

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
DE RECURSOS NATURALES**



**“EL PARQUE AUTOMOTOR Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE
EN EL TRAMO DE LA AVENIDA ALFREDO MENDIOLA -
URBANIZACION PRO, LIMA 2024”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**

AUTORES:

LIZ CAROLINA BERROSPI RODRIGUEZ

WILDER CRISTIAN MAMANI FERNANDEZ

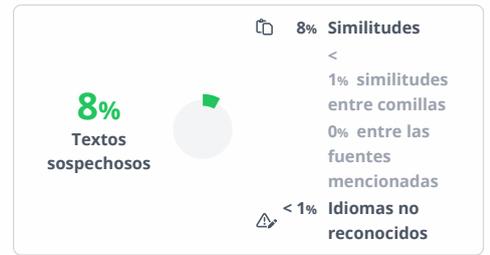
ASESOR: ABNER JOSUÉ VIGO ROLDAN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL AMBIENTE

Callao, 2024

PERÚ

1A; BERROSPI RODRIGUEZ-Liz Carolina; MAMANI FERNANDEZ-Wilder Cristian



Nombre del documento: 1A; BERROSPI RODRIGUEZ-Liz Carolina; MAMANI FERNANDEZ-Wilder Cristian.pdf
ID del documento: d51883e32db3362a198ccc2646d54c6bfc8ac3b9
Tamaño del documento original: 651,74 kB
Autores: []

Depositante: FIARN PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION
Fecha de depósito: 15/7/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 15/7/2024

Número de palabras: 13.419
Número de caracteres: 86.038

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #8ca796 El documento proviene de otro grupo 9 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (149 palabras)
2	repositorio.upsc.edu.pe http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/UPSC/443/3/Lidia_Cira_CCAPA_HUAYTA.pdf 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (126 palabras)
3	repositorio.uns.edu.pe https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3293/48974.pdf?sequence=1 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (100 palabras)
4	revistaespacios.com Revista ESPACIOS Vol. 41 (17) 2020 https://revistaespacios.com/a20v41n17/20411711.html 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (79 palabras)
5	www.who.int Contaminación atmosférica https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (72 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.ucv.edu.pe Evaluación de la contaminación en el aire por material part... https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75934#:~:text=El objetivo general de esta inv...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	repositorio.unfels.edu.pe https://repositorio.unfels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/1048/1/T088A_43992694_T.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
3	resources.aprendoencasa.pe https://resources.aprendoencasa.pe/red/modality/ebr/level/secundaria/grade/5/speciality/cta/su...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
4	repositorio.upeu.edu.pe https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/20.500.12840/3372/4/Edson_Tesis_Licenciatura_2020....	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
5	investigar1.files.wordpress.com https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/planteamiento_del_problema-compatible2.ppt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES



IX CICLO TALLER DE TESIS

ANEXO 3

ACTA N° 002-2024 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

LIBRO 01 FOLIO No. 192 ACTA N°002-2024 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES.

A los 10 días del mes de agosto del año 2024, siendo las 08:56 horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales** de la **Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

Dr.	Eduardo Valdemar Trujillo Flores	: Presidente
MSc.	María Antonieta Gutiérrez Díaz	: Secretaria
Dr.	Jorge Quintanilla Alarcón	: Vocal
Mtro.	Abner Josué Vigo Roldán	: Asesor

Con el quórum reglamentario de ley, de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, y habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, se dio inicio al acto de sustentación de la tesis, de los bachilleres Liz Carolina Berrospi Rodriguez y Wilder Cristian Mamani Fernandez, titulada: **"EL PARQUE AUTOMOTOR Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL TRAMO DE LA AVENIDA ALFREDO MENDIOLA - URBANIZACION PRO, LIMA 2024"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera presencial en el auditorio de la Facultad;

Luego de la exposición, la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, el jurado acordó: Dar por **APROBADO** la presente tesis, con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **QUINCE (15)**, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio de 2023.

Se dio por cerrada la Sesión a las 09:30 horas del día sábado 10 de agosto del año en curso.



Presidente
Dr. Eduardo Valdemar Trujillo Flores



Secretaria
MSc. María Antonieta Gutiérrez Díaz



Vocal
Dr. Jorge Quintanilla Alarcón



Asesor
Mtro. Abner Josué Vigo Roldán

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR

PRESIDENTE: DR. EDUARDO VALDEMAR TRUJILLO FLORES

SECRETARIO: MS.C. MARÍA ANTONIETA GUTIÉRREZ DÍAZ

VOCAL: DR. JORGE QUINTANILLA ALARCÓN

ASESOR: MTRO. ABNER JOSUÉ VIGO ROLDÁN

Nº DE LIBRO: 001

Nº DE FOLIO: 192

Nº DE ACTA: 002-2024

FECHA DE APROBACION DE TESIS: 10 DE AGOSTO DEL 2024

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

TÍTULO:

“PARQUE AUTOMOTOR Y CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL TRAMO DE LA AVENIDA ALFREDO MENDIOLA -URBANIZACION PRO, LIMA 2024”

AUTOR(ES):

LIZ CAROLINA BERROSPI RODRIGUEZ / 0009-0006-8631-2006 / DNI:74917258

WILDER CRISTIAN MAMANI FERNANDEZ / 0009-0000-3934-2380 / DNI: 46800696

ASESOR:

ABNER JOSUÉ VIGO ROLDÁN / 0000-0002-5611-8011/ 08085074

LUGAR DE EJECUCIÓN:

TRAMO DE LA AVENIDA ALFREDO MENDIOLA

UNIDADES DE ANÁLISIS:

PARQUE AUTOMOTOR

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

EMPIRICA / CUANTITATIVO / NO EXPERIMENTAL

TEMA OCDE:

1.05.08 CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE

DEDICATORIA

A mis padres, Eva y Anibal quienes, con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

Liz Berrospi

A mis padres, Nelly y Cipriano y mis hermanas, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más; gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

Wilder Mamani

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Callao, por las enseñanzas brindadas. A todos los profesores y compañeros, que fueron pilares importantes para mi formación.

A nuestro asesor, ABNER JOSUÉ VIGO ROLDÁN, por su guía y apoyo durante su ejecución.

Al laboratorio ADLAB y al Ing. David Arroyo por el apoyo y asesoramiento, a las personas que apoyaron en este proceso para hacer realidad la presente investigación.

ÍNDICE

I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1.	Descripción de la realidad problemática	16
1.2.	Formulación del problema	17
1.2.1.	Problema general.....	17
1.2.2.	Problemas específicos	17
1.3.	Objetivos.....	18
1.3.1.	Objetivo general.....	18
1.3.2.	Objetivos específicos	18
1.4.	Justificación	19
1.5.	Delimitantes de la investigación	20
1.5.1.	Delimitante teórica	20
1.5.2.	Delimitante temporal	20
1.5.3.	Delimitante Espacial	21
II.	MARCO TEÓRICO.....	22
2.1.	Antecedentes del estudio	22
2.1.1.	Internacionales.....	22
2.1.2.	Nacionales	25
2.2.	Bases Teóricas	27
2.2.1.	Contaminación atmosférica	27
2.2.2.	Estándar de Calidad Ambiental – ECA AIRE	28
2.2.3.	Contaminantes primarios.....	28
2.2.4.	Contaminantes secundarios.	28

2.2.5.	Parámetros físicos y químicos	29
2.2.6.	Índice de Calidad del Aire (INCA)	30
2.3.	Marco Conceptual.....	31
2.3.1.	Contaminación de aire	31
2.3.2.	Parque automotor	32
2.4.	Definición de términos básicos.....	34
2.4.1.	Contaminante atmosférico	34
2.4.2.	Focos de emisión	34
2.4.3.	Composición del aire	35
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	36
3.1.	Hipótesis	36
3.1.1.	Hipótesis General.....	36
3.1.2.	Hipótesis específica	36
3.1.3.	Operacionalización de variables.....	37
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	38
4.1	Método de investigación.....	39
4.2	Población y muestra	40
4.2.1.	Población	40
4.2.2.	Muestra	40
4.3	Lugar del estudio y periodo desarrollado	41
4.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.	41
4.4.1.	Técnica de recopilación de datos	41
4.4.2.	Materiales, equipos e insumos	43
4.5	Análisis y procedimientos de datos	44

4.6 Aspectos éticos de la investigación.....	44
V. RESULTADOS	45
5.1 Resultados descriptivos.....	45
5.1.1 Relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado.....	45
5.1.2 Relación de contaminación de aire por material particulado PM ₁₀ , PM _{2.5} y la congestión vehicular	50
5.1.3 Relación de contaminación de aire por gases SO ₂ , CO y NO ₂ y la congestión vehicular	51
5.2 Resultados inferenciales	52
5.2.1 Relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado.....	52
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	58
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	58
6.1.1 Contrastación con la hipótesis general.....	58
6.1.1.1 Contrastación con la hipótesis específica 1.....	58
6.1.1.2 Contrastación con la hipótesis específica 2.....	59
6.1.1.3 Contrastación con la hipótesis específica 3.....	59
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.	59
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes	63
VII. CONCLUSIONES.....	64
VIII. RECOMENDACIONES	65
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estándares de Calidad Ambiental para Aire	29
Tabla 2 Matriz de Operacionalización de variables	37
Tabla 3 Materiales y equipos.....	43
Tabla 4 Medidas estadísticas para PM ₁₀	46
Tabla 5 Medidas estadísticas para PM _{2.5}	47
Tabla 6 Medidas estadísticas para SO ₂	48
Tabla 7 Medidas estadísticas para CO.....	49
Tabla 8 Medidas estadísticas para NO ₂	50
Tabla 9 Tabla cruzada Intervalo de INCA PM ₁₀ * unidades por día	50
Tabla 10 Tabla cruzada Intervalo de INCA PM _{2.5} *unidades por día.....	51
Tabla 11 Tabla cruzada Intervalo de INCA SO ₂ * unidades por día.....	51
Tabla 12 Tabla cruzada Intervalo de INCA CO * unidades por día.....	52
Tabla 13 Tabla cruzada Intervalo de INCA NO ₂ * unidades por día	52
Tabla 14 Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para contaminación de aire y tiempo	53
Tabla 15 Prueba de Pearsons entre contaminación de aire y tiempo.....	54
Tabla 16 Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para Material Particulado	56
Tabla 17 Análisis de contaminación de aire por material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} y la congestión vehicular	56
Tabla 18 Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para gases	57
Tabla 19 Relación de contaminación de aire por gases SO ₂ , CO y la congestión vehicular.....	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cambio de Filtros.....	40
Figura 2 Filtro con muestra PM _{2.5}	40
Figura 3 Lugar de estudio – Urbanización Pro.....	41
Figura 4 Resultados de PM ₁₀	45
Figura 5 Resultados de PM _{2.5}	46
Figura 6 Resultados de SO ₂	47
Figura 7 Resultados de CO.....	48
Figura 8 Resultados de NO ₂	49
Anexo 9 Clasificación de los valores inca.....	85

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AV: Avenida

OC: Carbono orgánico

CO: Monóxido de carbono

CO₂: Dióxido de carbono

ECA: Estándar de Calidad Ambiental

FIARN: Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales

INCA: El índice de Calidad del Aire

MINAM: Ministerio del Ambiente

NO_x: Óxidos de nitrógeno

NO₂: Dióxido de nitrógeno

PM: Material particulado

O₃: Ozono troposférico

OPS: Organización Panamericana de la Salud

OMS: Organización Mundial de la Salud

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

RENATI: Registro nacional de trabajos de investigación

SO₂: Dióxidos de azufre

CFB: Carretera Federico Basadre

CSR: Carretera Santa Rosa

RESUMEN

La calidad del aire es una preocupación creciente en áreas urbanas con alta densidad vehicular. En Lima, la avenida Alfredo Mendiola en la urbanización Pro, caracterizada por intenso tráfico en horas punta, fue objeto de estudio para evaluar la relación entre el parque automotor y la contaminación del aire. El estudio utilizó una metodología aplicada con enfoque cuantitativo, de nivel correlacional y diseño no experimental. Se midieron los contaminantes $PM_{2.5}$, PM_{10} , SO_2 , CO y NO_2 en tres puntos de monitoreo a lo largo de la avenida durante cinco días consecutivos, con muestras recolectadas diariamente. Los resultados indicaron una alta correlación entre la concentración de material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y la actividad vehicular, superando los estándares de calidad del aire y destacando el impacto significativo del tráfico en la contaminación del área. Por otro lado, SO_2 y CO mostraron una correlación débil negativa con el parque automotor, y los niveles de NO_2 no superaron los estándares de calidad. Estos hallazgos sugieren que, aunque los gases contaminantes no son críticos, el material particulado representa un problema importante que requiere atención para mejorar la calidad del aire y proteger la salud pública en la urbanización Pro.

Palabras claves: Contaminación del aire, parque automotor, concentración, material particulado, dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno.

ABSTRACT

Air quality is a growing concern in urban areas with high vehicle density. In Lima, Alfredo Mendiola Avenue in the Pro urbanization, characterized by intense traffic at rush hours, was the object of a study to evaluate the relationship between the vehicle fleet and air pollution. The study used an applied methodology with a quantitative approach, correlational level and non-experimental design. Pollutants PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, CO and NO₂ were measured at three monitoring points along the avenue for five consecutive days, with samples collected daily. The results indicated a high correlation between the concentration of particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀) and vehicular activity, exceeding air quality standards and highlighting the significant impact of traffic on area pollution. On the other hand, SO₂ and CO showed a weak negative correlation with the vehicle fleet, and NO₂ levels did not exceed quality standards. These findings suggest that, although polluting gases are not critical, particulate matter represents a significant problem that requires attention to improve air quality and protect public health in urbanization Pro.

Keywords: Air pollution, vehicle fleet, concentration, particulate matter, sulfur dioxide, carbon monoxide, nitrogen dioxide.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un problema ambiental crítico que afecta a las sociedades modernas. En las últimas décadas, el crecimiento del parque automotor ha contribuido significativamente a este problema, liberando grandes cantidades de gases y partículas a la atmósfera. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que la contaminación del aire es responsable de millones de muertes prematuras cada año, subrayando la necesidad de abordar esta cuestión a nivel global y local. En Lima, una de las ciudades más pobladas de América del Sur, la situación es particularmente grave.

Por lo planteado, surge de la necesidad de entender mejor la relación entre el parque automotor y la contaminación del aire, considerando para el estudio la zona específica de la avenida Alfredo Mendiola debido a que se ha observado un deterioro significativo en la calidad del aire. El objetivo general de este estudio fue determinar la relación entre el parque automotor y la contaminación del aire en el tramo de la Avenida Alfredo Mendiola. Es importante mencionar, que la exposición prolongada a estos contaminantes del aire, como el PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO y NO_2 , tiene efectos adversos graves sobre la salud humana, incluyendo enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Esta investigación contribuye a crear conciencia sobre la importancia de la calidad del aire y sus efectos en la salud, además, puede servir como una referencia para futuros estudios orientados a mejorar la calidad del aire.

A nivel metodológico se utilizó un enfoque cuantitativo basado en la medición de la calidad del aire mediante tres estaciones que proporcionaron datos en tiempo real sobre las concentraciones de contaminantes clave, permitiendo un análisis detallado de las variaciones y tendencias. Los hallazgos de esta investigación pueden influir en la formulación de políticas y regulaciones que limiten las emisiones de los vehículos, lo que a largo plazo podría llevar a una mejora en salud pública

Para dar respuesta al tema objeto de estudio, el trabajo se conformó por el primer capítulo; presenta el planteamiento del problema; el segundo capítulo conformado por el marco teórico que brinda las bases teóricas; el tercer capítulo abarca la hipótesis y variables; el cuarto capítulo detalla la metodología del proyecto; el quinto capítulo brinda los resultados obtenidos; y el sexto capítulo discute estos resultados en el contexto de la problemática planteada. Finalmente, séptimo y octavo capítulo ofrece conclusiones y recomendaciones basadas en los hallazgos del estudio.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El parque automotor se ha vuelto un componente central de la vida actual debido a la rapidez del crecimiento urbano que existe hoy en día. Pero su rápido crecimiento ha dado lugar a otra preocupación importante: la calidad del aire que se respira. Resulta oportuno mencionar que la contaminación del aire por consecuencia del parque automotor tiene alto impacto, debido a la contaminación que se ha dado a nivel mundial. Según, Lara (2019), los vehículos de motor son responsables de alrededor del 25% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO_2). Además del CO_2 , hay otros contaminantes del aire que son emitidos por los vehículos como: óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas en suspensión (PM), monóxido de carbono (CO), estas emisiones son las principales contribuyentes a la mala calidad del aire, generando impactos negativos a la salud humana.

En América del Sur, las concentraciones de material particulado menor a $2,5 \mu\text{m}$ son un gran problema, y se estima que un 15 % de la población está expuesto a concentraciones promedio de este contaminante que exceden el nivel recomendado por la Organización Mundial de la Salud. Teniendo a Perú, Chile y Brasil como los países con mayor concentración de partículas en el aire con $28.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $24.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $16.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En general, para los países de América del Sur, se pueden encontrar datos principalmente de óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxidos de azufre (SO_2), partículas de 10 o $2,5 \mu\text{m}$ y monóxido de carbono (CO) (Mancero Chicaiza, 2023).

