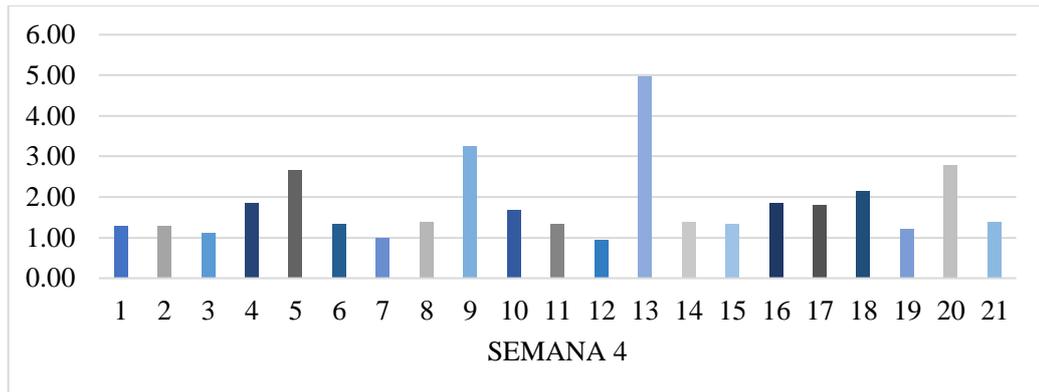


Gráfico 15-4: Concentración de cada punto de SO₂ (µg/m³), semana 4

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

El gráfico 15-4 muestra las concentraciones promedio semanales alcanzadas en la semana 4 correspondiente al 1-07 de marzo de 2022, donde se observó una concentración representativa de 4,98 µg/m³ en el punto 13 debido a las áreas de entrada y salida permanente de esta área. Este resultado es respaldado por un estudio de Molina y Jiménez (2015, p. 84), quienes determinaron que los puntos de mayor concentración obtenidos se debieron a la afluencia vehicular. El punto de concentración más bajo es el 12 con 0,94 µg/m³.

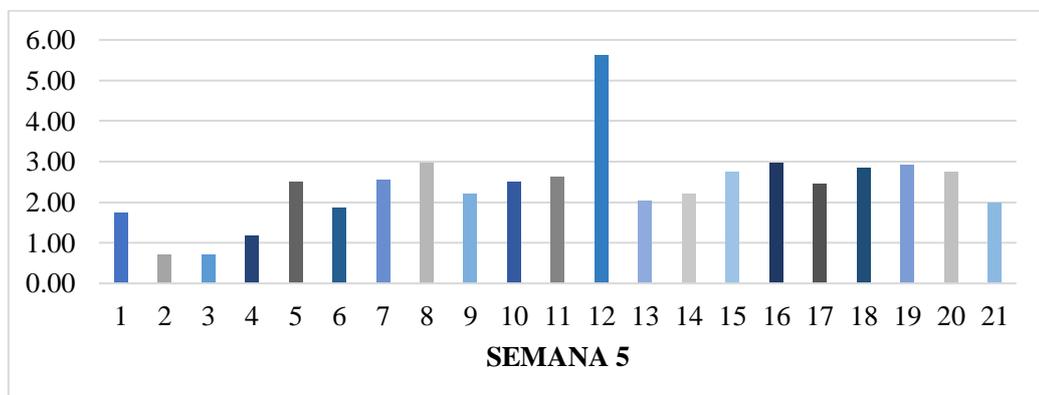


Gráfico 16-4: Concentración de cada punto de SO₂ (µg/m³), semana 5

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Semana 5, 08 al 14 de marzo de 2022, el gráfico 16-4 muestra la concentración promedio de SO_2 proveniente de la combustión en motores de vehículos, la mayor emisión se presenta en el punto 12 con SO_2 de $5,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como se mencionó anteriormente, esto se debe a que esta es la zona donde se estacionan los vehículos, lo que genera más contaminación. Los puntos 2 y 3 tienen las menores concentraciones de emisión de $0,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$, este nivel bajo se debe a que se encuentran en un área donde el viento fluye libremente y de acuerdo con Venegas y Mazzeo (2018: p. 2) el viento juega un papel importante en el transporte y dilución de contaminantes.

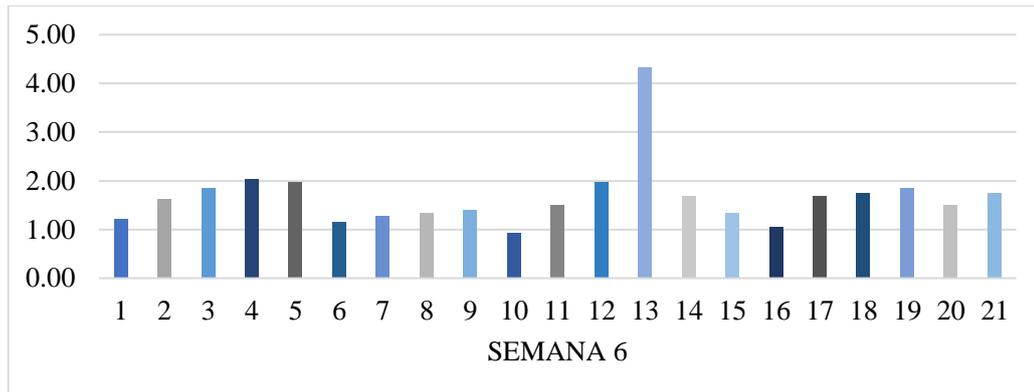


Gráfico 17-4: Concentración de cada punto de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), semana 6

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

El gráfico 17-4 muestra las concentraciones promedio alcanzadas en la semana 6 correspondiente al 15 al 21 de marzo de 2022. Se puede apreciar que el punto 13 tiene la concentración de SO_2 más representativa con un valor de $4,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, esto se debe a la cercanía a zonas donde puede haber una gran afluencia de vehículos.

Los resultados de concentración de SO_2 obtenidos durante un período de seis semanas variaron de un punto a otro, en promedio, el punto 13 ($3,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$) tuvo una mayor concentración por su cercanía a los estacionamientos de la zona. Este resultado está respaldado por el estudio de García et al (2013, pp.81-88) que mostró mayores concentraciones de SO_2 cerca de las entradas y salidas de vehículos; y por datos obtenidos por Martín et al. (2014, pp. 23-25), donde los valores más altos de concentración se registraron en zonas de alto tránsito vehicular, lo que se traduce en un aumento de las concentraciones de contaminantes en la zona de interés y afirmaron que las emisiones de SO_2 no se ven afectadas por la temperatura.

4.3. Simulación vehicular PTV Vissim

En las intersecciones de las calles Amazonas, Oscar Efrén Reyes, Eugenio Espejo y Vicente Maldonado, se consideraron seis puntos para la simulación vehicular en el sector terminal terrestre.