Así, como otros países en desarrollo, el Perú afronta problemas en relación con la emisión de contaminantes que han afectado la calidad del aire. Entre estos se encuentra el material particulado (MP), el monóxido de carbono (CO) proveniente de los tubos de escape de los vehículos en movimiento (Cordova Mendoza, y otros, 2021). Según el reporte de IQAir (2023) Perú está ubicado en el puesto número 3 del ranking de América Latina en concentración de material particulado ($\text{PM}_{2.5}$), uno de los indicadores más usados para medir la concentración de contaminación con un promedio de $18.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, teniendo a Carabayllo y Puente Piedra dentro de las 10 ciudades más contaminadas con $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $27.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que está sobrepasando el límite según las directrices de la OMS para calidad del aire, que indican una máxima exposición de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para las $\text{PM}_{2.5}$.

La exposición a un aire contaminado está estrechamente relacionada con un incremento en el riesgo de desarrollar diversas patologías, tales como infecciones respiratorias, enfermedades cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares. La exposición a largo plazo de contaminantes atmosféricos, tales como partículas en suspensión ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y dióxido de nitrógeno (NO_2), ha sido vinculada con efectos adversos en la salud humana (Organización Panamericana de la Salud, 2018). En este contexto, el Hospital Cayetano Heredia (2022) notificó 782 episodios de infecciones respiratorias agudas (IRA) en niños menores de 5 años, lo que representa un incremento del 172 % y 9 % en comparación con los mismos periodos de 2021 y 2020, respectivamente. Los principales distritos de procedencia de los casos fueron San Martín de Porres con el 40 % (278), Independencia con el 21 % (148), Los Olivos con el 17 % y Rímac con el 4 %.

La creciente contaminación del aire en la Avenida Alfredo Mendiola y sus alrededores, atribuible en gran medida al parque automotor, esta representa una seria amenaza para la salud pública y al ambiente. En la actualidad no existen estaciones de monitoreo continuo que puedan registrar los niveles de contaminación en la zona de estudio. Por ello esta tesis busca contribuir, proporcionando evidencia y un análisis del impacto del parque automotor en la contaminación del aire en este importante tramo de la av. Alfredo Mendiola.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la relación del parque automotor y la contaminación del aire en el tramo de la avenida Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es la relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado en días en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024?

¿Cuál es la relación de contaminación de aire por material particulado PM_{10} , $PM_{2.5}$ y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024?

¿Cuál es la relación de contaminación de aire por gases SO_2 , CO y NO_2 y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación entre el parque automotor y la contaminación del aire en el tramo de la avenida Alfredo Mendiola, urbanización Pro, lima 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

Identificar la relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado en días en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024.

Establecer la relación de contaminación de aire por material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024.

Establecer la relación de contaminación de aire por gases SO_2 , CO , NO_2 y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024.

1.4. Justificación

La contaminación del aire representa uno de los mayores riesgos ambientales para la salud humana, como lo ha señalado la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022). Esta problemática no solo es local, sino que también afecta a nivel global, teniendo como una de sus principales fuentes de contaminación al parque automotor. Es importante resaltar que el número de vehículos ha aumentado significativamente, lo que ha provocado un incremento en los niveles de contaminación y ha sido responsable del 70% del calentamiento global. Este fenómeno se debe a diversos factores, como el tipo de vehículo, sus características, el año de fabricación y la mala gestión del desarrollo vial, lo que contribuye a la dispersión de partículas contaminantes como PM10, PM2.5, NO2 y SO2, afectando negativamente la salud de las personas, siendo fundamental abordarlo de manera integral.

La motivación principal para llevar a cabo este trabajo surge de la observación de problemas ambientales y de salud pública relacionados con la contaminación del aire. Además, la falta de estudios específicos sobre esta área impulsa la necesidad de realizar una investigación detallada que aporte datos concretos. La evaluación del cumplimiento de los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental del aire, según lo estipulado en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, es esencial para determinar esta problemática.

Esta investigación se realiza con el objetivo de identificar y analizar los niveles de contaminación del aire asociados con el tráfico vehicular en la Avenida Alfredo Mendiola. Se busca proporcionar información valiosa que pueda ser utilizada por las autoridades locales y nacionales para desarrollar políticas y estrategias efectivas que mitiguen la contaminación del aire. Además, se pretende concientizar a la población sobre los riesgos ambientales y de salud asociados con el parque automotor y promover acciones comunitarias para mejorar la calidad del aire.

La exposición a partículas contaminantes puede afectar tanto a los pulmones como al corazón, causando una variedad de problemas de salud, incluidos infartos, asma agravada y reducción de la función pulmonar (Sánchez Meza, y otros, 2022)

La investigación ayudará a evaluar el grado de cumplimiento de los estándares de calidad del aire establecidos por las autoridades competentes, contribuyendo a la protección de la salud humana y la biodiversidad.

Uno de los principales gases emitidos por los motores, como el monóxido de carbono (CO) (Arroyo Teran, y otros, 2021), será evaluado para entender su impacto en la salud y el medio ambiente, además, proporcionará datos actuales sobre los niveles de contaminación del aire, permitiendo a las entidades competentes tener una visión clara y actualizada de la zona de estudio. Esto contribuirá a mejorar la calidad de vida de los residentes, en línea con el artículo 2 de la Constitución del Perú de 1993, que garantiza el derecho a un ambiente en equilibrio y adecuado para que la vida se desarrolle.

Determinar los niveles de contaminación ayudará a tener una visión clara y actualizada sobre la zona de estudio, sirviendo como referencia para futuras investigaciones y para la gestión de políticas de regulación ambiental.

La investigación medirá los parámetros de material particulado, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre para asegurar que cumplan con los estándares de calidad del aire establecidos en el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM (MINAM, 2017).

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitante teórica

Esta investigación se delimita estudios preliminares que han demostrado una relación entre el aumento del parque automotor, la contaminación de aire y la afectación a la salud. Para determinar los niveles de contaminación del aire se analizaron los principales contaminantes emitidos por los vehículos, considerando las partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2) y monóxido de carbono (CO) establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECA), que regula los límites permisibles de los contaminantes en Perú. Para el presente estudio se realizó la medición a través de 3 estaciones de calidad de aire que permitió la obtención de nueva información.

1.5.2. Delimitante temporal

La presente investigación se llevó a cabo en el año 2024, con un periodo de ejecución de 4 meses, tiempo en el cual se completó las etapas de estudio,

levantamiento de información, procesamiento y elaboración de los resultados del estudio.

1.5.3. Delimitante Espacial

La presente investigación se llevó a cabo avenida Alfredo Mendiola, en la urbanización de pro, distrito de san Martín de Porres, Departamento de Lima.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Internacionales

CUNHA-LOPES (2023) en su artículo “Caracterización de las emisiones de los vehículos en un túnel de carretera en Lisboa”, tuvo como objetivo caracterizar y cuantificar las emisiones de los vehículos a través de mediciones en túneles de carretera. El trabajo tiene una metodología de nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo. Realizaron un muestreo durante una semana en dos ubicaciones: un túnel de carretera y un sitio urbano en Lisboa recolectando filtros de $PM_{2.5}$ y PM_{10} , los resultados obtenidos indicaron que las concentraciones para $PM_{2.5}$ y PM_{10} en el túnel eran significativamente mayores que en el sitio urbano, encontrando concentraciones $129 \pm 12.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $168 \pm 17.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. La investigación evidencia que existe altas concentraciones de material particulado en lugares de tránsito vehicular. Además, aporta en el proceso de validación y comparación de resultados con los que se obtuvieron en este trabajo.

HARANTOVÁ (2023) en su artículo “Monitoreo de la contaminación del territorio por material particulado en relación con tráfico en la carretera” tuvo como objetivo evaluar la contaminación del aire por partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} debida al transporte de mercancías por carretera. El trabajo tiene una metodología de nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo. Para lograr sus objetivos se realizó una recopilación de datos mediante las estaciones de monitoreo de la calidad del aire, análisis de estos datos para identificar correlaciones entre el volumen de tráfico de mercancías por la carretera y las concentraciones de partículas contaminantes. Obteniendo resultados promedios anuales de $PM_{2.5}$ $16.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $15.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los años 2019, 2020 y 2021 respectivamente; resultados promedios anuales de PM_{10} $24.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $25.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los años 2019, 2020 y 2021 respectivamente. Identificándose un aumento en la concentración de partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} en áreas con un alto volumen de tráfico de mercancías. La investigación evidencia que existe relación entre las concentraciones de material particulado y lugares de tránsito de transporte de mercancías por carretera. Además, aporta en el proceso de comparación de resultados con los que se obtuvieron en este trabajo.

AKINTOMIDE (2023) en su artículo "El impacto de las medidas de movilidad del tráfico en las emisiones de los vehículos para el tráfico heterogéneo en la ciudad de Lagos" tuvo como objetivo evaluar el impacto de las medidas de movilidad del tráfico en los niveles de emisión de contaminantes del aire provenientes del escape de vehículos en la ciudad de Lagos. La metodología de nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo, la recolección de datos de tráfico y el uso de estaciones de monitoreo con detectores portátiles para un análisis mediante un modelo de regresión exponencial múltiple con el fin de evaluar la influencia de diferentes factores de tráfico en los niveles de contaminación del aire; dando resultados de 0.32 y 0.29 ppm para SO₂, 0.19 y 0.17 ppm para NO₂, 54 y 72 ppm para CO, 252.67 µg/m³ y 251.67 µg/m³ para PM_{2.5}; y 277.33 µg/m³ y 274.33 µg/m³ para PM₁₀. La investigación evidencia que existe relación entre los contaminantes provenientes del escape de vehículos y la calidad de aire. Además, aporta en el proceso de comparación de resultados PM_{2.5} y PM₁₀ e incluye gases NO₂, SO₂ y CO al incluir gases proporciona un contexto más amplio de la calidad de aire.

HUANG (2020) en su artículo "Evaluación de las emisiones de vehículos en uso mediante estaciones de monitoreo de la calidad del aire y sistemas de detección remota en carretera" tuvo como objetivo proporcionar un perfil desde el tubo de escape hasta el borde de la carretera y la atmósfera. La metodología empleada fue recolección de datos desde el 2012 al 2018 de las estaciones de calidad de aire, analizando datos de AQ y RS para evaluar los efectos de varios programas de control de emisiones en las tendencias de emisiones de tubo de escape y calidad del aire. Los resultados indicaron una tendencia decreciente en NO₂, a pesar de la tendencia a la baja, las concentraciones de NO₂ en las carreteras todavía están significativamente por encima del AQO (promedio máximo anual de 40 µg/m³ de NO₂), que fueron 99 % y 118 % más altas que el AQO para las estaciones Central y Causeway Bay en 2018. La investigación evidencia que existe relación entre las emisiones de tubo de escape y calidad del aire. Además, aporta en el proceso de comparación de resultados de NO₂ con los que se obtuvieron en este trabajo.

Duarte (2020) en su artículo "Evaluación espaciotemporal de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Barranquilla" tuvo como objetivo evaluar la variación espaciotemporal de contaminantes atmosféricos (PM_{10} , $PM_{2.5}$) en la ciudad de Barranquilla. El trabajo tiene una metodología de nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo ya que realizan mediciones continuas en tres estaciones de monitoreo localizadas en la ciudad de Barranquilla. Los resultados que se obtuvieron fueron para PM_{10} : 46,37, 51,37 y 39,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; para $PM_{2.5}$: 15,95, 18,12 y 15,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La investigación ayudó a establecer una base de datos sobre los niveles de calidad de aire para Barranquilla. Además, aporta en el proceso de comparación de resultados de material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} con los que se obtuvieron en este trabajo.

2.1.2. Nacionales

CHAMPI (2022) En su trabajo “Evaluación de material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} mediante imágenes satelitales LANDSAT para una propuesta de un plan de minimización Lima, 2022”. Tuvo como objetivo la evaluación de material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} , haciendo uso de imágenes satelitales LANDSAT y así elaborar una propuesta de un plan de minimización Lima 2022. Para la metodología: El estudio se enmarca en una investigación aplicada de naturaleza cuantitativa y descriptiva, con un diseño transversal y no experimental. Se emplearon datos recopilados a partir de imágenes satelitales LANDSAT para evaluar la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$. Dando resultados que revelaron que el PM_{10} no tuvo una incidencia significativa, con una correlación del 0.60 y un intervalo de confianza del 80%, categorizado como medio. En contraste, el $PM_{2.5}$ mostró una mayor concentración entre las 10 am y las 12 pm, con valores fluctuantes entre $59.289 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $82.224 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superando el valor máximo permitido según las normativas del ECA Aire ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La investigación evidencia la evaluación de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ mediante imágenes satelitales. Además, aporta en el proceso de comparación de resultados de material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} con los que se obtuvieron en este trabajo.

SÁNCHEZ (2022) en su tesis titulado “Influencia de características antrópicas de tres zonas de la provincia de Coronel Portillo en la concentración de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, Ucayali, Perú” El presente estudio tiene como objetivo analizar cómo las actividades humanas afectan la presencia de partículas de material contaminante PM_{10} y $PM_{2.5}$ en tres áreas de la provincia de Coronel Portillo. La metodología siendo una investigación de tipo, nivel descriptivo – explicativo se recopilaron de datos mediante estaciones de monitoreo de la calidad del aire, seleccionaron tres lugares distintos para el estudio: la Plaza de Pucallpa, el kilómetro 10 de la Carretera Federico Basadre y la Carretera Santa Rosa. En los tres lugares analizados, las concentraciones de PM_{10} fueron de $126.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $220.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $136.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superando el Estándar de Calidad Ambiental (ECA). La investigación evidencia la evaluación de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$. Además, aporta en el proceso de comparación de resultados de material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} con los que se obtuvieron en este trabajo.

CUBA CORNEJO (2021) en su artículo titulado “Determinación de emisiones contaminantes para control y disminución de la contaminación ambiental generados por vehículos”. Tuvo como objetivo de determinar los contaminantes de las emisiones en la supervisión de la contaminación ambiental causados por el tráfico de vehículos en el mercado de Ica. La metodología es de nivel descriptivo explicativo, de tipo correlacional, la población fue conformada por todas las vías en Mercado de Ica y la muestra tomada fueron las calles con mayor tráfico vehicular en las horas punta como son: Esquina de la Calle Lima con calle La Libertad; Esquina de la Avenida Municipalidad y Av. San Martín; Esquina de Calle Castrovirreyna y La Avenida Grau; Esquina de la Calle la Mar y Avenida Grau. Se utilizó el cuestionario. Dando como resultado que los autos y motos son responsables de las grandes emisiones de CO, en un 46.72% y 37% de las emisiones en general de CO emitidas. La investigación evidencia la metodología del artículo utiliza un diseño correlacional para analizar la relación entre el tráfico de vehículos y las emisiones contaminantes. Además, aporta en el proceso cómo estructurar y ejecutar un estudio correlacional.

FERNANDEZ (2021) en su tesis titulado “Evaluación de la contaminación en el aire por material particulado PM₁₀ en el mercado de la ciudad de Chiclayo” tiene como objetivo general de esta investigación fue determinar la contaminación del aire por material particulado PM₁₀ en la zona urbana de la ciudad de Chiclayo. La metodología: enfoque de la investigación fue correlacional, con un diseño descriptivo correlacional. La población estudiada comprendió el área urbana de la ciudad de Chiclayo, mientras que la muestra se concentró en un punto crítico específico. Los resultados indicaron que el nivel de material particulado PM₁₀ obtenido durante el muestreo no superó los límites establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el aire. Se registró un valor de 68.0865 µg/m³ durante las 24 horas de medición, mientras que la normativa peruana establece un límite máximo de 100 µg/m³ en un período de 24 horas. La investigación aborda la evaluación de la contaminación por PM₁₀ en un contexto urbano similar. Además, aporta en el proceso de comparación de resultados de material particulado PM₁₀ con los que se obtuvieron en este trabajo.

CAHUANTICO SALAS (2019) En su tesis “Evaluación de contaminantes atmosféricos CO, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5} de la zona urbana Cusco 2017” Tiene como

objetivo de la tesis fue determinar el grado de contaminación del aire en tres distritos: Huanchaq, San Sebastián y San Jerónimo, durante la época de estío, en tres etapas: inicial, media y final. La metodología: La investigación se enmarca en un diseño cuasi experimental y se sometió a la prueba de T de Student. Se midieron los niveles de PM_{2.5}, PM₁₀, CO y SO₂ en cada uno de los distritos seleccionados. Los resultados indicaron que los niveles de contaminación del aire, específicamente los de PM_{2.5}, PM₁₀, CO y SO₂, varían significativamente entre los tres distritos estudiados durante la época de estío. En cuanto al PM_{2.5}, se registraron valores de 73.401 µg/m³ en Huanchaq, 51.928 µg/m³ en San Sebastián y 137.134 µg/m³ en San Jerónimo, superando tanto los límites establecidos por el MINAM (50 µg/m³ en 24 horas) como los de la OMS (25 µg/m³). Los niveles de PM₁₀ en Huanchaq, San Sebastián y San Jerónimo fueron de 57.32 µg/m³, 54.443 µg/m³ y 95.027 µg/m³ respectivamente, superando el límite de la OMS (50 µg/m³). En cuanto al CO, los tres distritos registraron niveles por debajo de los límites establecidos tanto por el MINAM como por la OMS. Finalmente, los niveles de SO₂ estuvieron por debajo de los límites establecidos por ambas entidades reguladoras en los tres distritos. La investigación evidencia la evaluación de la contaminación por PM_{2.5} y PM₁₀ e incluye gases CO y SO₂. Además, aporta en el proceso de comparación al incluir gases proporciona un contexto amplio sobre diferentes tipos de contaminantes atmosféricos.