Tabla 3-4: Conteo vehicular realizado en el estudio

Promedio del conteo vehicular						
febrero - marzo de 2022						
	A. Puestos de cañas			B. Esquina del terminal		
	<i>Automóvil</i>	<i>Bus</i>	<i>Camión</i>	<i>Automóvil</i>	<i>Bus</i>	<i>Camión</i>
7:30-8:00	750	89	45	380	100	60
12:45-13:45	690	95	38	300	97	55
16:30-17:30	820	90	45	280	102	44
	C. Restaurante			D. Hotel Elvita		
	<i>Automóvil</i>	<i>Bus</i>	<i>Camión</i>	<i>Automóvil</i>	<i>Bus</i>	<i>Camión</i>
7:30-8:30	220	0	1	170	17	3
12:45-13:45	190	7	3	200	0	7
16:30-17:30	200	11	2	190	12	0
	E. Cafetería			F. Heladería		
	<i>Automóvil</i>	<i>Bus</i>	<i>Camión</i>	<i>Automóvil</i>	<i>Bus</i>	<i>Camión</i>
7:30-8:30	180	7	4	220	10	0
12:45-13:45	99	5	0	95	7	0
16:30-17:30	87	2	5	75	3	0

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

La Ilustración 1-4 muestra el flujo de tráfico generado por el software de simulación PTV Vissim utilizando datos reales sobre la cantidad de vehículos en el área de estudio durante 1 hora, 3 veces al día y una vez cada dos semanas, para un total de 3 veces.

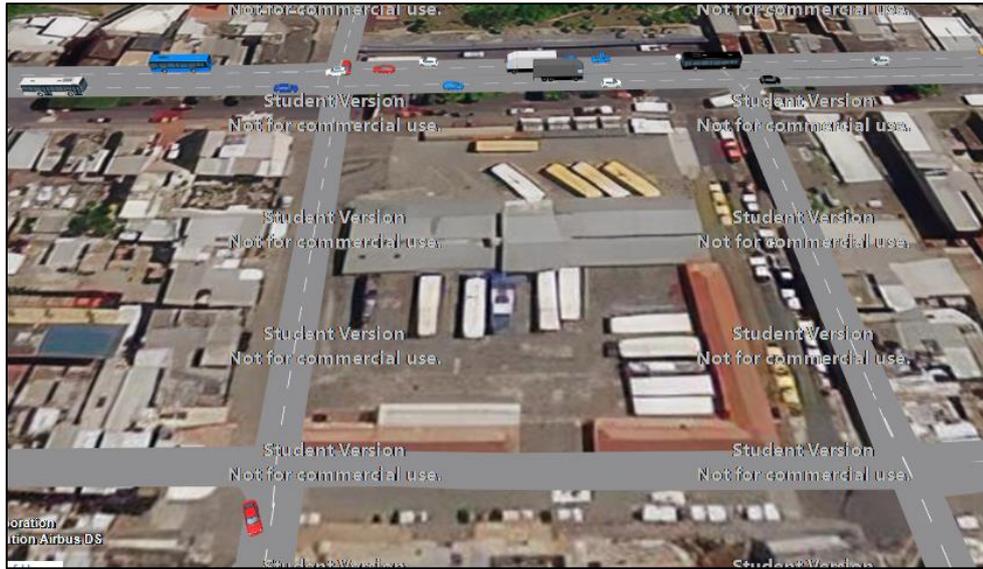


Ilustración 1-4. Simulación vehicular software PTV Vissim

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

4.4 Análisis de las concentraciones de NO₂ y SO₂ empleando software ArcGIS y Enviver Enterprise

Se utilizó el software ArcGIS para generar mapas de dispersión de la contaminación en el área, en función de los valores de concentración promedio de NO₂ y SO₂ durante un período de muestreo de seis semanas.

Utilizando los datos generados por el software PTV Vissim, el software Enviver Enterprise generó datos de NO_x emitidos por los vehículos que pasan por cada punto de muestreo, lo que arrojó concentraciones que oscilaron entre 6,04 y 24,22 µg/m³.

4.4.1. Dispersión NO₂

4.4.1.1. Generación de mapa en ArcGIS

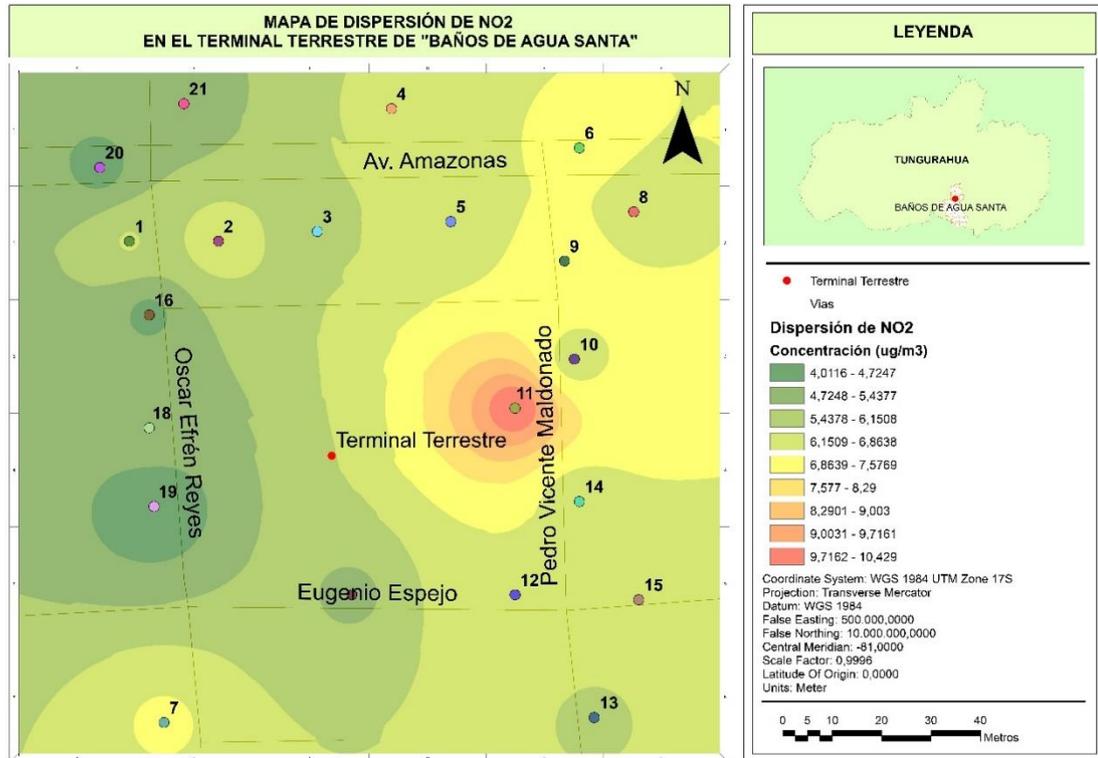


Ilustración 2-4. Mapa de dispersión para NO₂

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Los diferentes tonos en la escala de colores representan diferentes concentraciones de cada contaminante, que van desde concentraciones bajas (verde) hasta concentraciones altas (naranja). La Ilustración 2-4 muestra la concentración promedio total de NO₂ en el monitoreo de seis semanas, se puede observar que la tendencia de emisión de este contaminante se inclina hacia los puntos 11, 10, 9, 1 y 6, es decir, al este del área de estudio, esto debido a que se trata de un área comercial y de estacionamiento de vehículos, es importante señalar que este lugar será visitado por personas del sector y de personas ajenas.

4.4.1.2. Generación de mapa en Enviver Enterprise

Se puede observar en la Ilustración 3-4 que hay una mayor emisión de óxidos de nitrógeno en los puntos con tonalidades amarillentas a rojizas, ya que los vehículos liberan una mayor cantidad de gases de combustión al parar y volver a arrancar.

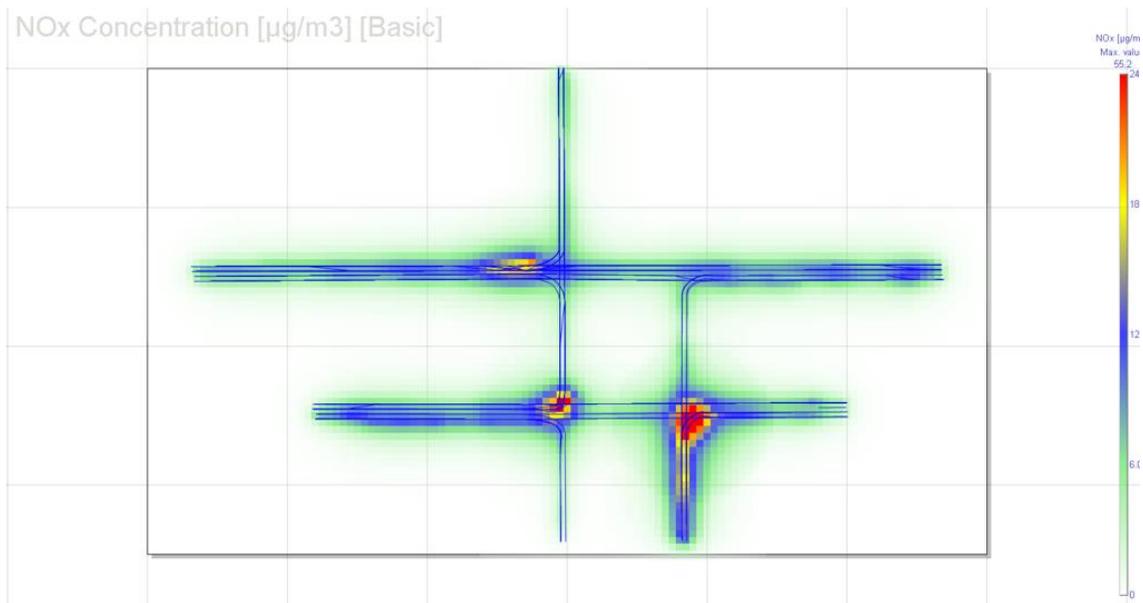


Ilustración 3-4. Mapa de dispersión para NO_x en el software Enviver Enterprise

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

4.4.1.3. Comparación de mapas en el análisis de NO₂

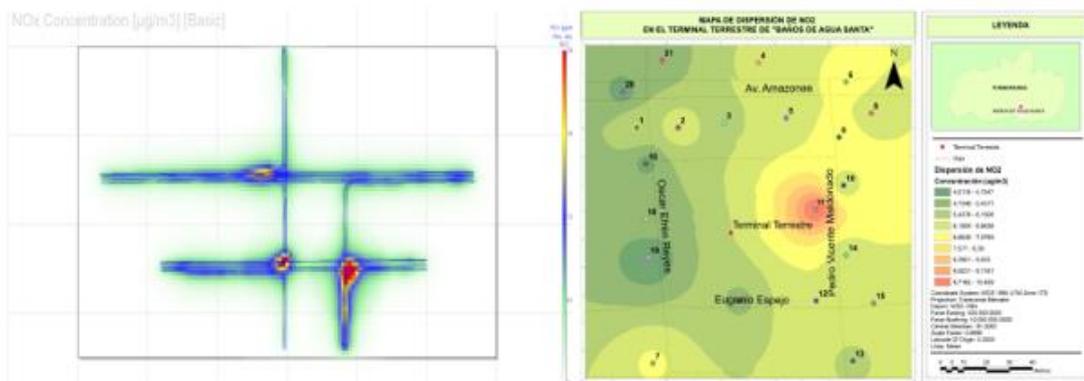


Ilustración 4-4. Comparación de mapa de dispersión para NO₂

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Como se puede observar en la Ilustración 4-4, la simulación muestra variaciones de color en los puntos (12, 14, 15), estos muestran una mayor tasa de emisión de NO_x. Cabe mencionar que, en los mapas de ArcGIS, las concentraciones de óxido de nitrógeno utilizadas fueron obtenidas en laboratorio, mientras que los mapas de emisión generados por el software Enviver Enterprise fueron resultados numéricos obtenidos luego de realizar conteos vehiculares en el área de estudio. Por otro lado, cabe aclarar que el 90% de las emisiones de NO_x son causadas por NO, siendo solo el 10% restante por NO₂ (De la Morena, 2010, p. 12).