2.2. Bases Teóricas

OMS (2022) menciona que el material particulado es un indicador representativo común de la contaminación del aire y es considerado como el agente que causa mayor afectación a las personas que cualquier otro contaminante.

La calidad del aire está influenciada por causas naturales y principalmente por las actividades que desarrolla el ser humano, como por ejemplo el sector industrial, el parque automotor, así como actividades domésticas y rutinarias.

2.2.1. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica hace referencia a la presencia de agentes químicos, físicos o biológicos que alteran las características naturales de la atmósfera.

Los vehículos de motor, son fuentes habituales de contaminación de aire. Los contaminantes más preocupantes para la salud pública son las partículas en

suspensión, el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. La contaminación del aire en zonas exteriores e interiores provoca enfermedades de tipo respiratorias y es una de las principales causas de morbilidad. (OMS, 2023)

2.2.2. Estándar de Calidad Ambiental – ECA AIRE

Hace referencia a un instrumento de gestión ambiental que establece para cuantificar el estado de la calidad del ambiente a nivel nacional. El ECA establece los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no deben ser sobrepasados para no representar riesgos para la salud y el ambiente.

Mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, publicado el 07 de junio de 2017, en el diario oficial El Peruano, el Ministerio del Ambiente, en coordinación con todos los sectores gubernamentales, se puede señalar entonces los estándares de calidad de aire (MINAM, 2019)

2.2.3. Contaminantes primarios.

Son aquellos contaminantes emitidos directamente a la atmósfera como el monóxido de carbono (CO) o contaminantes secundarios, los cuales se forman en la atmósfera a partir de reacciones químicas predecesoras, como por ejemplo el ozono (O₃), contaminantes primarios generados por reacciones: compuestos orgánicos volátiles (COVs) y óxidos de nitrógeno (NOx). Debido al medio natural de los contaminantes varía enormemente, así como su presencia, variabilidad y efectos en la salud, la Environmental Protection Agency (EPA) consideró, con fines fiscalizables, clasificándolos como contaminantes criterio y no criterio. Los contaminantes criterio son aquellos que, debido a su naturaleza y fuentes, se encuentran presentes en todos los lugares, lo que puede ser considerado como un peligro para la salud pública y el medio ambiente. Por esta razón, se definen estándares de calidad del aire en los estados, con el objetivo de proteger a las personas contra los efectos adversos a la salud con un adecuado margen de seguridad (Ubilla, y otros, 2021)

2.2.4. Contaminantes secundarios.

Los contaminantes secundarios, son aquellos que se forman por procesos químicos atmosféricos, ya sean aquellos que actúan sobre los contaminantes

primarios, ya sea sobre especies no contaminantes en la atmósfera. Dentro de los principales contaminantes secundarios, tenemos al ácido sulfúrico, H_2SO_4 , que se forma por la oxidación del dióxido de azufre SO_2 , el dióxido de nitrógeno, NO_2 , que se forma al oxidarse el contaminante primario monóxido de nitrógeno, NO , y el ozono, O_3 , que se forma a partir del oxígeno, O_2 . (Benites Rodriguez, y otros, 2021)

Tabla 1
Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu g/m^3$)	Criterios de evaluación	Método de análisis
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: Adaptado de (DS N° 003-2017-MINAM)

2.2.5. Parámetros físicos y químicos

- Material particulado PM_{10}

Las partículas PM_{10} son aquellas partículas sólidas o líquidas de diferente composición y tamaño que se encuentran dispersas en la atmósfera y que tienen un diámetro aerodinámico menor que $10 \mu m$ (EUROFINS, 2023).

- Material particulado PM_{2.5}

Las partículas PM_{2.5} Son partículas inhalables finas que tienen diámetros de, por lo general, 2,5 micrómetros y menores (EPA, 2023).

- Monóxido de carbono CO

El CO es un gas inodoro y sin color que puede causar fallecimientos en la población. Se produce cada vez que se enciende algún combustible como gas natural, gas propano, gasolina, petróleo, querosene, madera o carbón. Cuando la persona inhala el monóxido de carbono, el gas tóxico ingresa en el torrente sanguíneo e obstruye que el oxígeno ingrese al organismo, por lo que puede causar daños en los tejidos y producir la muerte (EPA, 2023).

- Dióxido de nitrógeno NO₂

El dióxido de nitrógeno (NO₂) es un gas tóxico, siendo un oxidante altamente reactivo y corrosivo (EPA, 2023). El NO₂ es un compuesto químico de color marrón o amarillo, gaseoso, que se forma como subproducto en la combustión en altas temperaturas, como en motores de vehículos y en plantas industriales.

- Dióxido de azufre SO₂

Es un gas antropogénico que se origina sobre todo durante la combustión de carburantes fósiles ricos en azufre (petróleo, diésel y combustibles sólidos) en plantas y procesos como la refinación o extracción (MITECO, 2023).

2.2.6. índice de Calidad del Aire (INCA)

Comprende un valor idóneo del 0 al 100, el cual concuerda con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire. El INCA se divide en 4 calificaciones o categorías de la calidad del aire. Valores del INCA de 0 a 50 es la banda de color verde y significa que la calidad del aire es buena, valores de 51 a 100 es la banda de color amarillo e indica una calidad moderada del aire; valores 101 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) de cada contaminante es la banda de color anaranjado lo que indica que la calidad del aire es mala; finalmente la cuarta banda de color rojo, indica que la calidad del aire es mayor al valor umbral del estado de cuidado del contaminante, a partir de este valor corresponde, la aplicación de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales por parte de la autoridad de Salud.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Contaminación de aire

La contaminación del aire es un fenómeno causado por la presencia de contaminantes en la atmósfera como polvo, neblinas, olores, humo o vapor en cantidades características y duración que ha afectado a la vida animal, vegetal y humana, desde hace varios siglos. Sin embargo, la tendencia mundial se direcciona hacia un mayor consumo de combustibles fósiles por, el transporte motorizado, lo que representa un problema significativo de salud ambiental. (Mayorga, y otros, 2020)

En general para los países de América del Sur se pueden encontrar desde 1970, datos principalmente de óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxidos de azufre (SO_2), partículas de 10 o de 2,5 μm . monóxido de carbono (CO), entre otros; la mayoría de estos también afectan a la salud de las personas acorde a la OMS. Algunos de estos contaminantes catalogados como "criterio" serían utilizados para determinar la contaminación de aire en las urbes, que son medidos por medio de una red de monitoreo con estaciones de calidad de aire. (Mancero Chicaiza, 2023)

La contaminación del aire es la presencia de material indeseable en el aire, en cantidades bastantes grandes como para producir efectos nocivos. Esta definición no restringe la contaminación de aire a causas humanas, aunque normalmente solo hablamos acerca de éstas. Los materiales indeseables pueden dañar a la salud humana, la vegetación, los bienes humanos o el medio ambiente, así. Muchos de estos materiales nocivos entran a la atmósfera provenientes de fuentes, que, a la actualidad, se encuentran más allá del control humano. (Sánchez Meza, y otros, 2022)

Un contaminante del aire es cualquier sustancia, ya sea en forma de gas o sólido, presente en la atmósfera en concentraciones lo suficientemente altas como para causar efectos adversos en los ecosistemas y la calidad del aire. Estos contaminantes pueden ser de origen antropogénico siendo una de sus principales fuentes los vehículos de motor, pueden clasificarse en primarios y secundarios, los primarios son emitidos directamente a la atmósfera y los secundarios son los formados a partir de reacciones químicas entre contaminantes primarios y otros componentes atmosféricos. A determinados niveles de concentración de los

contaminantes en el aire generan riesgos a la salud y al bienestar humanos. (OEFA, 2015)

Según Mayorga la contaminación del aire es un fenómeno causado por la presencia de contaminantes en la atmósfera como polvo, neblinas, olores, humo o vapor en cantidades características y duración. Esto concuerda con Sánchez que lo define como la presencia de material indeseable en el aire, en cantidades bastantes grandes como para producir efectos nocivos. Así mismo OEFA la define como un contaminante del aire es cualquier sustancia, ya sea en forma de gas o sólido, presente en la atmósfera en concentraciones lo suficientemente altas como para causar efectos adversos. Según Mancero podemos encontrar contaminantes principalmente óxidos de nitrógeno (NOX), dióxidos de azufre (SO₂), partículas de 10 o de 2,5 µm. monóxido de carbono (CO), entre otros; la mayoría de estos también afectan a la salud de las personas.

En cuanto a la fuente de estos contaminantes Mayorga indica un mayor consumo de combustibles fósiles por el incremento de la industria, el transporte motorizado. Esto concuerda con lo descrito por OEFA Estos contaminantes pueden ser de origen antropogénico siendo una de sus principales fuentes los vehículos de motor.

En definitiva, la contaminación del aire se refiere a la presencia de sustancias nocivas en la atmósfera, tanto en forma de gases como de partículas sólidas, en concentraciones suficientemente altas para causar efectos adversos a la calidad del aire. Estas sustancias incluyen óxidos de nitrógeno (NOX), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), y diversas partículas, como las partículas PM₁₀ y PM_{2.5}. La principal fuente de estos contaminantes es de origen antropogénico, especialmente por la quema de combustibles fósiles en el transporte motorizado. La exposición a estos contaminantes puede provocar serios problemas de salud, incluyendo enfermedades respiratorias, complicaciones asmáticas, afectando especialmente a las poblaciones urbanas con alta densidad poblacional.

2.3.2. Parque automotor

Está constituido por el número de vehículos que pasan por una vía o intersección durante determinado período (días) por una cantidad de horas específicas. (Borrero Reategui, y otros, 2021)

El parque automotor está constituido por el conjunto de vehículos que transitan por las calles y avenidas de la ciudad, entre los que puede encontrar autos particulares, transporte público vehicular y vehículos de transporte de carga. Su incidencia ambiental está representada en la contribución de contaminantes por la circularidad vehicular y tipo de combustible. (Quenaya Calle, 2018)

Según la Dirección de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente, se le atribuye al parque automotor ser responsable del 70 por ciento de la contaminación atmosférica en nuestro país, la cual repercute directamente en la salud y malestar de las personas. Las estimación de emisiones para vehículos automotores en circulación que generan una serie de contaminantes entre los que destacan, compuestos orgánicos volátiles, COV, monóxido de carbono, CO, óxidos de nitrógeno, NO_x, óxidos de azufre, SO_x, material particulado (PTS, PM10 y PM2.5), plomo, Pb, y especies reductoras de la visibilidad, tienen impactos negativos sobre la salud pública y, según la Defensoría del Pueblo, son los niños, enfermos, mujeres gestantes y ancianos de los sectores económicos más pobres y excluidos los más perjudicados. (Saavedra Vargas, 2014)

La contaminación ambiental abarca varios agentes contaminantes, en este caso el parque automotor (60%). Por lo tanto, según esta información determinamos analizar el agente contaminante de mayor participación, estos mismos generan diferentes contaminantes del aire, material particulado (MP), monóxido de carbono (CO). Los cuales causan daños a la salud y en grandes concentraciones deterioran sustancialmente el hábitat natural. (Quenaya Calle, 2018)

El exceso del parque automotor, generan gases contaminantes que se expenden en el aire se tiene: CO, óxidos de nitrógeno, SO_x, partículas (este último no es gas, pero está constituido por partículas sólidas y de líquidos dispersas en el aire) (Paredes de Gómez, 2019)

Según Borrero Reategui lo define por el número de vehículos que pasan por una vía o intersección durante determinado período (días) por una cantidad de horas específicas. Esto concuerda con Quenaya Calle que lo define como el conjunto de vehículos que transitan por las calles y avenidas de la ciudad, entre los que puede encontrar autos particulares, transporte público vehicular y vehículos de transporte de carga.

Según Saavedra al parque automotor se le atribuye ser responsable del 70 por

ciento de la contaminación atmosférica en nuestro país. Según Quenaya abarca varios agentes contaminantes, en este caso el parque automotor (60%).

Saavedra considera que generan contaminantes que destacan COV, CO, NO_x, SO_x, Pb, PTS, PM₁₀ y PM_{2.5} Quenaya considera a los más importantes PM y CO. Para Paredes los principales emitidos por el parque automotor serían CO, NO_x, SO_x, PM.

En definitiva, el parque automotor es el conjunto de vehículos que transitan por las calles de una ciudad, incluyendo automóviles particulares, transporte público y de carga. Representa el 70% de la contaminación atmosférica, emitiendo contaminantes como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), y material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}).

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1. Contaminante atmosférico

La contaminación atmosférica es el principal problema de los países desarrollados. El aire es un elemento fundamental para la vida así que su utilización debe estar sujeto a unas normas que eviten el deterioro de su calidad por abuso o uso inadecuado del mismo, de tal modo que se conserve su pureza dentro de unos límites que no altere el normal desarrollo de los seres vivos, sobre la Tierra, ni atenten contra el patrimonio artístico y natural de la Humanidad.

Por otra parte, el aire, es un bien común limitado, por lo tanto, su utilización o disfrute deberá supeditarse a los superiores intereses de la comunidad frente a los intereses individuales.

2.4.2. Focos de emisión

El principal foco de combustión de origen antropogénico es el transporte, sobre todo la aviación y los automóviles. En segundo lugar, se encuentran las fuentes fijas de combustión (centrales térmicas, calefacciones domésticas, etc.) que emiten alrededor del 16% del total de contaminantes. En estos focos se queman combustibles fósiles para producir energía. Cuando la combustión es completa, los gases emitidos son CO₂ y agua. Pero, normalmente, la combustión es incompleta y se libera compuestos más tóxicos como CO, hidrocarburos aromáticos como el benceno, hidrocarburos, alifáticos saturados e insaturados como el propano, compuestos policíclicos aromáticos como el benzopireno.

También se libera Sox, principalmente SO₂ originando problemas como la lluvia acida. En los vehículos motorizados se liberan NO_x, principalmente NO y NO₂, que también pueden producir deposiciones acidas. También se emiten partículas sólidas, principalmente cenizas de material carbonáceo y partículas inorgánicas (óxidos de aluminio, zinc, silicio, hierro, titanio, magnesio, vanadio, plomo y berilio) (UF1941, 2016).

2.4.3. Composición del aire

Los gases elementales que forman la atmósfera son: Dióxido de Carbono (0.033%), Argón (0.934%), Oxígeno (20.946%), y Nitrógeno (78.084%). Otros gases de interés presentes en la atmósfera son: diferentes óxidos, el ozono y el vapor de agua. También hay material particulado en suspensión como, por ejemplo, partículas inorgánicas, pequeños organismos o restos de ellos y sal marina. Estas partículas pueden ser utilizados de núcleos de condensación en la formación de nieblas muy contaminantes. La actividad humana y los volcanes son responsables de la emisión a la atmósfera de diferentes partículas contaminantes y gases que tienen una gran influencia en el funcionamiento del geosistema y en los cambios climáticos. Se encuentra concentrado cerca de la superficie, el aire, comprimido por la atracción de la gravedad y, a medida que aumenta la altura, la densidad de la atmósfera disminuye con gran rapidez. (Programa Nacional Olimpiada de Geografía de la República, 2012)

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

Existe una correlación entre el parque automotor y los niveles de contaminación del aire, en el tramo de la Avenida Alfredo Mendiola, Urbanización Pro, Lima 2024

3.1.2. Hipótesis específica

Existe relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado en días en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024

Existe relación de contaminación de aire por material particulado PM_{10} , $PM_{2.5}$ y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024

Existe relación de contaminación de aire por gases SO_2 , CO y NO_2 y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024

3.1.3. Operacionalización de variables

Tabla 2

Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índice/ ítems	Método	Técnica
Parque automotor	El parque automotor está constituido por el número de vehículos que pasan por una vía o intersección durante determinado período (días) por una cantidad de horas específicas. (Borrero Reategui, y otros, 2021). El crecimiento del parque automotor genera un incremento de congestión vehicular que constituye un grave problema para la sociedad.(Lara Carrera & Loaiza Ochoa, 2015)	Conjunto de determinados vehículos que pasan por la avenida Alfredo Mendiola de la Urbanización Pro.	Congestión vehicular	Puntos críticos	Unidades/ día	Hipotético deductivo	Observacional
			Tiempo monitoreado en días	Cantidad de días	Día 1 Día 2 Día 3 Día 4 Día 5	Hipotético deductivo	Observacional
Contaminación de aire	La contaminación del aire es un fenómeno causado por la presencia de gases en la atmósfera, así como de polvo, neblinas, olores, humo o vapor, en cantidades y duraciones características. Este fenómeno ha afectado a la vida humana, vegetal y animal durante varios siglos (Mayorga, y otros, 2020). En países de América del Sur se pueden encontrar desde 1970, datos principalmente de óxidos de nitrógeno (NO _x), dióxidos de azufre (SO ₂), Carbón negro, partículas de 10 o de 2,5 um. monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO ₂), entre otros; la mayoría de estos también afectan a la salud de las personas (OMS, 2022).	La presencia y concentración de diversos contaminantes atmosféricos, tales como dióxido de azufre (SO ₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO ₂), partículas en suspensión (PM), en la atmósfera del tramo de la Avenida Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima, durante el período de estudio.	calidad del aire	material particulado PM _{2.5}	µg/m ³	Observacional No experimental	Low-vol
				material particulado PM ₁₀			Hi-vol
				monóxido de carbono			Tren de muestreo
				dióxido de nitrógeno			Tren de muestreo
				dióxido de azufre			Tren de muestreo

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

La presente investigación es de tipo empírica, ya que se basa de hechos que son percibidos o captados a través de los sentidos. Puede ser realizada en ambientes no controlados, libre de manipulación de las variables ya que se enfoca en la recolección y análisis de datos. Brindando descubrimientos y resultados producto de la recolección y análisis de datos, que responden a un planteamiento del problema. (Arias Odón, 2019). En la presente investigación se realizó la medición de las variables de contaminación por medio de estaciones de monitoreo y parque automotor por medio de reencuentro de unidades vehiculares.

El estudio de investigación es de nivel correlacional porque se determinó relaciones entre las variables en momentos determinados. (Gomez Chipana, 2020). Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se miden cada una de estas y después se cuantifican, analizan y establecen vinculaciones. Dichas correlaciones se sostienen en hipótesis sometidas a prueba. (Arias Odón, 2019). En el presente estudio se evaluó la correlación entre la contaminación del aire y el parque automotor.

El enfoque es de tipo cuantitativo, debido que utiliza la recolección y el análisis de datos para responder preguntas de investigación y probar la hipótesis en base a un análisis estadístico. La recolección de datos significa aplicar uno o varios instrumentos de medición para recolectar información pertinente de las variables del estudio en la muestra o casos seleccionados. (Sampieri Hernandez, y otros, 2018). En la presente investigación para la medición de la contaminación de aire se recolectaron datos de material particulado y gases del informe de laboratorio. Ver anexo 6. Para el parque automotor a través de unidades vehiculares por día anotadas en fichas de recolección validados por expertos. Ver anexo 4 y 5.

Por su diseño metodológico es no experimental por que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, se trata de una investigación en donde no se varia de forma intencional la variable independiente para ver su efecto sobre otras variables es de nivel correlacional el cual permite establecer la relación entre las dos variables. (Sampieri Hernandez, y otros, 2018). La presente investigación se enfocó en la recolección de datos para cada una de las variables ya que el enfoque es determinar la relación de estas en la realidad actual.

4.1 Método de investigación

Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito será describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Los diseños transeccionales descriptivos tendrán como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población. (Hernandez Sampieri, y otros, 2018).

Revisión bibliográfica

Se realizó una búsqueda de información bibliográfica sobre calidad de aire y el parque automotor, de igual manera normativas que permitan establecer los niveles de contaminación de aire a nivel nacional, se utilizó las bases de datos de artículos, tesis anteriores relacionadas, libros y guía metodológica sobre protocolo de monitoreo ambiental.

Etapas de recolección de datos

Etapa 1: Se procedió con la búsqueda de un laboratorio acreditado ante INACAL en su lista de directorio de laboratorios acreditados y que cuenten con los parámetros que se van a analizar. En la lista de laboratorios acreditados se considerará trabajar con el laboratorio ADLAB por la cercanía a la zona. Ver anexo 2.

Etapa 2: Se realizó la instalación de equipos de monitoreos, para medir de las concentraciones de material particulado (PM_{10} , $PM_{2.5}$) y gases (NO_2 , CO y SO_2) y las estaciones meteorológicas en los tres puntos de calidad de aire de la avenida Alfredo Mendiola, urbanización Pro. Ver anexo 6. La toma de muestras se realizó según el protocolo de monitoreo ambiental aprobado por el Decreto Supremo N.º 10-2019-MINAM.

Etapa 3: Se realizó el recojo de los filtros con las muestras de material particulado y las soluciones de los gases de manera diaria. Las muestras fueron ingresadas junto a la cadena de custodia al laboratorio ADLAB acreditado por INACAL con registro LE-225 para el análisis de los parámetros de estudio. Ver anexo 3

Figura 1
Cambio de Filtros



Figura 2
Filtro con muestra PM_{2.5}



Etapa 4: Con los resultados brindados por el laboratorio, se realizó el llenado de la información que se requerían del informe en el formato recolecto de datos N° 1. Ver anexo 4 y 7. Estos datos se ingresaron al programa SPSS para el análisis de los resultados descriptivos e inferenciales de las variables contaminación del aire y parque automotor. en la av. Alfredo Mendiola, Urbanización Pro - Lima Metropolitana.

Etapa 5: Finalmente, se procedió a realizar la interpretación de los resultados y constatación de resultados con la bibliografía adecuada.

4.2 Población y muestra

4.2.1. Población

Según (Sánchez Carlessi, y otros, 2018) la población es el conjunto formado por todos los elementos que posee una serie de características comunes.

Según (Carrillo Flores, 2015) Población Finita: Se conoce el tamaño. Existe un marco muestral donde hallar las unidades de análisis (marcos muestrales = listas, mapas, documentos).

La población consistió en la totalidad de la atmósfera del tramo de la Avenida Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima, durante los 5 días de monitoreo de cada estación de monitoreo. Es decir, todos los puntos a lo largo de los 1.36 Km de este tramo donde se realizó el monitoreo de la calidad del aire.

4.2.2. Muestra

La selección de los sitios de monitoreo y ubicación de los equipos requeridos se realizó teniendo en cuenta los criterios técnicos establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM – Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad

Ambiental del Aire, a fin de generar información de calidad, comparable, confiable y representativa.

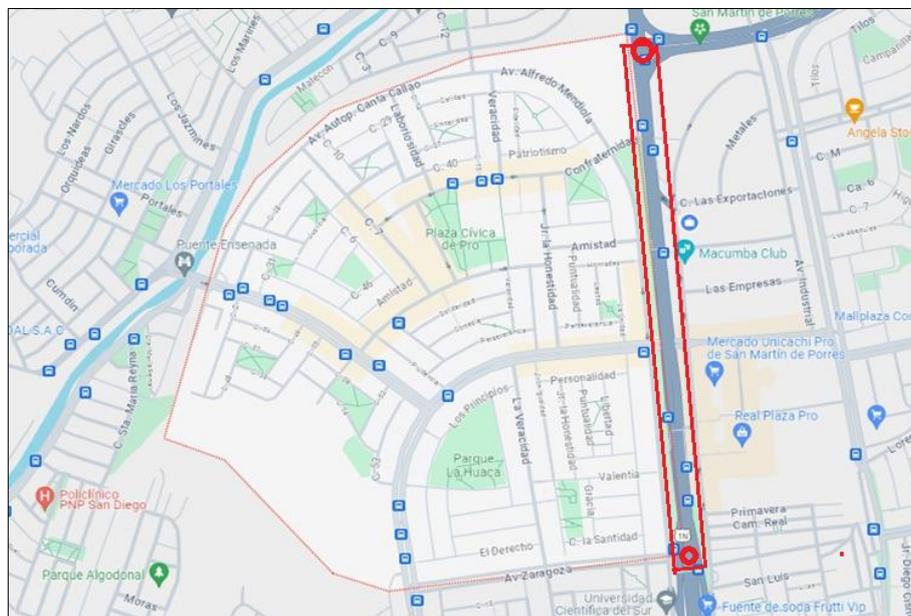
Las muestras de investigación, se tomó teniendo en cuenta las fuentes de emisión de contaminantes, estas muestras se tomaron según el periodo establecido por los estándares de Calidad Ambiental para Aire.

4.3 Lugar del estudio y periodo desarrollado

La obtención de los niveles de contaminación del aire correspondientes a la fase 3 del método de investigación del proyecto, se realizó en el Tramo de la avenida Alfredo Mendiola - urbanización pro, durante el mes de abril del año 2024.

El lugar de estudio abarca desde la altura de la avenida trapiche intersección con la avenida Alfredo Mendiola de coordenadas N: 8680278; E: 0274301 (18L) hasta la intersección de la avenida Zaragoza con avenida Alfredo Mendiola de coordenadas N: 8678947; E: 0274434 (18L).

Figura 3
Lugar de estudio – Urbanización Pro



Fuente: Extraído de Google Earth Pro.

4.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

4.4.1. Técnica de recopilación de datos

Técnica de revisión documental, es la exploración documentos sobre un tema en particular. Se usa esta técnica para seleccionar y extraer información sobre la variable. (Useche, y otros, 2019)

Contaminación del aire

Recolectar los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que conduzcan a reunir datos con un propósito específico (Hernandez Sampieri, y otros, 2018)

- Cadena de custodia

Esta ficha contiene las Coordenadas en UTM, dirección referencial, código de punto de muestreo, fecha, hora, tiempo de monitoreo inicio y final. (ver anexo 3)

Las técnicas analíticas de laboratorio e instrumentos que se emplearon en las mediciones se detallan a continuación:

- Para el análisis de Material particulado PM_{10} se utilizó muestreador de partículas en alto volumen y se analizó usando el método NTP 900.030
- Para el análisis de Material particulado $PM_{2.5}$ se utilizó el muestreador de partículas en bajo volumen y se analizó usando el método NTP 900.069
- Para el análisis de Dióxido de Azufre (SO_2) se utilizó un tren de muestreo y se analizó usando el método EPA CFR 40. Appendix A-2 to part 50
- Para el análisis de Monóxido de carbono (CO) se utilizó un tren de muestreo y se analizó usando el método Peter O. Warner "Analysis of air pollutants" Ed. Española 1981. Cap. 3, Pág 121-122 (VALIDADO modificado)
- Para el análisis de Dióxido de nitrógeno (NO_2) se utilizó un tren de muestreo y se analizó usando el método ASTM D1607 - 91(2018) (VALIDADO modificado)

Técnica de observación, es una técnica empleada por el investigador para enlazar con la realidad y generar una idea lo más precisa posible sobre el problema que estudia, puede usarse para obtener información cuantitativa de acuerdo con el modo en que se aplique (Useche, y otros, 2019). Se aplicó esta técnica junto a los **registros temporales**, estos instrumentos de registro asientan para períodos de tiempos breves y de forma continua.

Parque automotor

Haciendo uso del instrumento recolector de datos N°2. Ver anexo 5. Se procedió a contabilizar la cantidad de vehículos que transitan por la zona de estudio durante horas del día con congestión vehicular y sin congestión vehicular. Realizado de manera observacional para el llenado el registro.

4.4.2. Materiales, equipos e insumos

Se detalla los materiales y equipos que se utilizaron en el monitoreo realizado.

Tabla 3
Materiales y equipos

	Unidad	Cantidad
Materiales		
Lapiceros	Unid	2
Formato cadena de custodia	Unid	15
Guantes quirúrgicos	Pares	60
Tablero de apuntes	Unid	1
Pizarra	Unid	1
Plumón	Unid	1
Equipos		
GPS	Unid	1
Celular con cámara	Unid	1
Tren de muestreo	Unid	3
Estación meteorológica	Unid	3
Hi Vol	Unid	3
Low Vol	Unid	3
EPP (Casco, lentes, chaleco)	Kit	2
Insumos		
Solución de SO ₂	Frasco	15
Solución de CO	Frasco	15
Solución de NO ₂	Frasco	15
Filtros de PM ₁₀	Filtro	15
Filtros de pm _{2.5}	Filtro	15

4.5 Análisis y procedimientos de datos

Para el análisis y procesamiento de datos se empleó los siguientes softwares.

- Microsoft Office Excel empleado para la ejecución de cálculos y gráficos de los resultados obtenidos.
- IBM SPSS Statistics 27 empleado para los cálculos estadísticos de los diferentes tratamientos obtenidos.

4.6 Aspectos éticos de la investigación

Es necesario que cuestionemos acerca de las consecuencias que tendrá nuestro estudio y sus repercusiones en las personas.

La presente investigación titulada, “EL PARQUE AUTOMOTOR Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL TRAMO DE LA AVENIDA ALFREDO MENDIOLA - URBANIZACION PRO, LIMA 2024” es auténtica y confiable con respecto a la autoría de otros estudios, por tal motivo se respeta el código de ética de investigación aprobado por RDU N° 210-2017-CU, así como con la directiva N° 004-2022-R, ambas establecidas por la Universidad Nacional del Callao.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

5.1.1 Relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado

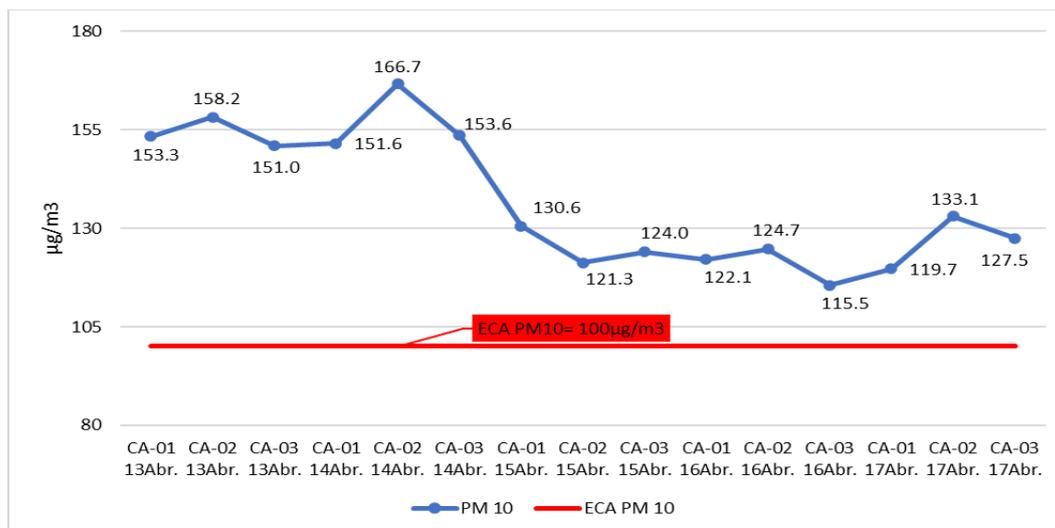
Para abordar este objetivo, se analizó los resultados de la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$, los resultados de la concentración de los gases contaminantes como SO_2 , CO y NO_2 y el tiempo de monitoreo por días. Estos contaminantes son seleccionados debido a que representan las principales emisiones del parque automotor, contribuyendo significativamente en la degradación de la calidad del aire y a diversos efectos adversos para la salud humana debido a su capacidad para penetrar en el sistema respiratorio, causando problemas de tipo respiratorios, cardiovasculares y problemas al ambiente.

Así mismo, los gases SO_2 , CO y NO_2 son conocidos por sus efectos perjudiciales. El SO_2 puede irritar el sistema respiratorio. El CO , un gas incoloro e inodoro, puede interferir con la capacidad del cuerpo para transportar oxígeno, llevando a efectos cardiovasculares y neurológicos adversos. El NO_2 , es un irritante respiratorio potente y puede agravar condiciones como el asma.

Evaluación material particulado (PM_{10})

Figura 4

Resultados de PM_{10}



Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

Fuente: Informe de ensayo N°: IE-24060-I AD LAB S.A.C.

En la figura N° 1 se plasma todos resultados de las concentraciones de PM_{10}

durante los cinco días de monitoreo, se puede observar que las concentraciones obtenidas para todos los días están sobrepasando el nivel ECA $PM_{10} = 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cabe destacar que los días sábado 13 de abril y domingo 14 de abril son los que presentan un mayor valor de concentración de contaminación por PM_{10} para los tres puntos de monitoreo comparados con los otros días monitoreo.

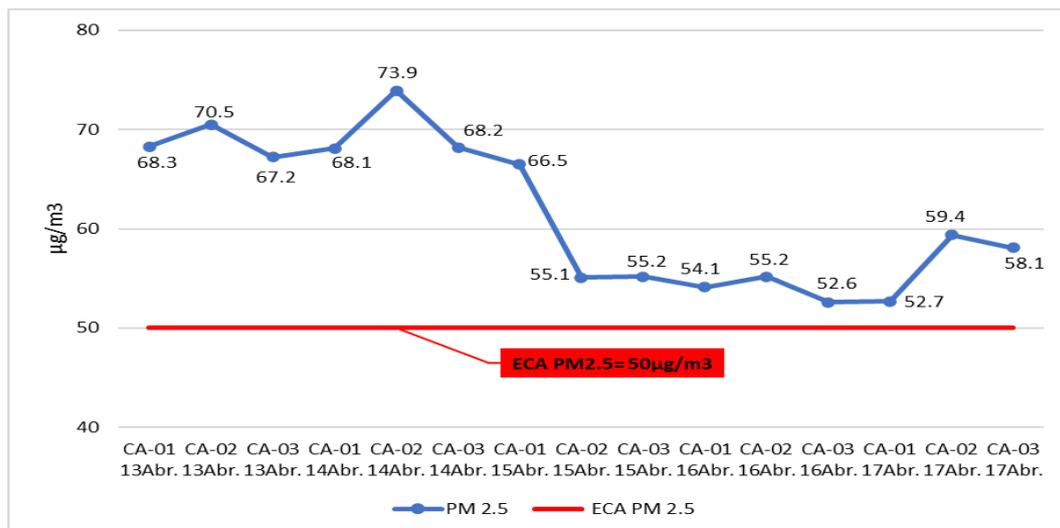
Tabla 4
Medidas estadísticas para PM_{10}

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
PM_{10}	15	115,60	166,70	135,0600	15,62012

El promedio de concentraciones de PM_{10} para calidad de aire en todas las muestras analizadas es $135,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$; teniendo un valor mínimo de $115,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor máximo de $166,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La media de índice de calidad de aire es $135,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con un grado de dispersión de $15,62012 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor máximo de $166,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ corresponde al domingo 14 de abril, correspondiente al fin de semana.