4.4.2. Dispersión SO_2

4.4.2.1. Generación de mapa en ArcGIS

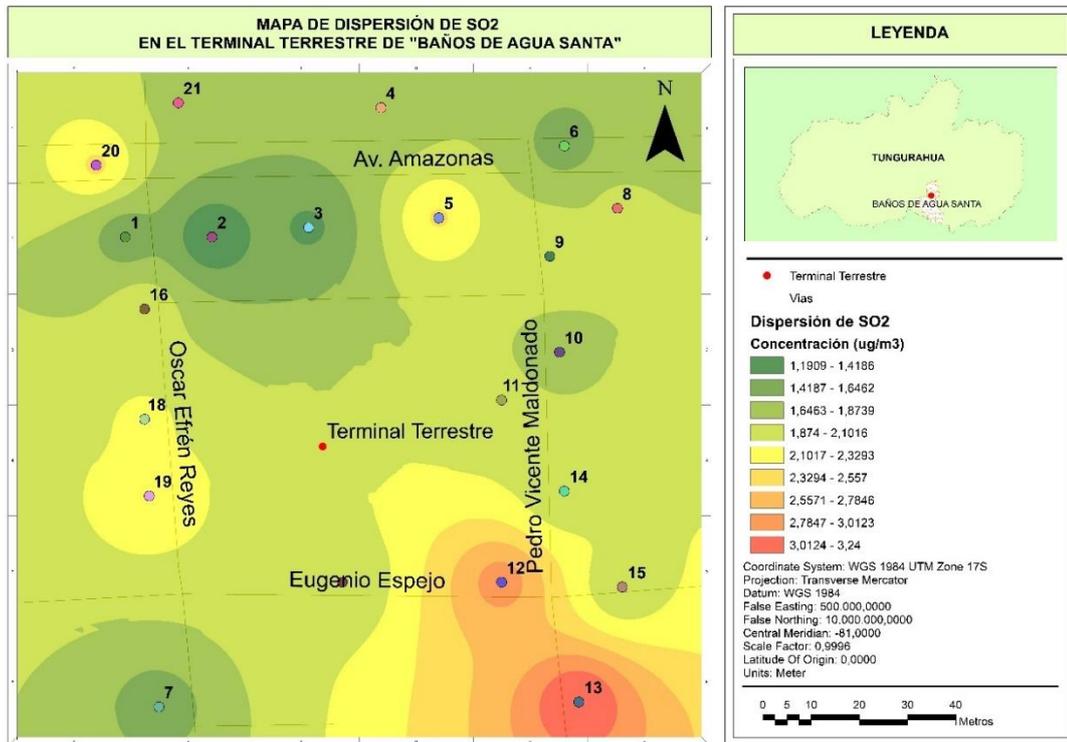


Ilustración 5-4. Mapa de dispersión para SO_2

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

En la Ilustración 5-4 se muestra la concentración total promedio de SO_2 en el monitoreo de seis semanas, se puede observar que la tendencia de emisión de este contaminante se inclina hacia los puntos 12, 13, 14, 15 y 17, es decir hacia el sur-este del área de estudio por tratarse de una zona de estacionamiento.

4.5. Resultados de la encuesta

Pregunta 1: ¿Conoce usted el significado de contaminación ambiental?

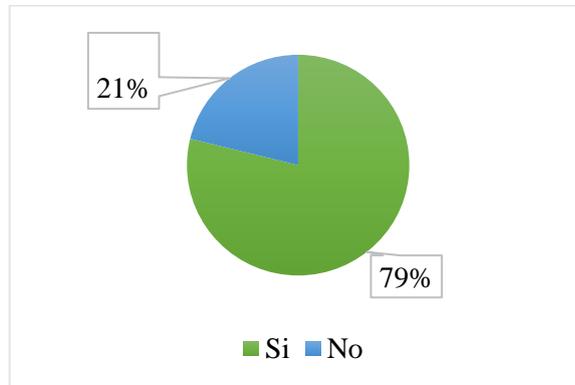


Gráfico 18-4. Resultados pregunta 1

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Análisis: De los 345 encuestados, el 79% conocía el término contaminación ambiental, mientras que el 21% nunca había oído hablar del concepto.

Pregunta 2: ¿Qué importancia estima que la mayoría de los habitantes de la ciudad asignan a la contaminación atmosférica?

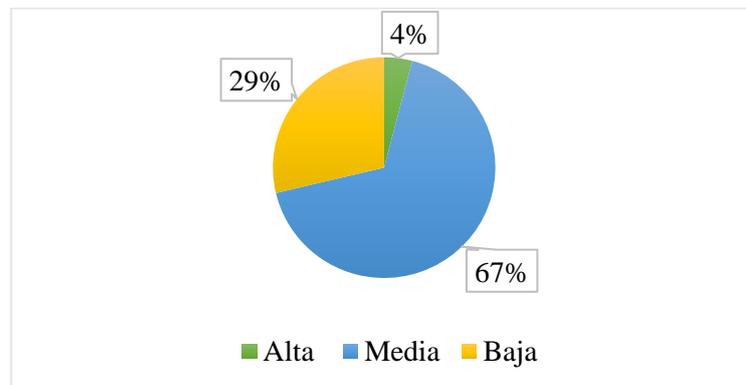


Gráfico 19-4. Resultados pregunta 2

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Análisis: En cuanto a la importancia que se le da a la contaminación del aire, el 67% de la población encuestada afirma que es de mediana importancia, seguido de un 29% de poca importancia y finalmente solo un 4% piensa que es de gran importancia. Esto indica que la mayoría de la población desconoce los problemas que esta contaminación representa para su salud.

Pregunta 3: ¿En el último año usted ha sufrido de algún problema de salud con diagnóstico médico que relacione a la contaminación del aire?



Gráfico 20-4. Resultados pregunta 3

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Análisis: De acuerdo con el gráfico 19-4, el 23% de la población experimentó enfermedades relacionadas con la contaminación del aire y el 77% dijo que no haber presentado problemas de salud. Por lo tanto, se puede inferir que la mayoría de los vecinos de la zona del terminal terrestre de Baños de Agua Santa no padecieron problemas de salud por el bajo nivel de contaminación.

Pregunta 4: Califique del 1 al 5 como considera usted la calidad del aire en su lugar de trabajo

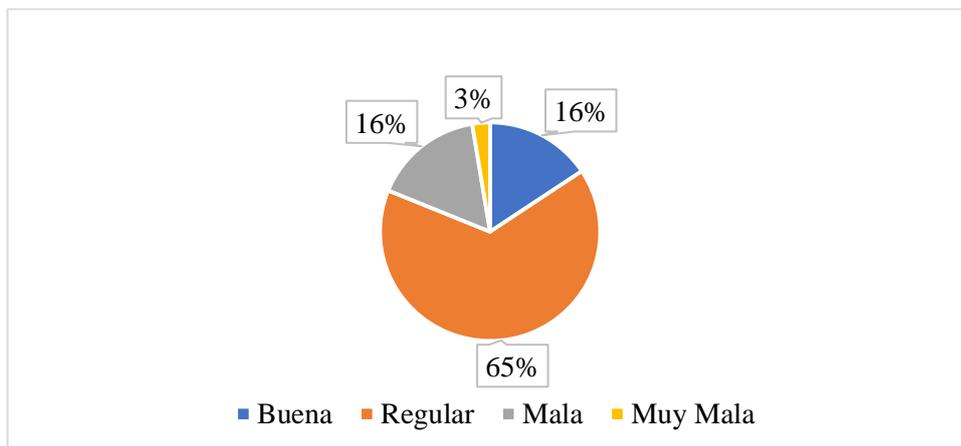


Gráfico 21-4. Resultados pregunta 4

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Análisis: El 65 % de los encuestados calificó la calidad del aire en el lugar de trabajo como regular, 16 % como mala, 16 % como buena y el 3 % como mala. Por lo tanto, las siguientes

preguntas fueron respondidas por solo 291 personas que calificaron la calidad como regular a muy mala.

Pregunta 5: ¿Cuáles considera que son las principales fuentes de contaminación del aire en Baños de Agua Santa en el sector del Terminal Terrestre?