Evaluación material particulado ($PM_{2.5}$)

Figura 5
Resultados de $PM_{2.5}$



Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

Fuente: Informe de ensayo N°: IE-24060-I AD LAB S.A.C.

En la figura N° 2 se exhiben los resultados de las concentraciones de $PM_{2.5}$

durante los cinco días de monitoreo. Se puede observar que las concentraciones obtenidas para cada día están superando el nivel ECA $PM_{2.5}$: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Es importante señalar que los días sábado 13 de abril y domingo 14 de abril son los que presentan un mayor valor de concentración de contaminación por $PM_{2.5}$ para los tres puntos de monitoreo en comparación con los otros tres días.

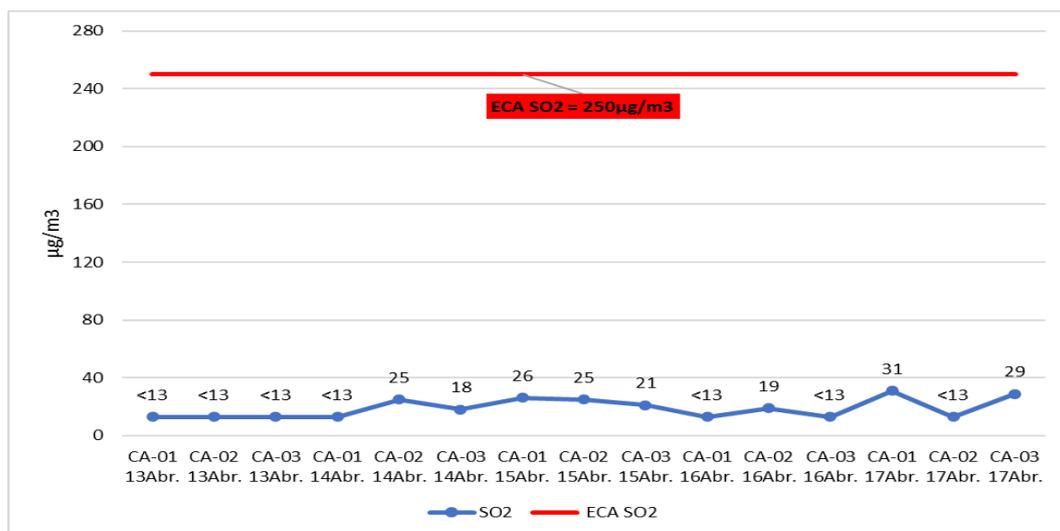
Tabla 5
Medidas estadísticas para $PM_{2.5}$

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
$PM_{2.5}$	15	52,60	73,90	60,1533	6,44713

El promedio de las concentraciones de $PM_{2.5}$ para calidad de aire en todas las muestras analizadas es $60,1533 \mu\text{g}/\text{m}^3$; teniendo un valor mínimo de $52,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor máximo de $73,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La media de índice de calidad de aire es $60,1533$ con un grado de dispersión de $6,44713 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor máximo de $73,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ es el domingo 14 de abril, correspondiente al fin de semana.

Evaluación de Dióxido de azufre (SO_2)

Figura 6
Resultados de SO_2



Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

Fuente: Informe de ensayo N°: IE-24060-I AD LAB S.A.C.

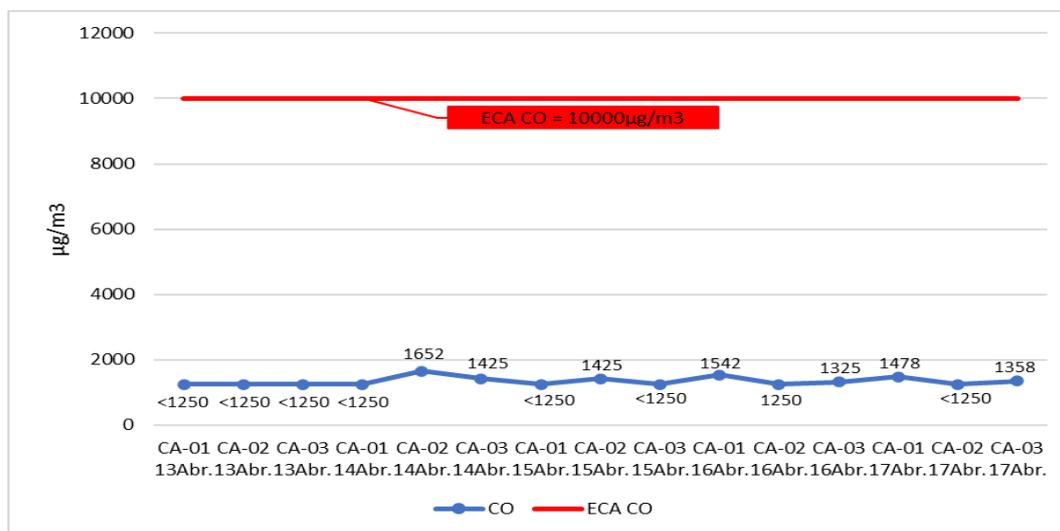
En la figura N° 3 se plasma todos resultados de las concentraciones de SO₂ durante los cinco días de monitoreo, se puede observar que las concentraciones se encuentran debajo del nivel ECA SO₂. Cabe destacar que la concentración máxima obtenida es de 31 µg/m³ y esto representa el 12.4% del límite establecido por el ECA SO₂= 250 µg/m³.

Tabla 6
Medidas estadísticas para SO₂

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
SO ₂	15	13,00	31,00	19,00	6,66548

El promedio del índice de SO₂ para calidad de aire en todas las muestras analizadas es 19 µg/m³; teniendo un valor mínimo de <13 µg/m³ y un valor máximo de 31 µg/m³, con un grado de dispersión de 6,66548

Figura 7
Resultados de CO



Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.
Fuente: Informe de ensayo N°: IE-24060-I AD LAB S.A.C.

En la figura N° 4 se plasma todos resultados de las concentraciones de CO durante los cinco días de monitoreo, se puede observar que las concentraciones se encuentran muy debajo del nivel ECA CO. Cabe destacar que la concentración máxima obtenida es de 1652 µg/m³ del domingo 14 de abril es el día que presenta un mayor valor de concentración de CO, esto

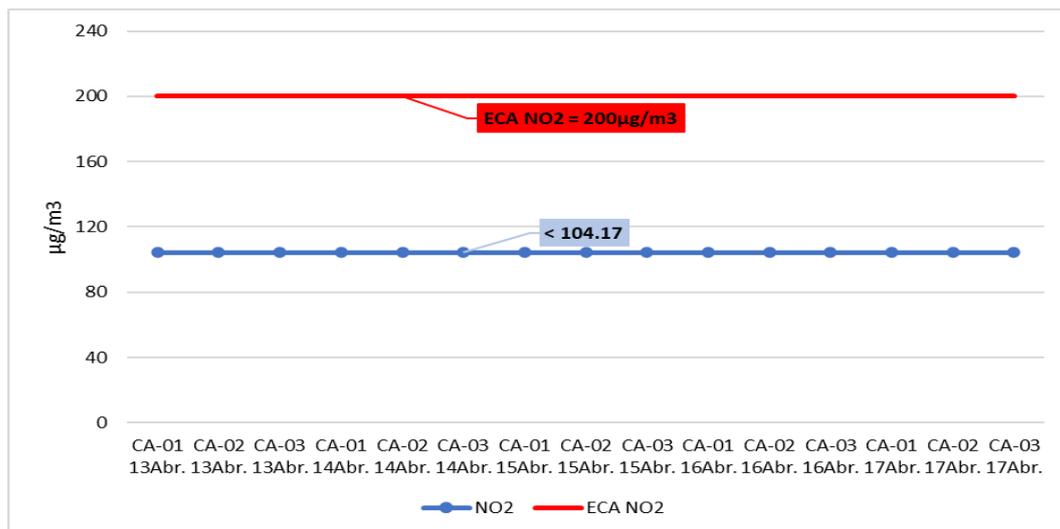
representa el 16.52% del límite establecido por el ECA $\text{CO} = 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 7
Medidas estadísticas para CO

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
CO	15	1250,00	1652,00	1347,00	129,90546

El promedio del índice de CO para calidad de aire en todas las muestras analizadas 1347,00; teniendo un valor mínimo de 1250 y un valor máximo de 1652. La media de índice de calidad de aire es 1347 con un grado de dispersión de 129,90546.

Figura 8
Resultados de NO_2



Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.
Fuente: Informe de ensayo N°: IE-24060 AD LAB S.A.C.

En la figura N° 5, se plasma todos resultados de las concentraciones de NO_2 durante los cinco días de monitoreo, se puede observar que las lecturas de las concentraciones registradas son $< 104.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el cual es la lectura mínima del ensayo realizado por el laboratorio, cabe destacar que se encuentran debajo del nivel $\text{ECA NO}_2 = 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 8
Medidas estadísticas para NO₂

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
NO ₂	15	104,17	104,17	104,17	,00000

El promedio del índice de NO₂ para calidad de aire en todas las muestras analizadas; teniendo un valor mínimo, máximo y una media de 104,17 µg/m³ con un grado de dispersión de 0,00. El cuál es la lectura mínima (104,17 µg/m³) del ensayo según método ASTM D1607 - 91(2018) (VALIDADO modificado) realizado por el laboratorio.

5.1.2 Relación de contaminación de aire por material particulado PM₁₀, PM_{2.5} y la congestión vehicular

Para abordar este objetivo, se analizó los resultados de la concentración de PM₁₀, PM_{2.5}, y la congestión vehicular medidos en unidades por día.

Tabla 9
*Tabla cruzada Intervalo de INCA PM₁₀ * unidades por día*

			Unidades por día					
			22597	23042	24646	28620	28936	Total
Intervalo de INCA PM ₁₀	Mala	Recuento	0	0	1	2	1	4
		% del total	0,0%	0,0%	6,7%	13,3%	6,7%	26,7%
	Moderada	Recuento	3	3	2	1	2	11
		% del total	20,0%	20,0%	13,3%	6,7%	13,3%	73,3%
Total		Recuento	3	3	3	3	3	15
		% del total	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	100,0%

El comportamiento de los valores del INCA frente a las unidades vehiculares por día para PM₁₀. Se observa que a medida que aumenta las unidades vehiculares se evidencia una calidad de aire mala representando el 26,7% y que la calidad de aire moderada se presenta a lo largo de todas las mediciones de la congestión vehicular.

Tabla 10*Tabla cruzada Intervalo de INCA PM_{2.5}*unidades por día*

			Unidades por día					
			22597	23042	24646	28620	28936	Total
Intervalo de INCA PM _{2.5}	Mala	Recuento	3	3	3	3	3	15
		% del total	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	100,0%
Total		Recuento	3	3	3	3	3	15
		% del total	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	100,0%

Los resultados obtenidos de los valores de intervalo INCA frente a las unidades vehiculares por día para PM_{2.5} presenta una calidad de aire mala para todas las mediciones de congestión vehicular. Se evidencia que a medida que aumenta las unidades vehiculares por día no genera una variación en el índice de calidad del aire por lo que se obtiene el mismo porcentaje del 20% para todas las mediciones.

5.1.3 Relación de contaminación de aire por gases SO₂, CO y NO₂ y la congestión vehicular

Para abordar este objetivo, se analizó los resultados de la concentración de SO₂, CO, NO₂ y la congestión vehicular medidos en unidades por día.

Tabla 11*Tabla cruzada Intervalo de INCA SO₂ * unidades por día*

			unidades por día					
			22597	23042	24646	28620	28936	Total
Intervalo de INCA	Mala	Recuento	2	0	3	1	0	6
		% del total	13,3%	0,0%	20,0%	6,7%	0,0%	40,0%
SO ₂	Moderada	Recuento	1	3	0	2	3	9
		% del total	6,7%	20,0%	0,0%	13,3%	20,0%	60,0%
Total		Recuento	3	3	3	3	3	15
		% del total	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	100,0%

Se observa que el comportamiento de los valores de intervalo INCA frente a las unidades vehiculares por día para SO₂ brindó resultados de índice de calidad del aire moderada y mala, el índice de calidad del aire moderada se ve reflejada a lo largo de todas las mediciones del parque automotor representando el 60%.

Tabla 12*Tabla cruzada Intervalo de INCA CO * unidades por día*

			Unidades por día					
			22597	23042	24646	28620	28936	Total
Intervalo de INCA CO	Buena	Recuento	3	3	3	3	3	15
		% del total	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	100,0%
Total		Recuento	3	3	3	3	3	15
		% del total	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	100,0%

Los resultados obtenidos de los valores de intervalo INCA frente a las unidades vehiculares por día para CO brindan un nivel de aire buena para todas las muestras, estando distribuidas de manera homogénea con un 20% para todas las mediciones del parque automotor.

Tabla 13*Tabla cruzada Intervalo de INCA NO₂ * unidades por día*

			unidades por día					
			22597	23042	24646	28620	28936	Total
Intervalo de INCA NO ₂	Moderada	Recuento	3	3	3	3	3	15
		% del total	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	100,0%
Total		Recuento	3	3	3	3	3	15
		% del total	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	100,0%

Los resultados obtenidos de los valores de intervalo INCA frente a las unidades vehiculares por día para NO₂ brindan un nivel de aire moderada para todas las muestras, estando distribuidas de manera homogénea con un 20% para todas las mediciones del parque automotor.

5.2 Resultados inferenciales

5.2.1 Relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado

Con el propósito de determinar la prueba estadística adecuada, se evaluó la distribución de los datos del material particulado y gases utilizando la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 14*Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para contaminación de aire y tiempo*

	día	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
PM ₁₀	sábado	,952	3	,578
	domingo	,847	3	,233
	lunes	,945	3	,546
	martes	,941	3	,530
	miércoles	,991	3	,820
PM _{2.5}	sábado	,964	3	,637
	domingo	,906	3	,404
	lunes	,757	3	,055
	martes	,992	3	,831
	miércoles	,889	3	,351
SO ₂	sábado	,787	3	,057
	domingo	,991	3	,817
	lunes	,893	3	,363
	martes	,750	3	,351
	miércoles	,832	3	,194
CO	sábado	,789	3	,059.
	domingo	,994	3	,858
	lunes	,750	3	,462
	martes	,927	3	,477
	miércoles	,999	3	,942

De la Tabla 15, se deduce que los datos que conforman cada grupo de los parámetros de PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂ Y CO tienen una distribución normal, ya que los valores son mayores al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$); por consiguiente, para determinar diferencias entre los días de monitoreo, se utilizó la prueba de Pearson.

Tabla 15
Prueba de Pearsons entre contaminación de aire y tiempo

			día	
PM 10		Correlación de Pearson	-,793**	
		Sig. (bilateral)	,000	
		N	15	
	Simulación de muestreo ^d		Sesgo	-,004
			Error estándar	,076
			Intervalo de confianza al 95%	Inferior - ,914
				Superior - ,632
PM 2.5		Correlación de Pearson	-,717**	
		Sig. (bilateral)	,003	
		N	15	
	Simulación de muestreo ^d		Sesgo	-,018
			Error estándar	,078
			Intervalo de confianza al 95%	Inferior - ,885
				Superior - ,568
SO2		Correlación de Pearson	,417	
		Sig. (bilateral)	,122	
		N	15	
	Simulación de muestreo ^d		Sesgo	-,024
			Error estándar	,260
			Intervalo de confianza al 95%	Inferior - ,225
				Superior ,836
CO		Correlación de Pearson	,174	
		Sig. (bilateral)	,536	
		N	15	
	Simulación de muestreo ^d		Sesgo	,014
			Error estándar	,249
			Intervalo de confianza al 95%	Inferior - ,315
				Superior ,655

Se realizaron pruebas de correlación de Pearson para evaluar la relación entre las concentraciones de diversos contaminantes del aire y el tiempo. A continuación, se presentan los resultados:

PM₁₀ en el tiempo:

Los resultados indicaron una correlación de Pearson de -0.793, lo que sugiere una relación inversa fuerte entre estas variables.

Esta correlación es altamente significativa ($p = 0.000$, $N = 15$), indicando que las concentraciones de PM_{10} tienden a disminuir significativamente con el tiempo.

PM_{2.5} en el tiempo:

Los resultados indicaron una correlación de Pearson de -0.717 , lo que sugiere una relación inversa fuerte entre estas variables.

Esta correlación es estadísticamente significativa ($p = 0.003$, $N = 15$), indicando que las concentraciones de $PM_{2.5}$ tienden a disminuir significativamente con el tiempo.

SO₂ en el tiempo:

Los resultados indicaron una correlación de Pearson de 0.417 , lo que sugiere una relación moderada y directa entre estas variables.

Sin embargo, esta correlación no es estadísticamente significativa ($p = 0.122$, $N = 15$), indicando que no hay suficiente evidencia para afirmar que las concentraciones de SO_2 aumentan consistentemente con el tiempo.

CO en el tiempo:

Los resultados indicaron una correlación de Pearson de 0.174 , lo que sugiere una relación débil y directa entre estas variables.

Sin embargo, esta correlación no es estadísticamente significativa ($p = 0.536$, $N = 15$), indicando que no hay suficiente evidencia para afirmar que las concentraciones de CO aumentan consistentemente con el tiempo.

5.2.2 Relación de contaminación de aire por material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ y la congestión vehicular

Con el propósito de determinar la prueba estadística adecuada, se evaluó la distribución de los datos del material particulado utilizando la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 16*Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para Material Particulado*

Material particulado y parque automotor	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
PM 10	,884	15	,055
PM 2.5	,888	15	,062
Unidades por día	,884	15	,054

De la Tabla 13, se deduce que los datos de PM₁₀, PM_{2.5} y unidades por día, tienen una distribución normal, ya que los valores 0,055; 0,62 y 0,54 son mayores al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Por ello se utilizó la prueba Pearson

Tabla 17*Análisis de contaminación de aire por material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} y la congestión vehicular*

	Contaminación del aire	unidades por día
PM 10	Correlación de Pearson	,915**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	15
PM 2.5	Correlación de Pearson	,836**
	Sig. (bilateral)	,000
	N	15

En la tabla 7, se observa la relación del parque automotor medido en unidades por día tiene una correlación fuerte para PM₁₀ (Rho=0,915 y Sig=0,000 <0,05), también se puede afirmar que existe una correlación fuerte para PM_{2.5} (Rho=0,836 y Sig=0,000 <0,05)

La relación de contaminación de aire por gases SO₂, CO y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola

Se evaluó la distribución de los datos de los gases emitidos por el parque automotor utilizando la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 18*Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para gases*

Gases emitidos y parque automotor	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
SO ₂	,825	15	,008
CO	,782	15	,002
unidades por día	,774	15	,002

Se observó que los parámetros de SO₂, CO y unidades por día no tienen una distribución normal, siendo 0,008; 0,002 y 0,002 menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$); por lo tanto, se utilizó la prueba no paramétrica de Spearman.

Tabla 19*Relación de contaminación de aire por gases SO₂, CO y la congestión vehicular*

		Calidad de aire	unidades por día
Rho de Spearman	SO ₂	Coeficiente de correlación	-,409
		Sig. (bilateral)	,130
		N	15
	CO	Coeficiente de correlación	-,290
		Sig. (bilateral)	,294
		N	15

En la tabla 16, se observa la relación del parque automotor medido en unidades por día tiene una correlación débil y negativa para SO₂ (Rho=-0,409 y Sig=0,130 <0,05), también se puede afirmar que existe una correlación negativa y débil para CO (Rho=-0,290 y Sig=0,294 <0,05).

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Las hipótesis se discutieron en relación de los resultados obtenidos en las pruebas estadísticas que fueron determinadas para cada una de las dimensiones planteadas.

Es preciso indicar que la variable contaminación de aire posee una dimensión, que son analizados por los indicadores PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , y NO_2 .

6.1.1 Contrastación con la hipótesis general

H0: “No existe una correlación entre el parque automotor y los niveles de contaminación del aire, en el tramo de la Avenida Alfredo Mendiola, Urbanización Pro, Lima 2024”

H1: “Existe una correlación entre el parque automotor y los niveles de contaminación del aire, en el tramo de la Avenida Alfredo Mendiola, Urbanización Pro, Lima 2024”

Los resultados analizados por la prueba correlación de Pearson para material particulado PM_{10} , $PM_{2.5}$ y el parque automotor muestra una correlación de manera fuerte, debido a que el parque automotor influyó en los niveles de concentración de material particulado. Sin embargo, para la medición de gases SO_2 , CO y parque automotor la prueba de correlación arrojó que la relación es baja, se pudiera inferir que el parque automotor influye de manera poco significativa por lo que aceptamos la hipótesis alternativa (H_1)

6.1.1.1 Contrastación con la hipótesis específica 1

H0: No existe relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado en días en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024

H1: Existe relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado en días en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024

Para los contaminantes PM_{10} y $PM_{2.5}$, rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis alternativa (H_1), indicando que existe una relación significativa entre la contaminación del aire y el tiempo monitoreado en días. En contraste, para los contaminantes SO_2 y CO , no rechazamos la hipótesis nula (H_0),

lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para afirmar que existe una relación significativa entre estos contaminantes y el tiempo monitoreado.

En resumen, la hipótesis específica 1 es parcialmente aceptada, con relaciones significativas observadas para PM_{10} y $PM_{2.5}$, pero no para SO_2 y CO . Ver tabla 14.

6.1.1.2 Contrastación con la hipótesis específica 2

H_0 : No existe relación de contaminación de aire por material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024

H_1 : Existe relación de contaminación de aire por material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024

Los resultados de la prueba de correlación de Pearson indican que tanto la concentración de PM_{10} como la de $PM_{2.5}$ están positiva y significativamente relacionadas con la congestión vehicular medida en unidades por día. Ver tabla 14. Por lo que aceptamos la hipótesis alternativa (H_1)

6.1.1.3 Contrastación con la hipótesis específica 3

H_0 : No existe relación de contaminación de aire por gases SO_2 , CO y NO_2 y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024

H_1 : Existe relación de contaminación de aire por gases SO_2 , CO y NO_2 y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024

Con base en los resultados de la prueba de correlación de Spearman, indica que existe una correlación entre los gases y el parque automotor, Ver tabla 20. Por lo que aceptamos la hipótesis alternativa (H_1)

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

La comparación, validación y contrastación de los resultados obtenidos en esta investigación con estudios similares es fundamental para entender mejor y contextualizar los hallazgos la relación entre el parque automotor y la contaminación del aire debido al tráfico vehicular. A continuación, se contrastan los resultados en esta investigación, con los obtenidos en las investigaciones

realizadas a nivel nacional e internacional en diferentes localidades y contextos.

Material Particulado (PM₁₀ y PM_{2.5})

(Cunha-Lopes, y otros, 2023) en su estudio caracterizó y cuantificó las emisiones vehiculares en un sitio de fondo urbano y un túnel de carretera en Lisboa - Portugal, utilizando una metodología descriptiva y cuantitativa. Las concentraciones obtenidas de PM_{2.5} y PM₁₀ en el túnel fueron $129 \pm 12.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $168 \pm 17.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, que fueron significativamente mayores que en el sitio urbano. Los resultados tienen similitud a los obtenidos en este estudio en cuanto a la alta concentración de material particulado en zonas de alto tráfico vehicular. Sin embargo, las concentraciones en el túnel son mayores debido al ambiente cerrado que limita la dispersión de contaminantes.

(Harantová, y otros, 2023) en su estudio evaluó la contaminación del aire por partículas debido a vehículos de transporte de mercancías, mediante estaciones de monitoreo. Se obtuvo resultados promedios anuales de PM_{2.5} de $16.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de PM₁₀ de $24.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un aumento en áreas de alto volumen de tráfico. Sus resultados aunque los valores absolutos son menores que en Lima, la tendencia de aumento en áreas de tráfico intenso es consistente con los hallazgos de este estudio, confirmando la relación positiva entre el tráfico y las concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀.

(Duarte González, 2020) en su estudio evaluó la variación espaciotemporal de PM₁₀ y PM_{2.5} en Barranquilla. Utilizando una metodología de tipo correlacional y cuantitativa. Evaluando tres zonas de monitoreos, la estación móvil ubicada en la zona norte cerca al mar, la escuela de Policía con influencia de alto tráfico vehicular y la zona residencial Tres Avemarías, en el norte-centro histórico. Resultando PM₁₀ se encontró que la estación Móvil tuvo una media de $46,37 \pm 28,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Policía $51,37 \pm 26,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Tres Avemarías $39,68 \pm 23,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto al PM_{2.5} se tiene registro de concentraciones promedio de $15,95 \pm 11,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la estación Móvil, $18,12 \pm 12,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la estación Policía y $15,10 \pm 10,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la estación Tres Avemarías. Las concentraciones en Barranquilla son inferiores a las de Lima, pero también muestran variación significativa en función del tráfico y la ubicación, como el caso de la estación Policía con influencia de alto tráfico vehicular teniendo resultados más altos en PM₁₀ y PM_{2.5} en comparación con la zona residencial y la ubicada cerca al mar.

(CHAMPI CASTRO, 2022) Este estudio evaluó el material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ utilizando imágenes satelitales LANDSAT de treinta y tres puntos de monitoreo para proponer un plan de minimización en Lima. Utilizando una metodología de tipo correlacional y cuantitativo descriptivo obteniendo resultados donde PM_{10} concentraciones que fluctúan de $60.752 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $72.252 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que $PM_{2.5}$ tuvo concentraciones de $59.289 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $82.224 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superando las normativas del ECA Aire. Sin embargo, la metodología basada en imágenes satelitales proporciona una perspectiva diferente y complementaria a la medición directa de contaminantes.

(Sanchez Meza, y otros, 2022) Este estudio analizó cómo las actividades humanas afectan las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en tres áreas de Coronel Portillo. Utilizando una metodología de tipo cuantitativa y de nivel correlacional. Las concentraciones de PM_{10} fueron $126.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $220.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $136.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, todas superando el ECA, además el grado de correlación de las zonas de estudio y el tránsito vehicular dio un resultado de 0.79 positiva y altamente significativa para la Plaza de Pucallpa, una relación positiva moderada de 0.60 en la CFB km 10 y una relación positiva moderada de 0.62 de significancia para CSR. Las concentraciones de $PM_{2.5}$ fueron $31.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $35.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $33.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, todas superando el ECA, además el grado de correlación de las zonas de estudio y el tránsito vehicular dio un resultado de 0.61 positiva y significativa para la Plaza de Pucallpa, una relación positiva altamente significativa de 0.78 en la CFB km 10 y una relación positiva débil de 0.24 de significancia para CSR. En la presente investigación los valores más altos de PM_{10} son $153.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $166.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $153.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de los puntos de monitoreo CA-01, CA-02 y CA-03 respectivamente, superando también el ECA, que refuerza la influencia del parque automotor como fuente para la contaminación del aire. Para las concentraciones de $PM_{2.5}$ se obtuvieron resultados de $61.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $64.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $60.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que contrasta a la investigación de SANCHEZ esto debido a la poca cobertura vegetal en la zona.

(FERNANDEZ LA TORRE, y otros, 2021) Este estudio evaluó el material particulado PM_{10} en el cercado de la ciudad de Chiclayo utilizando una metodología tipo descriptivo correlacional. Determinó la contaminación por PM_{10} en punto crítico conformado por calles estrechas muy concurridas. Se obtuvo para PM_{10} $68.0865 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dentro de los límites del ECA pero superior a los límites de la OMS. Sin embargo, este resultado obtenido en dicho muestreo tuvo influencia a causa de la

inmovilización de la población en pandemia por covid-19.

Gases (SO₂, CO y NO₂)

(Akintomide Ajayi, y otros, 2023) En su trabajo de investigación se evaluaron los siguientes gases SO₂, NO₂ y CO, en 2 carreteras principales en la ciudad de Lagos, utilizando una metodología de tipo cuantitativa y de nivel correlacional. Se evaluó la recopilación de datos sobre medidas de movilidad del tráfico, como volúmenes, velocidad obteniendo los siguientes resultados SO₂: 836.78 y 748.33 µg/m³, NO₂: 356.73 y 319.18 µg/m³, CO: 61714.28 y 82285.71 µg/m³ para la carretera Tollgate-Meirani (TM) e Ikeja Along (IC) respectivamente. Dichos valores sobrepasan la normativa nacional mayor al 200%. La presente investigación contrasta con los resultados obtenidos por Akintomide, uno de los principales factores se debe al grado de contaminación de aire que atraviesa la ciudad de Lagos.

(Huang, y otros, 2020) Este estudio evaluó las emisiones de vehículos mediante estaciones de monitoreo y detección remota durante los años 2012-2018. Utilizando una metodología cuantitativa de tipo correlacional, se considero 4 estaciones ambientales y 2 estaciones al borde del camino. Los resultados obtenidos mostraron una tendencia decreciente en NO₂, las concentraciones todavía superaban significativamente los estándares de calidad del aire. A pesar de la tendencia a la baja, las concentraciones de NO₂ en las carreteras todavía están significativamente por encima del AQO establecido por el Gobierno de la RAE de Hong Kong, en las estaciones de AQ en las carreteras son obviamente más altas que las medidas en las estaciones de AQ ambientales, por su proximidad a la fuente de emisiones que serían los vehículos de motor, que fueron 99 % y 118 % más altas que el AQO para las estaciones Central y Causeway Bay. La presente investigación contrasta con los obtenidos por Huang, esto puede ser debido a la proximidad de la fuente de emisión.

(Cuba Cornejo, y otros, 2021) Este estudio evaluó las emisiones de contaminantes vehiculares en Ica. Utilizando una metodología de nivel descriptivo y explicativo, con diseño no experimental. Las estaciones de monitoreos fueron ubicadas en cuatro intersecciones de calles con alto tráfico vehicular llamado P-01, P-02, P-03 y P-04 obteniendo resultados de 48.8, 38.01, 62.28, 56.28 µg/m³ para SO₂ y

85.33, 94.23, 97.78, 94.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para NO_2 reflejando un patrón similar al presente estudio que no supera los ECA aire.

(CAHUANTICO SALAS, 2019) En su trabajo de investigación se evaluaron los gases CO, SO_2 en los distritos de Huanchaq, San Sebastian y San Jeronimo en Cusco por cuatro días continuos. Utilizando una metodología cuantitativa por la recopilación de datos a través de analizadores de gases. Obteniendo valores de CO 6 201.55, 4 379.80, 5,095.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para SO_2 2.70, 3.84, 3.48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, los niveles de CO y SO_2 estuvieron por debajo de los límites al igual que la presente investigación esto puede ser debido a que la ciudad de cusco presenta una menor flota vehicular comparado con Lima.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

La presente investigación respeta los lineamientos establecidos en el Reglamento del Código de Ética de la Investigación, de la Universidad Nacional del Callao aprobada mediante la Resolución de Consejo Universitario N° 260- 2019-CU, así como el Reglamento de Propiedad Intelectual, aprobada mediante Resolución N°1206-2019-R, de manera que se respetaron los derechos de propiedad y autoría intelectual. Los autores asumen total responsabilidad del contenido de la presente tesis, de manera que no se falsificaron, ni se modificaron datos o resultados de manera parcial o total durante su desarrollo.