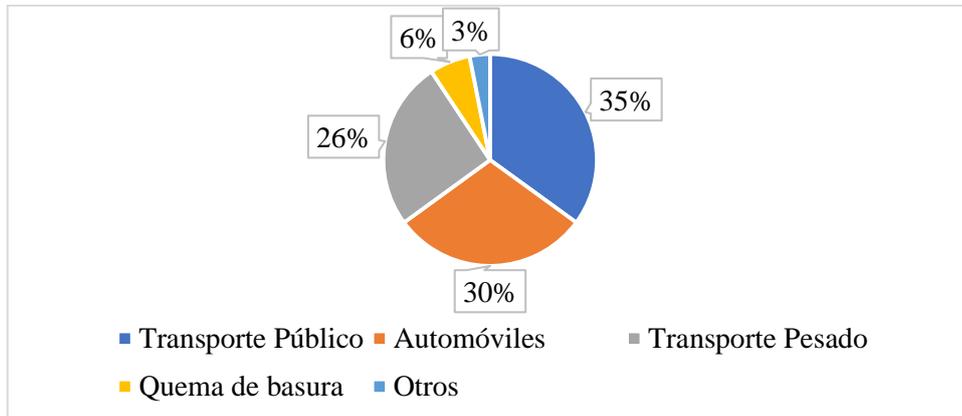


Gráfico 22-4. Resultados pregunta 5

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Análisis: Aproximadamente el 35% de los encuestados piensa que el transporte público es la mayor fuente de contaminación del aire en la zona, el 30% cree que son los automóviles, el 26% que el transporte es el mayor contribuyente y el 6% cree que la quema de basura es una de las principales fuentes de contaminación y solo el 3% de las personas pensaban en otras fuentes de contaminación del aire.

Pregunta 6: ¿Cuáles considera usted que son las causas que deterioran la calidad del aire?

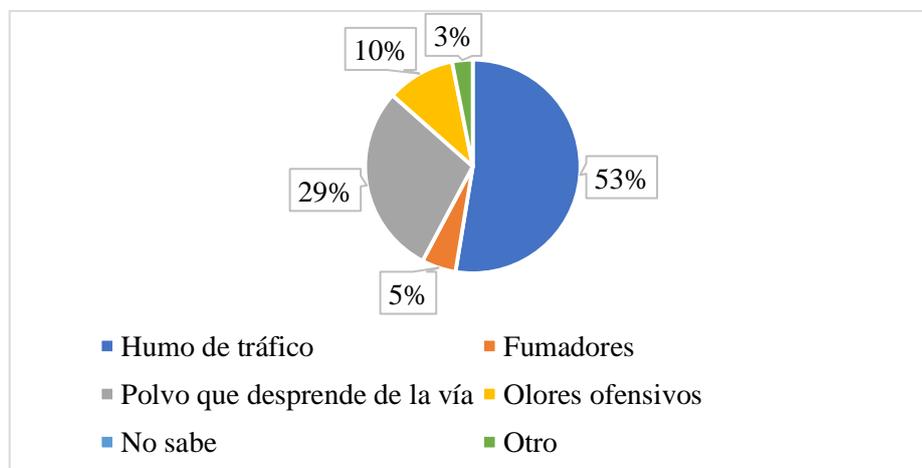


Gráfico 23-4. Resultados pregunta 6

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Aproximadamente más de la mitad de la población (53%) cree que las emisiones de los vehículos son el mayor contribuyente a la mala calidad del aire, según la encuesta. El 29 % de las personas piensa que el polvo generado por las carreteras es la principal causa de la mala calidad (esto se debe a cuestiones como el paso de camiones grandes, la calidad de las carreteras, etc.). El 13 % restante cree que hay otras causas de la mala calidad del aire (fumadores, olores ofensivos, otros).

4.6. Análisis estadístico

4.6.1. Prueba de Kolmogórov-Smirnov

Se realizó una prueba de Kolmogórov-Smirnov para verificar que los datos de concentración de NO₂ y SO₂ obtenidos durante el período de muestreo se distribuyeron normalmente.

Tabla 4-4: Prueba de Kolmogórov-Smirnov para NO₂

		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	
N		21	21	21	21	21	21	
Parámetros normales ^{a,b}	Media	4,7319	8,4938	8,4452	4,3176	5,7667	5,4671	
	Desv. estándar	1,72480	2,72928	2,81742	0,39040	1,62140	0,95729	
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,348	0,136	0,134	0,141	0,188	0,122	
	Positivo	0,348	0,136	0,134	0,141	0,188	0,122	
	Negativo	-0,271	-0,117	-0,129	-0,073	-0,109	-0,110	
Estadístico de prueba		0,348	0,136	0,134	0,141	0,188	0,122	
Sig. asin. (bilateral) ^c		0,000	,200 ^e	,200 ^e	,200 ^e	0,052	,200 ^e	
Sig. Monte Carlo (bilateral) ^d	Sig.	0,000	0,380	0,403	0,331	0,053	0,556	
	Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	0,000	0,367	0,390	0,319	0,047	0,543
		Límite superior	0,000	0,392	0,415	0,343	0,058	0,568

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Dando como resultado:

- La distribución de prueba es normal.
- Se calcula a partir de datos.
- Corrección de significación de Lilliefors.

- d. El método de Lilliefors basado en las muestras 10000 Monte Carlo con la semilla de inicio 299883525.
- e. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Tabla 5-4: Prueba de Kolmogórov-Smirnov para SO₂

		Semana 1	Semana 2	Seman a 3	Seman a 4	Semana 5	Seman a 6	
N		21	21	21	21	21	21	
Parámetros normales ^{a,b}	Media	1,7362	1,8605	2,3667	1,8143	2,3852	1,6786	
	Desv. Estándar	0,69061	0,52173	1,00836	0,94715	1,00437	0,68554	
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,240	0,092	0,231	0,243	0,233	0,256	
	Positivo	0,240	0,092	0,231	0,243	0,233	0,256	
	Negativo	-0,124	-0,086	-0,117	-0,178	-0,121	-0,137	
Estadístico de prueba		0,240	0,092	0,231	0,243	0,233	0,256	
Sig. asin. (bilateral) ^c		0,003	,200 ^e	0,005	0,002	0,004	0,001	
Sig. Monte Carlo (bilateral) ^d	Sig.	0,004	0,906	0,006	0,003	0,005	0,001	
	Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	0,002	0,898	0,004	0,001	0,003	0,000
		Límite superior	0,005	0,913	0,008	0,004	0,007	0,002

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Dando como resultado:

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.
- d. El método de Lilliefors basado en las muestras 10000 Monte Carlo con la semilla de inicio 299883525.
- e. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

4.6.2. Análisis de varianza ANOVA de un factor

A continuación, se presenta el análisis de varianza de un factor para cada caso ya que los datos siguen una distribución normal de acuerdo con los datos de la prueba anterior. La hipótesis se comprobó a nivel de confianza del 95 % con un nivel de significancia de 0,05.

Tabla 6-4: Resumen para NO₂

Semana	N	Media	Desv. estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
S1	21	4,7319	1,72480	,37638	3,9468	5,5170	3,68	12,06
S2	21	8,4938	2,72928	,59558	7,2515	9,7362	4,21	15,09
S3	21	8,4452	2,81742	,61481	7,1628	9,7277	3,88	15,12
S4	21	4,3176	,39040	,08519	4,1399	4,4953	3,75	5,06
S5	21	5,7667	1,62140	,35382	5,0286	6,5047	2,57	9,96
S6	21	5,4671	,95729	,20890	5,0314	5,9029	3,17	7,71
Total	126	6,2037	2,51784	,22431	5,7598	6,6477	2,57	15,12

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Tabla 7-4: ANOVA de varianza de un factor para NO₂

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	351,248	5	70,250	19,107	<,001
Dentro de grupos	441,191	120	3,677		
Total	792,439	125			

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Tabla 8-4: Resumen para SO₂

Semana	N	Media	Desv. estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
S1	21	1,7362	,69061	,15070	1,4218	2,0506	,94	4,34
S2	21	1,8605	,52173	,11385	1,6230	2,0980	,76	2,91
S3	21	2,3667	1,00836	,22004	1,9077	2,8257	,70	5,61

S4	21	1,8143	,94715	,20668	1,3831	2,2454	,94	4,98
S5	21	2,3852	1,00437	,21917	1,9281	2,8424	,71	5,63
S6	21	1,6786	,68554	,14960	1,3665	1,9906	,93	4,34
Total	126	1,9736	,86464	,07703	1,8211	2,1260	,70	5,63

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Tabla 9-4: ANOVA de varianza de un factor para SO₂

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10,616	5	2,123	3,076	,012
Dentro de grupos	82,835	120	,690		
Total	93,451	125			

Realizado por: Jordán, Karen, 2022.

Planteamiento de la Hipótesis

H₀: La concentración de los contaminantes NO₂ y SO₂, en el Terminal terrestre de Baños de Agua Santa, no varía a través del tiempo.

H₁: La concentración de los contaminantes NO₂ y SO₂, en el Terminal terrestre de Baños de Agua Santa, varía a través del tiempo.

Decisión: Dado que el valor de significación es inferior a 0,05 cuando se analizan los datos donde NO₂ y SO₂, existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H₀), por lo que se acepta H₁.

CONCLUSIONES

- Las concentraciones de NO₂ y SO₂ muestreadas semanalmente se determinaron utilizando muestreadores pasivos en 21 puntos establecidos arbitrariamente en el área de estudio que fueron. Los resultados obtenidos tras el análisis por espectrofotometría UV-Vis muestran que las concentraciones de NO₂ y SO₂ son bajas, varía la concentración media semanal de 4,01 µg/m³ - 10,44 µg/m³ para NO₂ y de 1,19- 3,24 µg/m³ para SO₂. De esta forma, se demuestra que las emisiones de los vehículos que han estado circulando en el terminal terrestre de Baños de Agua Santa durante las seis semanas de muestreo se encuentran dentro del límite máximo permisible, cuyo valor no debe superar el rango de 40 µg/m³ por año, ni la concentración máxima horaria de 200 µg/m³ para NO₂ y para SO₂ el límite máximo permisible es de 125 µg/m³ en 24 horas, 500 µg/m³ en 10 minutos y 60 µg/m³ en la media aritmética de un año, según lo descrito en las Normas de Calidad del Aire AM 097^a.
- La simulación de PTV Vissim modeló las condiciones del tráfico y los hábitos de los conductores en el área de estudio, recreando el flujo de vehículos. La simulación proporcionó datos de NO_x, dando valores entre 6,04 y 24,22 µg/m³, de acuerdo con bibliografía el NO₂ representa solo el 10% del NO_x, esto indica que los valores fueron similares a los obtenidos por los monitores pasivos.
- Las encuestas a la población más expuesta en las inmediaciones de los puntos de muestreo mostraron que la percepción de la contaminación del aire y su influencia es un tema importante, la población tiende a calificar la calidad del aire en su entorno cotidiano como regular, reconoce el impacto de la mala calidad del aire en la salud, distingue la aparición de algunas enfermedades relacionadas e identifica el transporte público y el tráfico de vehículos como las principales fuentes de contaminación del aire. Al analizar si los resultados de las encuestas se asocian con las concentraciones medidas se encontró que entre mayor importancia se da al tema de calidad del aire se corresponden valoraciones de la calidad del aire negativas, además, se observó que la calidad del aire osciló entre buena y normal según los datos, mientras que la calidad para los transeúntes es en su mayoría normal.
- La dispersión de NO₂ y SO₂ en el aire ambiente del área de estudio se determinó mediante mapas de simulación de dispersión de contaminantes, de donde se obtienen los puntos de mayor y menor concentración de NO₂ y SO₂, la baja presencia de estos gases en el área de estudio se atribuye al efecto de la velocidad y dirección del viento, ya que favorecieron la dispersión y dilución de su concentración en el área de estudio.

RECOMENDACIONES

- Establecer un tiempo de estudio de los contaminantes gaseosos superior a dos meses a fin de tener una base de datos más amplia que faculte establecer una relación más profunda de la presencia de los gases en el sector.
- Fomentar la educación de las personas en temas del cuidado de la calidad del aire.
- Realizar un conteo vehicular a través de cámaras o contadores automáticos para mayor precisión.
- Desarrollar un estudio de fuentes específicas (fijas o móviles) de emisión de Dióxidos de nitrógeno y azufre que faculte determinar la relación directa entre la concentración y la fuente de generación de contaminación atmosférica.
- Emplear equipos de análisis actualizados que permita disminuir el índice de error en el estudio de las muestras.

BIBLIOGRAFÍA

ACUERDO MINISTERIAL 097-A. *Anexo 4 Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente Norma De Calidad Del Aire Ambiente O Nivel De Inmisión Libro Vi Anexo 4.*

ANDRADE, L. Análisis operativo del terminal terrestre del cantón baños de agua santa y su incidencia en el congestionamiento vehicular de la ciudad [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba - Ecuador. 2020. pp. 1-182. [Consulta: 6 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/13739/1/112T0149.pdf>

ASTDR. *Óxidos de nitrógeno* [En línea]. 2019. [Consulta: 6 abril 2022]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html

BORGE; et al. “Experimental Campaign in a Heavily Trafficked Roundabout in Madrid for the Assessment of Air Quality Monitoring Station Representativeness in Terms of Population Exposure to NO₂”. *Universidad Politécnica de Madrid* [En línea], 2015, (China) 1(2), pp.1-31. [Consulta: 6 mayo 2022]. Disponible en: http://tecaire-cm.org/wp-content/uploads/2016/06/H-P_Kushan-RBorgedef.pdf

CALLA, L.; & LUJÁN, M. “Inventario de emisiones de fuentes móviles con una distribución espacial y temporal para el área metropolitana de Cochabamba, Bolivia”. *Universidad Católica Boliviana “San Pablo”* [En línea], 2017, (Bolivia) 8(3), pp. 332-353. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v8n3/v8n3_a05.pdf

CEPAL. *Efectos de las cuarentenas y restricciones de actividad relacionadas con el COVID-19 sobre la calidad del aire en las ciudades de América Latina* [En línea]. 2020. [Consulta : 25 abril 2022]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45839-efectos-cuarentenas-restricciones-actividad-relacionadas-covid-19-la-calidad>

CIFUENTES, Cristina. Validación del método para medir gases contaminantes (SO₂, NO₂ y O₃), mediante captadores pasivos, incluyendo un análisis de microbiológico de la calidad del aire en una fábrica industrial. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida, Sangolquí-Ecuador. 2014. pp. 1-105.

[Consulta: 6 mayo 2022]. Disponible en:
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9037/1/T-ESPE-048129.pdf>

COCHA, L. Análisis de las concentraciones de los contaminantes NO₂, SO₂ y BTX mediante sensores pasivos [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba-Ecuador. 2009. pp. 1-131. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en:
<http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/238/1/236T0025.pdf>

CONTRERAS; et al. *Contaminación atmosférica Atmósfera* [En línea]. 2013. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Atmosfera/contatmosf.pdf>

CRESPO, E. *Técnicas de muestreo* [En línea]. EOI, 2008. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45769.pdf>

CUEVA, Patricia. Estudio de SO₂ y NO₂ empleando muestreo pasivo en la zona industrial de la vía a la Costa - Guayaquil [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba - Ecuador. 2017. pp. 1-93. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en:
<http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/7853/1/236T0287.pdf>

DE LA CRUZ-MONTE DE OCA, F.; et al. “La dispersión atmosférica de contaminantes en una zona industrial de Cuba”. *Revista CENIC* [En línea], 2011, (Cuba) 42(2-3), pp. 38-39. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181623057006.pdf>

DE LA MORENA, B. Análisis de la concentración de O₃ y NO_x (NO + NO₂) en Andalucía Occidental [En línea]. Estación de Sondeos Atmosféricos, El Arenosillo – INTA, 2015. [Consulta: 6 octubre 2020]. Disponible en:
<http://www.conama8.conama.org/modulodocumentos/documentos/CTs/CT140.pdf>

DIARIO CONCEPCIÓN. *Contaminación dentro de automóviles*. 2018. [Consulta: 23 abril 2022]. Disponible en: <https://www.diarioconcepcion.cl/carta-al-director/2018/02/23/contaminacion-dentro-de-automoviles.html>

ESTRADA, María. Evaluación de la concentración de contaminantes atmosféricos en el sector del by pass de la ciudad de Riobamba [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba - Ecuador. 2021.

pp. 1-73. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8948/1/236T0345.pdf>

FERNÁNDEZ, L. Elaboración de inventarios de focos contaminantes, 2016. ISBN 8416482276, pp. 76-78.

GARCÍA, Mario; et al. “Concentración de contaminantes SO₂, NO₂ y correlación con H⁺, SO₄²⁻ y NO₃⁻ durante la temporada de lluvias en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México”. *Scielo* [En línea], 2013, (México) 29(2), pp.81-88. [Consulta: 6 mayo 2022]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcher/v29n2/art04.pdf>

HERRERA, J.; et al. “Uso de muestreadores pasivos para la determinación de dióxido de nitrógeno en dos municipios del área metropolitana de Costa Rica en 2004-2013”. *Revista de Ciencias Ambientales* [En línea], 2014, (Costa Rica) 48(2), pp. 20-29. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5536126>

IDEAM. *Estrategia de monitoreo*. 2016. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/001083/Course2/Lecturas/Monitoreo/monitor_cap2.pdf

LÓPEZ, A. *Ciclo de los contaminantes* [En línea]. 2015. [Consulta: 29 abril 2022]. Disponible en: <https://med.se-todo.com/biolog/10507/index.html>

LÓPEZ, J. Determinación de la concentración de Nox a la que se encuentran expuestos los peatones en el terminal terrestre de Riobamba [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba-Ecuador. 2020. pp. 1-86. [Consulta: 26 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14545/1/236T0518.pdf>

MANUAL SOBRE EL SECTOR DE LA ENERGÍA. *Emisiones fugitivas* [En línea]. Grupo Consultivo De Expertos Sobre Las Comunicaciones Nacionales De Las Partes No Incluidas En El Anexo I De La Convención (GCE), 2015. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://unfccc.int/sites/default/files/8-bis-handbook-fugitive-emissions.pdf>

MARTÍN, Yarelys; et al. “Determinación de la concentración de dióxido de nitrógeno en la atmósfera de Ciudad de La Habana mediante captadores pasivos”. *Revista CENIC Ciencias*

Químicas [En línea], 2014, (Cuba), 40(1), pp. 23-25 [Consulta: 6 mayo 2022]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1816/181621659004.pdf>

MARTÍNEZ, I.; & DÍAZ DE MERA, R. *Introducción al monitoreo atmosférico*. Metepec-México : ECO, 2004. ISBN: 92-75-322236, pp.13-39.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA. *La Atmósfera* [En línea]. Explora, 2017. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002316.pdf>

MIRANDA, G. Evaluación del comportamiento de los contaminantes atmosféricos O₃, NO₂ y COVs en el efecto fin de semana en el centro histórico de la ciudad de Riobamba [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba-Ecuador. 2017. pp. 1-89. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/7849/1/236T0285.pdf>

MOLINA, C.; & JIMÉNEZ, J. Desarrollo de la metodología para recolección y valoración de concentraciones de SO₂ del aire ambiente en el parque industrial y las zonas de mayor tráfico de la ciudad de Cuenca [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Ambiental, Cuenca - Ecuador. 2015. pp. 1-133. [Consulta: 9 junio 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8021/1/UPS-CT004887.pdf>

MOSCOSO, A. *Conceptos básicos sobre el material particulado* [En línea]. 2019. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>

Ñaupas, et al. *Metodología de la investigación*. 4 ed. Colombia: Ediciones de la U, 2014. ISBN 978-958-762-876-0. pp- 15-560.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Contaminación del aire ambiente (exterior)* [En línea]. 2021. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

PTV GROUP. *PTV VISSIM es el software de simulación de tráfico estándar utilizado en más de 2.500 ciudades de todo el mundo*. 2014. [Consulta: 26 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/ptv-vissim-nuevo/>

QUEVEDO, Olga; & CALDERÓN, Fernanda. “Distribución espacial del azufre en la atmósfera del estuario interior del Golfo de Guayaquil, a partir de muestreadores pasivos” (Fenn y Poth, 2004) Guayaquil, Ecuador”. *Revista de Ciencias y Tecnología Acta Nova* [En línea], 2018, (Ecuador) , 8(3), pp. 467-493. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000100012.