VII. CONCLUSIONES

- La medición de Los resultados obtenidos indica que existe una relación altamente significativa de -0,793 y -0,717 en la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ respectivamente y una correlación moderada de 0,417 y 0,174 en la concentración de SO_2 y CO respectivamente con el tiempo monitoreado, que concluye que al pasar de los días los niveles de concentración de material particulado va disminuyendo, esto puede ser debido a que el primer día de medición inicia con los días no hábiles laboral y para los gases se concluye que los niveles de concentración influyen de manera moderada en el tiempo monitoreado, probablemente a que los instrumentos de medición no estuvieron directamente en la fuente de emisión (tubo de escape).
- Los resultados obtenidos para material particulado y la congestión vehicular indican que existe una relación altamente significativa de 0,915 y 0,836 en la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ respectivamente, que concluye que a medida que aumentan el flujo vehicular se evidencia un incremento significativo en las concentraciones de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$). Los niveles de concentración para PM_{10} vario entre 115,50 y 166.70 $\mu g/m^3$, las concentraciones para $PM_{2.5}$ fluctuaron entre 52,60 y 73,90 $\mu g/m^3$ superando el ECA aire.
- Los resultados obtenidos para gases y la congestión vehicular indican que existe una relación ligeramente significativa de -0,409 y -0,290 en la concentración de SO_2 y CO respectivamente, que concluye que a medida que aumentan el flujo vehicular se evidencia una leve disminución en las concentraciones de gases (SO_2 y CO). Los niveles de concentración para SO_2 vario entre 13 y 31 $\mu g/m^3$, las concentraciones para CO fluctuaron entre 1250 y 1652 $\mu g/m^3$ valores que no superan los estándares de calidad de aire.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere continuar con líneas de investigación que incorporen estudios más avanzados y que consideren otros factores que puedan influir en el tema de estudio y que contribuyan a la calidad del aire y por consecuencia a la mejora del medio ambiente.
- A fin de tener mayor profundidad de días de monitoreo de PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO Y NO₂ para un mejor panorama de las concentraciones de los parámetros evaluados.
- Se recomienda para los próximos investigadores para un mejor entendimiento del comportamiento y concentración de material particulado realizar una medición fragmentada por horas, y así detectar las horas con mayor concentración de material particulado.
- Para mejorar la calidad de aire, se recomienda al gobierno regional la implementación de programas en vigilancia de la calidad del aire, control de las emisiones, prevención de la contaminación del aire e información, capacitación y comunicación pública.
- Se recomienda un sistema concertado de sensibilización dirigido a quienes toman decisiones, tales como líderes políticos, empresarios y público en general sobre la importancia de la prevención y reducción de la contaminación del aire en interiores y exteriores.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERNANDEZ LA TORRE, Juan Miguel Alejandro y POTENCIANO FLORES, Alexandra. 2021.** Repositorio digital institucional Universidad Cesar Vallejo. *Repositorio digital institucional Universidad Cesar Vallejo*. [En línea] 2021. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75934>.
- Lizarbe Alarcon, Emerson. 2022.** Repositorio Unheval. *Repositorio Unheval*. [En línea] 2022. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7425>.
- Akintomide Ajayi, Samuel , y otros. 2023.** El impacto de las medidas de movilidad del tráfico en las emisiones de los vehículos para el tráfico heterogéneo en la ciudad de Lagos. [En línea] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227623002788>. ISSN 2468-2276.
- Arias Odón, Fidas. 2019.** ResearchGate. *ResearchGate*. [En línea] 2019. https://www.researchgate.net/profile/Fidas-Arias-Odon-2/publication/335927792_Investigacion_teorica_investigacion_empirica_e_investigacion_generativa_para_la_construccion_de_teorias_Precisiones_conceptuales_1/links/5d8481d2299bf1996f7e550b/Investigacion-t.
- Armesto Arenas, Alexander . 2022.** Análisis del impacto de la circulación vehicular de la zona norte de Ocaña, Colombia, sobre la concentración de PM10 y la salud respiratoria de sus habitantes. Medellín : Facultad de Ingeniería, 2022.
- Arroyo Teran, Edwin Salomon, y otros. 2021.** Scielo. *Scielo*. [En línea] 2021. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-34612020000100148&script=sci_arttext.
- Benites Rodriguez, Ignacio, Claver Santos, Victorino y Peña Perez, Jose Arturo. 2021.** Dialnet. *Dialnet*. [En línea] 2021. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8154362>.
- Bolivar Flores, Mario. 2022.** Repositorio Autonoma. *Repositorio Autonoma*. [En línea] 2022. <https://repositorio.autonoma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13067/2274/Bolivar%20Flores%20c%20Mario.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CAHUANTICO SALAS, Rosa Hermelinda. 2019.** CONCYTEC. *CONCYTEC*. [En línea] 2019. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_cd4be5c6a2556efb34a1f3bdc9a83e32.
- Carrillo Flores, Ana Lilia. 2015.** Poblacion y muestra. [En línea] 2015. [Citado el: 28 de 02 de 2024.] <https://core.ac.uk/download/pdf/55528082.pdf>.
- CHAMPI CASTRO, Luis Marcelo. 2022.** Evaluación de material particulado PM10 y PM2.5 mediante imágenes satelitales LANDSAT para una propuesta de un plan de minimización Lima, 2022. [En línea] 2022. [Citado el: 15 de Marzo de 2024.] <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/111486>.
- Conte Grand, Mariana y D'Elia, Vanesa. 2008.** SCIELO. *SCIELO*. [En línea] 2008. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362008000300006.

Cordova Mendoza, Pedro, Barrios Mendoza, Teresa y Cordova Barrios, Isis Cristel. 2021. SCIELO. SCIELO. [En línea] 10 de MARZO de 2021. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212021000100138&lang=es.

Cuba Cornejo, Carmen, y otros. 2021. Determinación de emisiones contaminantes para control y disminución de la contaminación ambiental generados por vehículos. [En línea] 31 de Diciembre de 2021. [Citado el: 19 de febrero de 2024.] <https://revistas.unat.edu.pe/index.php/RevTaya/article/view/183>.

Cunha-Lopes, I., y otros. 2023. Caracterización de las emisiones de los vehículos en un túnel de carretera en Lisboa. [En línea] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809523003927>. ISSN 0169-8095.

De Castro, Ricardo. 2006. *Persona, Sociedad y Medio Ambiente*. s.l. : JUNTA DE ANDALUCIA, 2006.

Duarte González, Ana Lucía . 2020. EVALUACIÓN ESPACIOTEMPORAL DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA. Barranquilla : Universidad De La Costa, 2020.

EPA. 2023. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. [En línea] 2023. <https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono>.

EUROFINS. 2023. Eurofins Environment Testing. *Eurofins Environment Testing*. [En línea] 2023. <https://www.eurofins-environment.es/es/particulas-pm10-y-como-se-generan/>.

FARROW, Aidan. 2022. Revista Green Peace. *Revista Green Peace*. [En línea] 2022. <https://www.greenpeace.org/static/planet4-colombia-stateless/2022/05/6521e020-la-carga-de-la-contaminacion-del-aire-en-bogota-colombia-2021.pdf>.

Fernández La Torre, Juan Miguel Alejandro y Potenciano Flores, Alexandra. 2021. Repositorio UCV. *Repositorio UCV*. [En línea] 2021. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75934>.

Gomez Chipana, Edwin. 2020. Análisis correlacional de la formación académico-profesional y cultura tributaria de los estudiantes de Marketing y Dirección de Empresas. [En línea] 2020.

Harantová, Veronika , y otros. 2023. Monitoreo de la contaminación del territorio por material particulado en relación con. [En línea] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146523004349>. ISSN 2352-1465.

Hernandez Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista Lucio, Maria del Pilar. 2014. [En línea] 2014. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista- Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>.

Hernandez Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Maria del Pilar. 2018. *Metodología de la investigación*. Ciudad de Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA

EDITORES S.A., 2018.

Hospital Cayetano Heredia . 2022. Boletín Epidemiológico. [En línea] 2022. <https://www.hospitalcayetano.gob.pe/PortalWeb/wp-content/uploads/2022/09/Boletin-Epidemiologico-2022-08.pdf>.

Huang, Yuhán , y otros. 2020. Evaluación de las emisiones de vehículos en uso mediante estaciones de monitoreo de la calidad del aire y sistemas de teledetección en carretera. [En línea] 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972033388X>. ISSN 0048-9697.

IQAir. 2023. *World Air Quality Report*. Suiza : IQAir Report, 2023.

Lara Medina, Orlando Alfonso. 2019. Estimación de emisiones de CO₂ en taxis con cilindrada de 1600 cc bajo parámetros de conducción eficiente en la ciudad de Cuenca, utilizando el modelo IVE. [En línea] 2019. [Citado el: 20 de 03 de 2024.] <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9706>.

Mamani Guevara, Marcial, y otros. 2023. Scielo. *Scielo*. [En línea] 2023. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2664-09022023000100072&script=sci_arttext#B6.

Mancero Chicaiza, Erika Johanna. 2023. SCIELO. *SCIELO*. [En línea] 2023. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022023000100159&lng=es&nrm=iso.

Mayorga, Cesar M., Ruiz, Mery E. y Aldas, Darwin S. 2020. Percepciones acerca de la contaminación del aire generada por el transporte urbano en Ambato, Ecuador. *Revista Espacios*. [En línea] 2020. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n17/a20v41n17p11.pdf>.

Mayorga, Cesar, Ruiz, Mery y Aldas, Darwin. 2020. REVISTA ESPACIOS. *REVISTA ESPACIOS*. [En línea] 2020. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n17/a20v41n17p11.pdf>.

MINAM. 2017. Ministerio del Ambiente. *Ministerio del Ambiente*. [En línea] 7 de junio de 2017. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2017-minam/>.

—. **2019.** Ministerio del Ambiente . *Ministerio del Ambiente* . [En línea] 2019. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/308391-estandar-decalidad-ambiental>.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2023. Política Nacional Multisectorial de la Seguridad Vial 2023 - 2030. *Política Nacional Multisectorial de la Seguridad Vial 2023 - 2030*. [En línea] 2023. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4898855/Pol%C3%ADtica%20Nacional%20Multisectorial%20de%20Seguridad%20Vial%202023%20%E2%80%93%202030.pdf>.

MITECO. 2023. MINISTERIO DE TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. *MINISTERIO DE TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO*. [En línea] 2023. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/dioxido-azufre.html>.

- OEFA. 2015.** Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental. *Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental*. [En línea] 2015.
- OMS. 2022.** Organizacion Mundial de la Salud. [En línea] 19 de Diciembre de 2022. [Citado el: 3 de marzo de 2024.] [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).
- OMS. 2023.** Organizacion Mundial De La Salud. *Organizacion Mundial De La Salud*. [En línea] 2023. https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab_1.
- Organizacion Panamericana de la Salud. 2018.** Organizacion Panamericana de la Salud. *Organizacion Panamericana de la Salud*. [En línea] 2018. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-exterior-vivienda-preguntas-frecuentes>.
- Oyarzun, Manuel y Gonzalo, Valdivia. 2021.** Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*. [En línea] 2021.
- Paredes de Gómez, Trinidad Betty. 2019.** RENATI. *RENATI*. [En línea] 2019. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2793260>.
- Programa Nacional Olimpiada de Geografía de la República. 2012.** [En línea] 2012. <https://www.fhuc.unl.edu.ar/olimpiadageo/2012/B%20-%202012/131-170%20-%20Atmosfera.pdf>.
- Quenaya Calle, Edmundo Carmelo. 2018.** Red de Repositorios Latinoamericanos. *Red de Repositorios Latinoamericanos*. [En línea] 2018. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3264608>.
- Ramesh. 2023.** Contaminación del aire urbano cercano a las carreteras debido al tráfico de vehículos: efecto de las condiciones de conducción del mundo real y la composición de los vehículos. [En línea] 2023. <https://typeset.io/papers/near-road-urban-air-pollution-due-to-vehicular-traffic-2o83f0nz>.
- Saavedra Vargas, Juan Diego. 2014.** Repositorio La Molina. *Repositorio La Molina*. [En línea] 2014. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1872/T01-S33-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Sampieri Hernandez, Roberto, Collado Fernandez, Carlos y Baptista, Carlos. 2018.** *Metodologia de la investigacion*. Interamericana Mexico : Mc Grill- Hill, 2018. 978-1-4562-2396-0.
- Sánchez Carlessi, H. Hugo, Reyes Romero, Carlos y Mejía Sánchez, Katia. 2018.** *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima : Bussiness Support Aneth S.R.L, 2018. 9786124735141.
- SÁNCHEZ MEZA, ABEL LUIS y ALDABA YUMBATO, DEIVY ANTONNY ANTONNY . 2022.** CONCYTEC. *CONCYTEC*. [En línea] 2022. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5647>.
- Sanchez Meza, Abel Luis y Aldaba Yumbato, Deivy Antony. 2022.** Repositorio Institucional

- UNU. *Repositorio Institucional* UNU. [En línea] 2022.
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5647>.
- SENAMHI. 2014.** SENAMHI. *SENAMHI*. [En línea] 2014.
https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/454/Estimaci%C3%B3n-emisiones-vehiculares-Lima-Metropolitana_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Sunyer, Jordi y Rivas, Loar. 2022.** Air pollution and health, 20 years later. [En línea] 2022.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025775322001853>.
- Ubilla, Carlos y Yohannessen , Karla. 2021.** CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y ASMA EN NIÑOS. *CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y ASMA EN NIÑOS*. [En línea] 2021.
<https://www.neumologia-pediatria.cl/index.php/NP/article/view/464>.
- UF1941, Elaboración de inventarios de focos contaminantes. 2016.** [En línea] 2016.
https://www.google.com.pe/books/edition/Elaboraci%C3%B3n_de_inventarios_de_focos_con/pJ8mDAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=FOCOS+DE+EMISION&printsec=frontcover.
- Useche, Maria Cristina, y otros. 2019.** *Técnicas e instrumentos de recolección*. Colombia : Gente Nueva, 2019. ISBN: 978-956-6037-04-0.
- Valencia Toro, Mauren , Cartagena Álvarez , Milena y Restrepo Obando, Jhon Jairo . 2020.** El Crecimiento del Parque Automotor en el Municipio de Sabaneta Antioquia y las Afectaciones en la Calidad del Aire del Territorio. Antioquia : Fondo Editorial Unisabaneta, 2020.
- Vargas Cordero, Zoila Rosa. 2009.** LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. [En línea] 2009.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>.
- Zegarra Tello, Irma Janet. 2021.** Cybertesis. *Cybertesis*. [En línea] 2021.
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17397/Zegarra_ti.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

I. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

EL PARQUE AUTOMOTOR Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL TRAMO DE LA AVENIDA ALFREDO MENDIOLA - URBANIZACION PRO, LIMA 2024

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es la relación del parque automotor y la contaminación del aire en el tramo de la avenida Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar la relación entre el parque automotor y la contaminación del aire en el tramo de la avenida Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Existe una correlación entre el parque automotor y los niveles de contaminación del aire, en el tramo de la Avenida Alfredo Mendiola, Urbanización Pro, Lima 2024</p>	<p>V1: Parque automotor</p>	<p>D1: Congestión vehicular</p> <p>D2: Tiempo monitoreado en días</p>	<p>Puntos críticos</p> <p>Cantidad de días</p>	<p>Según la finalidad: El presente trabajo de investigación es de tipo empírica.</p> <p>Según el nivel: El presente trabajo de investigación es de tipo correlacional.</p> <p>Según su enfoque o naturaleza: El presente trabajo de investigación es de tipo cuantitativa.</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuál es la relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado en días en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024?</p> <p>¿Cuál es la relación de contaminación de aire por material particulado PM10, PM2.5 y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024?</p> <p>¿Cuál es la relación de contaminación de aire por gases SO₂, CO y NO₂ y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Identificar la relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado en días en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024.</p> <p>Establecer la relación de contaminación de aire por material particulado PM10 y PM2.5 y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024</p> <p>Establecer la relación de contaminación de aire por gases SO₂, CO, NO₂ y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>Existe relación de contaminación de aire y el tiempo monitoreado en días en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024</p> <p>Existe relación de contaminación de aire por material particulado PM10, PM2.5 y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024</p> <p>Existe relación de contaminación de aire por gases SO₂, CO y NO₂ y la congestión vehicular en el tramo de la av. Alfredo Mendiola, urbanización Pro, Lima 2024</p>	<p>V2: contaminación de aire</p>	<p>D1: Calidad del aire</p>	<p>material particulado PM_{2.5}</p> <p>material particulado PM₁₀</p> <p>monóxido de carbono CO</p> <p>dióxido de nitrógeno NO₂</p> <p>dióxido de azufre SO₂</p>	<p>Tiene un diseño no experimental</p> <p>Según su Método Se utilizó el método de investigación transeccional o transversal</p> <p>Población Consistió en la totalidad de la atmósfera del tramo de la Avenida Alfredo Mendiola, urbanización Pro</p> <p>Muestra Se considero las concentraciones obtenidas de PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO Y NO₂ de las 3 estaciones de monitoreo ubicados a lo largo de la avenida Alfredo Mendiola.</p>

Anexo 2: Formato de Certificado del laboratorio que realizara los análisis.