RUIZ, A. Evaluación de la dispersión de contaminantes atmosféricos del complejo termas de la virgen de la ciudad de Baños de Agua Santa [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba-Ecuador. 2018. pp. 1-103. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/10543/1/236T0402.pdf>

SÁNCHEZ, Alejo, et al. “Cuantificación de dióxido de nitrógeno con captadores pasivos tipo Radellio”. *Revista Cubana de Química* [En línea], mayo de 2011, (Cuba), 13(2). ISSN 0258 - 5995. [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543723010.pdf>

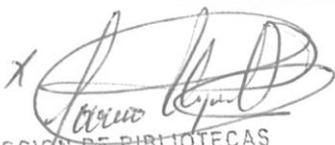
TENEMAZA, P. Validación de métodos de ensayo para determinación de porcentaje de oxígeno, temperatura y flujo de gases en fuentes fijas de combustión [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Quito-Ecuador. 2015. pp. 1-155. [Consulta: 29 abril 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6056/1/T-UCE-0017-0157.pdf>

TÚQUERES, PAÚL. Estudio y análisis de las emisiones de NO₂ generadas por el campo automotor en el sector del terminal terrestre de la ciudad de Riobamba [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba-Ecuador. 2017. pp. 1-82. [Consulta: 25 abril 2022]. Disponible en: <file:///G:/TRABAJO/KAREN/DOCUMENTOS/236T0278.pdf>

VENEGAS, L.; & MAZZEO, N. “La velocidad del viento y la dispersión de contaminantes en la atmósfera”. *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas* [En línea], 2018, (Argentina) 1(1), pp. 1-11. [Consulta: 23 abril 2022]. Disponible en: <http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/cliv2/public/actas%20congreso/15.Venegas.CLIV2.pdf>

VITERI, F. Cálculo de la Huella de Carbono de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Quito - Ecuador. 2013. pp. 1-123. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7253/1/T-ESPE-047307.pdf>

ZAPATA, Carmen; et al. “Fortalecimiento de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire en el Valle de Aburrá con Medidores Pasivos”. *Gestión y Ambiente* [En línea], 2008, (Colombia) 11(1), pp. 67-83. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/viewFile/9215/9856><https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/viewFile/9215/9856>



DIRECCION DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACION
Donatan Parreno Uquillas MBA
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

ANEXOS

ANEXO A: GEOREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



ANEXO B: COLOCACIÓN DE MUESTREADORES



ANEXO C: ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS





ANEXO D: RESULTADOS OBTENIDOS EN ENVIVER ENTERPRISE

Enviver (Enterprise) (Online) [*Evaluation mode*]

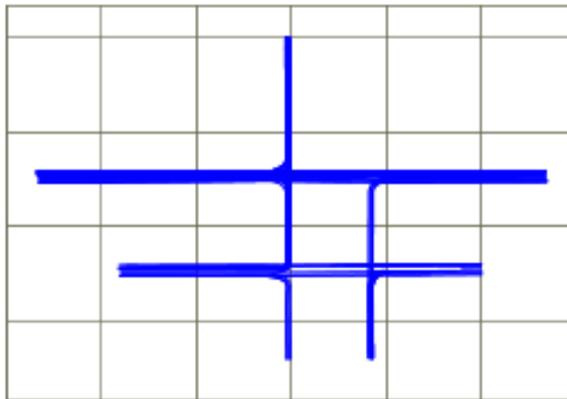
Date: 6/7/2022
 Description: -
 Remarks: -
 Traffic data: E:\SIMULACION TERMINAL\TERMINAL_SIMULACION_804.tp
 Application version: 5.8.0 (Release date: 6/12/2018)
 Evaluation version: REPORTED EMISSION VALUES HAVE NO MEANING IN ANY CONTEXT!

Please, be aware that the emission calculations are based upon RANDOMIZED PARAMETERS instead of the validated parameters from the TNO-Verit software. Therefore, NEVER trust the emission values from the evaluation mode for any other purpose than examining the workload and technical capabilities of this product.

Emission

	CO ₂	NO _x	PM ₁₀
	5484.454 g	3.612 g	261.757 mg
	152.111 kg/h	100.174 g/h	7.260 g/h
	220.458 g/km	145.184 mg/km	10.522 mg/km

Site: 2605
 Time span: 12:00:00-12:02:10



Enviver uses the VERIT+micro models developed by TNO.



In no event will TNO be liable for consequential damages arising out of the use of Verit. All rights are described in the computer software license agreement.
 6 julio 2022

Enviver (Enterprise) (Online) [*Evaluation mode*]

Traffic data

	Total			Calculated			Excluded		
	Trips	Samples	Distance	Trips	Samples	Distance	Trips	Samples	Distance
Euro4-B(Randomized)	55	11870	29.3 km	55	11870	29.3 km	0	0	0.0 km
Euro4-D(Randomized)	23	6065	5.6 km	23	6065	5.6 km	0	0	0.0 km
Unassigned	0	0	0.0 km	0	0	0.0 km	0	0	0.0 km
Total	78	18021	34.9 km	78	18021	34.9 km	0	0	0.0 km

Emission totals per class

	CO ₂	NO _x	PM ₁₀
Euro4-B(Randomized)	4254450 g	1.126 g	0.000 mg
Euro4-D(Randomized)	1124850 g	2.416 g	261.757 mg
	20.5%	66.9%	100.0%
Total	5484.454 g	3.612 g	261.757 mg

Emission per class per hour

	CO ₂	NO _x	PM ₁₀
Euro4-B(Randomized)	120.943 kg/h	333.71 g/h	0.000 mg/h
Euro4-D(Randomized)	31.298 kg/h	67.003 g/h	7.260 g/h

Emission per class per km

	CO ₂	NO _x	PM ₁₀
Euro4-B(Randomized)	204.002 g/km	42.081 mg/km	0.000 mg/km
Euro4-D(Randomized)	281.126 g/km	412.363 mg/km	46.947 mg/km

Assignments

	Verit+ emission class	Vehicle type
Euro4-D(Randomized)	Euro 4 - Diesel (Randomized evaluat)	HGV BUS INTERPROVINCIAL
Euro4-B(Randomized)	Euro4 - Benzine (Randomized evaluat)	AUTOMOVIL

ANEXO E: FORMATO DE ENCUESTA

 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS



ENCUESTA

INCIDENCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL TERMINAL DE BAÑOS DE AGUA SANTA

1. Conoce usted el significado de contaminación ambiental

SI NO

2. ¿Qué importancia estima que la mayoría de los habitantes de la ciudad asignan a la contaminación atmosférica?

Alta Media Baja

3. ¿En el último año usted ha sufrido de algún problema de salud con diagnóstico médico que relacione a la contaminación del aire?

SI No

4. ¿Califique del 1 al 5 como considera usted la calidad del aire en su lugar de trabajo?

Excelente (5) Buena(4) Regular(3) Mala(2)
 Muy Mala (1)

Si su respuesta anterior es Regular o Mala, conteste las siguientes preguntas

5. ¿Cuáles considera que son las principales fuentes de contaminación del aire en Baños de Agua Santa en el sector del Terminal Terrestre?

Transporte Publico Automóviles Transporte Pesado Quemado de basura Otros

6. Cual/es considera Ud. que son las causas que deterioran la calidad del aire?

Humo del Trafico Fumadores Polvo que desprende de la vía

Olores ofensivos No sabe Otros cuál?



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 03 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Karen Daniela Jordan Rodriguez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniera en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.


DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACIÓN
 Ing. Jonatan Parreño Uquillas MBA
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

2255-DBRA-UTP-2022