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

AD LAB S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Los Alisos N° 515, Interior 2 (segundo piso), Urb. Micaela Bastidas, Distrito de los Olivos, Provincia de Lima, Departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 22 de diciembre de 2023
Fecha de Vencimiento: 21 de diciembre de 2026

Firmado por:
AGUILAR RODRIGUEZ Lidia Patricia EAU 20060283019 *with*
Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Fecha: 2024-01-11 07:47:52

PATRICIA AGUILAR RODRIGUEZ
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 09 de enero de 2024



Cédula N° : 453-2023-INACAL/DA
Contrato N° : 077-2023/INACAL-DA
Registro N° : LE - 225

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y fecha de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web: www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditados, y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de las Américas, American Accreditation Cooperation (AAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Múltiple con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-acr-06P-02M/Ver 03

Anexo 4: Formato de instrumento recolector de datos N° 1



FACULTAD DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

TÍTULO	EL PARQUE AUTOMOTOR Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL TRAMO DE LA AVENIDA ALFREDO MENDIOLA - URBANIZACION PRO, LIMA 2024							
Escuela profesional	INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES							
Autores	BERROSPI RODRÍGUEZ LIZ CAROLINA MAMANI FERNÁNDEZ WILDER CRISTIAN							
Asesor	VIGO ROLDÁN ABNER JOSUÉ							
Fecha	Estación	Parque automotor	Calidad del aire	Material particulado PM ₁₀ (µg/m ³)	Material particulado PM _{2.5} (µg/m ³)	Dióxido de azufre SO ₂ (µg/m ³)	Monóxido de carbono CO (µg/m ³)	Dióxido de nitrógeno NO ₂ (µg/m ³)
		CV						
		CV						
		CV						
		CV						
		CV						

Leyenda:

Día: lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo

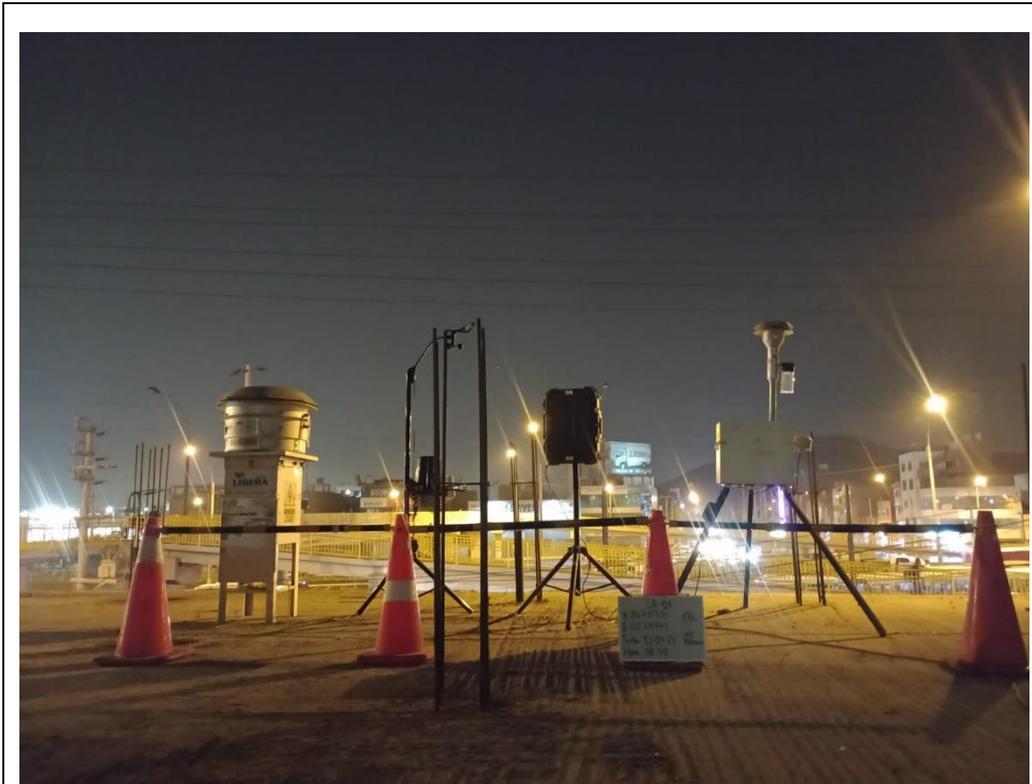
CV: congestión vehicular

Calidad del aire: Buena Moderada Mala VUEC (Valor umbral del estado de cuidado)

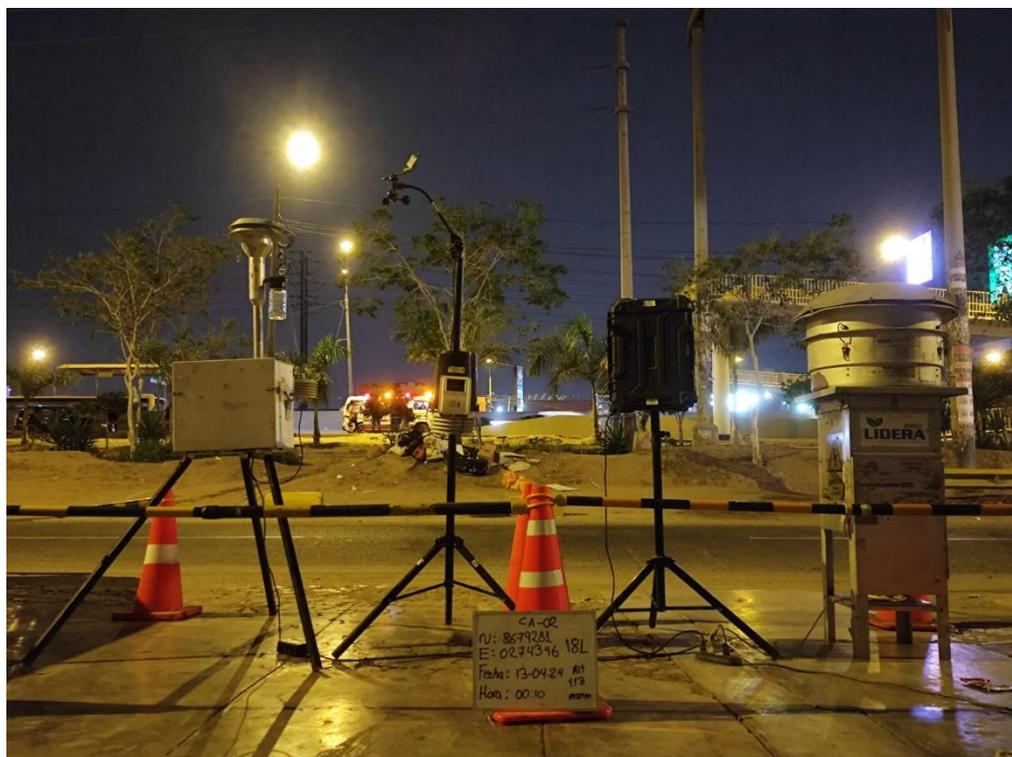
Material particulado (PM ₁₀) promedio 24 horas			Monóxido de Carbono (CO) promedio 8 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentración (µg/m ³)	Ecuación	Intervalo del INCA	Intervalo de concentración (µg/m ³)	Ecuación
0-50	0-75	$I (PM_{2.5}) = [PM_{2.5}] * 100/25$	0-50	0-5049	$I (CO) = [CO] * 100/10000$
51-100	76-150		51-100	5050-10049	
101-167	151-250		101-150	10050-15049	
>167	>250		>150	>15050	
Material particulado (PM _{2.5}) promedio 24 horas			Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) promedio 1 hora		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentración (µg/m ³)	Ecuación	Intervalo del INCA	Intervalo de concentración (µg/m ³)	Ecuación
0-50	0-12.5	$I (PM_{10}) = [PM_{10}] * 100/150$	0-50	0-100	$I (NO_2) = [NO_2] * 100/200$
51-100	12.6-25		51-100	101-200	
101-500	25.1-125		101-150	201-300	
>500	>125		>150	>300	
Sulfuro de Hidrogeno (SO ₂) promedio 24 horas					
Intervalo del INCA	Intervalo de concentración (µg/m ³)	Ecuación			
0-50	0-10	$I (SO_2) = [SO_2] * 100/20$			
51-100	11-20				
101-625	21-500				
>625	>500				

Ing. Arroyo Delgado, David CIP: 290355	Ing. Andía Acevedo, Rezza Bárbara CQP: 1447	Ing. Raymondi Yaya, Carla Lucero CIP: 284945
Especialista N° 1	Especialista N° 2	Especialista N° 3

Anexo 6: Estaciones de Monitoreo de calidad de Aire



Estación de monitoreo CA-01



Estación de monitoreo CA-02



Estación de monitoreo CA-03

Anexo 7: INFORME DE ENSAYO N°: 24060-I



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON EL REGISTRO N° LE - 225



INFORME DE ENSAYO N°: 24060-I

I- DATOS DEL CLIENTE

1.-RAZÓN SOCIAL	: LIZ BERROSPI RODRIGUEZ
2.-DIRECCIÓN	: A.A.H.H. LOS ALGARROBOS Mz A LT 14, EL PROGRESO - CARABAYLLO- LIMA
3.-PROYECTO	: MONITOREO CALIDAD DE AIRE EN AV. ALFREDO MENDIOLA - URBANIZACION PRO
4.-PROCEDENCIA	: AV. ALFREDO MENDIOLA - URBANIZACION PRO
5.-SOLICITANTE	: LIZ BERROSPI RODRIGUEZ
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0060-24
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: AD-P-026 PROCEDIMIENTO DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE
8.-MUESTREADO POR	: AD LAB S.A.C.
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2024-04-25

II- DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: AIRE
2.-DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
CANTIDAD	: 15 FILTROS PM10; 15 FILTROS PM 2.5; 45 SOLUCIONES CAPTADORAS
PRESENTACION	: FILTROS PM10 ALTO VOLUMEN; FILTROS PM 2.5 BAJO VOLUMEN. SOLUCIONES CAPTADORAS EN FRASCOS DE PLASTICO AMBAR DE 60 mL
CONDICIONES	: TEMPERATURA DE SOLUCIONES CAPTADORAS A 9.5°C ; FILTROS DE PM10 Y PM2.5 EN BUENAS CONDICIONES
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2024-04-15 AL 2024-04-18
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2024-03-15 AL 2024-03-23
5.- ENSAYO REALIZADO EN	: LABORATORIO AD LAB S.A.C. SEDE 1

Reyza Andia Acevedo
Jefe de Laboratorio
CQP N° 1447

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de AD LAB S.A.C.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

III.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
MATERIAL PARTICULADO PM10 (ALTO VOLUMEN) ⁽¹⁾	NTP 900.030:2018	MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL. Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera.
MATERIAL PARTICULADO PM2.5 BAJO VOLUMEN ⁽²⁾	NTP 900.069:2017	MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL. Calidad del aire. Método de referencia para la determinación de material particulado fino como PM 2.5 en la atmósfera
DIOXIDO DE NITROGENO ⁽³⁾	ASTM D1607 - 91(2018)	Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction).
MONÓXIDO DE CARBONO ⁽⁴⁾	Peter O. Warner "Analysis of air pollutants" Ed. Española 1981, Cap. 3, Pág 121-122 (VALIDADO modificado): 2023	Determinación de Monóxido de Carbono en la atmósfera. Método 4: Carboxilbenceno Sulfonamida.
DIOXIDO DE AZUFRE ⁽⁵⁾	EPA CFR 40. Appendix A-2 to part 50.2019	Reference method for the determination of sulfur dioxide in the atmosphere. (Pararosaniline method).

⁽¹⁾ "EPA": U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

⁽²⁾ "SMEWW": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

⁽³⁾ "NIOSH": National Institute of Occupational Safety and Health

⁽⁴⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽⁵⁾ Ensayo realizado en campo (medido in situ)

⁽⁶⁾ Ensayo subcontratado por un tercero acreditado



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON EL REGISTRO N° LE - 225



INFORME DE ENSAYO N°: 24060-I

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	24060-1	24060-2	24060-3	24060-4		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	CA-01	CA-02	CA-03	CA-01		
COORDENADAS:	E: 0274491	E: 0274346	E: 0274282	E: 0274491		
UTM WGS 84:	N: 8678937	N: 8679281	N: 8679801	N: 8678937		
PRODUCTO:	AIRE	AIRE	AIRE	AIRE		
INICIO DEL MUESTREO	FECHA:	2024-04-13	2024-04-13	2024-04-13	2024-04-14	
	HORA:	00:00	00:10	00:20	00:10	
FIN DEL MUESTREO	FECHA:	2024-04-14	2024-04-14	2024-04-14	2024-04-15	
	HORA:	00:00	00:10	00:20	00:10	
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS			
MATERIAL PARTICULADO PM10 (ALTO VOLUMEN) ⁽¹⁾	µg/m ³	1.2	153.3	158.2	151.0	151.6
MATERIAL PARTICULADO PM2.5 BAJO VOLUMEN ⁽¹⁾	µg/m ³	1.3	68.3	70.5	67.2	68.1
DIOXIDO DE NITROGENO ⁽¹⁾	µg/m ³	104.17	< 104.17	< 104.17	< 104.17	< 104.17
MONÓXIDO DE CARBONO ⁽¹⁾	µg/m ³	1250	< 1250	< 1250	< 1250	< 1250
DIOXIDO DE AZUFRE ⁽¹⁾	µg/m ³	13	< 13	< 13	< 13	< 13

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽²⁾ Ensayo subcontratado por un tercero acreditado



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON EL REGISTRO N° LE - 225



INFORME DE ENSAYO N°: 24060-I

ITEM	5	6	7	8		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	24060-5	24060-6	24060-7	24060-8		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	CA-02	CA-03	CA-01	CA-02		
COORDENADAS:	E: 0274346 N: 8679281	E: 0274282 N: 8679801	E: 0274491 N: 8678937	E: 0274346 N: 8679281		
PRODUCTO:	AIRE	AIRE	AIRE	AIRE		
INICIO DEL MUESTREO	FECHA: HORA:	2024-04-14 00:20	2024-04-14 00:30	2024-04-15 00:20	2024-04-15 00:30	
FIN DEL MUESTREO	FECHA: HORA:	2024-04-15 00:20	2024-04-15 00:30	2024-04-16 00:20	2024-04-16 00:30	
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS			
MATERIAL PARTICULADO PM10 (ALTO VOLUMEN) ⁽¹⁾	µg/m ³	1.2	166.7	153.6	130.6	121.3
MATERIAL PARTICULADO PM2.5 BAJO VOLUMEN ⁽¹⁾	µg/m ³	1.3	73.9	68.2	66.5	55.1
DIOXIDO DE NITROGENO ⁽¹⁾	µg/m ³	104.17	< 104.17	< 104.17	< 104.17	< 104.17
MONÓXIDO DE CARBONO ⁽¹⁾	µg/m ³	1250	1652	1425	< 1250	1425
DIOXIDO DE AZUFRE ⁽¹⁾	µg/m ³	13	25	18	26	25

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽²⁾ Ensayo subcontratado por un tercero acreditado



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON EL REGISTRO N° LE - 225



INFORME DE ENSAYO N°: 24060-I

ITEM	9	10	11	12		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	24060-9	24060-10	24060-11	24060-12		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	CA-03	CA-01	CA-02	CA-03		
COORDENADAS:	E: 0274282	E: 0274491	E: 0274346	E: 0274282		
UTM WGS 84:	N: 8679801	N: 8678937	N: 8679281	N: 8679801		
PRODUCTO:	AIRE	AIRE	AIRE	AIRE		
INICIO DEL MUESTREO	FECHA:	2024-04-15	2024-04-16	2024-04-16		
	HORA:	00:40	00:30	00:40		
FIN DEL MUESTREO	FECHA:	2024-04-16	2024-04-17	2024-04-17		
	HORA:	00:40	00:30	00:40		
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS			
MATERIAL PARTICULADO PM10 (ALTO VOLUMEN) ^(*)	µg/m ³	1.2	124.0	122.1	124.7	115.5
MATERIAL PARTICULADO PM2.5 BAJO VOLUMEN ^(*)	µg/m ³	1.3	55.2	54.1	55.2	52.6
DIOXIDO DE NITROGENO ^(*)	µg/m ³	104.17	< 104.17	< 104.17	< 104.17	< 104.17
MONÓXIDO DE CARBONO ^(*)	µg/m ³	1250	< 1250	1542	< 1250	1325
DIOXIDO DE AZUFRE ^(*)	µg/m ³	13	21	< 13	19	< 13

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

^(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

^(**) Ensayo subcontratado por un tercero acreditado



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON EL REGISTRO N° LE - 225



INFORME DE ENSAYO N°: 24060-I

ITEM	13	14	15		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	24060-13	24060-14	24060-15		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	CA-01	CA-02	CA-03		
COORDENADAS:	E: 0274491	E: 0274346	E: 0274282		
UTM WGS 84:	N: 8678937	N: 8679281	N: 8679801		
PRODUCTO:	AIRE	AIRE	AIRE		
INICIO DEL MUESTREO	FECHA:	2024-04-17	2024-04-17		
	HORA:	00:40	00:50		
FIN DEL MUESTREO	FECHA:	2024-04-18	2024-04-18		
	HORA:	00:40	00:50		
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS		
MATERIAL PARTICULADO PM10 (ALTO VOLUMEN) ⁽¹⁾	µg/m ³	1.2	119.7	133.1	127.5
MATERIAL PARTICULADO PM2.5 BAJO VOLUMEN ⁽¹⁾	µg/m ³	1.3	52.7	59.4	58.1
DIOXIDO DE NITROGENO ⁽¹⁾	µg/m ³	104.17	< 104.17	< 104.17	< 104.17
MONÓXIDO DE CARBONO ⁽¹⁾	µg/m ³	1250	1478	< 1250	1358
DIOXIDO DE AZUFRE ⁽¹⁾	µg/m ³	13	31	< 13	29

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

⁽¹⁾ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

⁽²⁾ Ensayo subcontratado por un tercero acreditado

V. OBSERVACIONES

NO APLICA

"FIN DE DOCUMENTO"

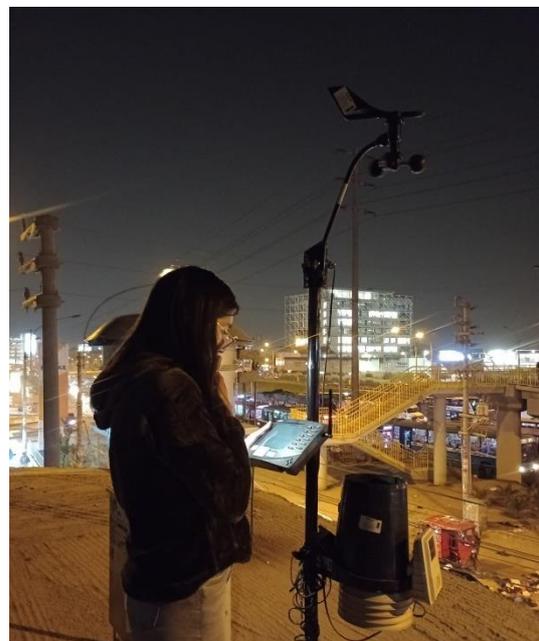
Página 6 de 6

AD-F-025 Rev. 03 / 2024-01-05

Anexo 8: Registro fotográfico



Cambio de filtros de PM₁₀



Recopilación de data meteorológica



Programación del tren de muestreo



Cambio de filtros de PM_{2.5}

Anexo 9

Clasificación de los valores inca

CALIFICACIÓN	VALORES DEL INCA	COLORES
Buena	0-50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	101-VUEC*	Anaranjado
VUEC*	>VUEC*	Rojo

Fuente: Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM