

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“ESTIMACIÓN DE LOS NIVELES DE CONTAMINANTES
ATMOSFÉRICOS EMITIDOS POR LOS VEHÍCULOS DE
TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN LOS PRINCIPALES
DISTRITOS DE TACNA”**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

Bach. SILVIA CARINA TICONA CENTENO
Bach. GERMÁN DENNIS ANDREAS DÍAZ CAMACHO

TACNA – PERÚ
2024

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**“ESTIMACIÓN DE LOS NIVELES DE CONTAMINANTES
ATMOSFÉRICOS EMITIDOS POR LOS VEHÍCULOS DE
TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN LOS PRINCIPALES
DISTRITOS DE TACNA”**

Tesis sustentada y aprobada el 29 de OCTUBRE de 2024; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtra. MILAGROS HERRERA REJAS

SECRETARIO : Dr. RICHARD SABINO LAZO RAMOS

VOCAL : Mtro. MARISOL MENDOZA AQUINO

ASESOR : Mtro. RICARDO WILLIAM NAVARRO AYALA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Silvia Carina Ticona Centeno y Germán Dennis Andreas Díaz Camacho, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 70042592 y 75716258 respectivamente, así como Ricardo William Navarro Ayala con DNI 07160720 declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulado: "*Estimación de los niveles de contaminación atmosférica emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna*", la cual presentamos para optar el *Título Profesional de Ingeniero Ambiental*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 29 de octubre de 2024



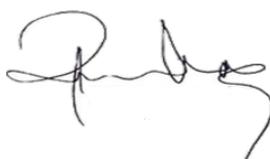
Silvia Carina Ticona Centeno

DNI: 70042592



Germán Dennis Andreas Díaz Camacho

DNI: 75716258



Ricardo William Navarro Ayala

DNI: 07160720

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Edith Centeno Ortega y Juan Ticona Tula, quienes son pieza fundamental en mi desarrollo como persona y profesionalmente, estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos dándome todo su apoyo en cualquier situación, los valoro y respeto siempre.

A Nobita y Nala, mis dos bendiciones que llegaron en el momento indicado a mi vida, por estar siempre conmigo, acompañándome en mis amanecidas.

Silvia Carina Ticona Centeno

Dedicado a mi madre Kely Isabel Camacho Isla, por apoyarme en todo momento y ser un pilar fundamental en mi vida.

Germán Dennis Andreas Díaz Camacho

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a dios por guiar mi camino y permitirme avanzar y desarrollar la presente memoria.

A mis padres, por su constante motivación de seguir y forjar una persona de carácter fuerte, por que las cosas se consiguen con esfuerzo y dedicación.

A mis docentes de formación por sus enseñanzas y consejos.

Y a todas las personas que me aconsejaron en el proceso de elaboración del presente.

Silvia Carina Ticona Centeno

A mis familiares por su apoyo incondicional.

A la Universidad Privada de Tacna y a los docentes que contribuyeron en nuestra formación.

Germán Dennis Andreas Díaz Camacho

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EI PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Justificación e Importancia de la Investigación	3
1.3.1. Justificación.....	3
1.3.2. Importancia.....	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes del estudio	7
2.1.1. Ámbito internacional	7
2.1.2. Ámbito Nacional	7
2.1.3. Ámbito Local.....	9

2.2.	Bases teóricas	9
2.2.1.	Contaminación atmosférica	9
2.2.1.1.	Tipos de contaminantes atmosféricos	10
2.2.1.2.	Tipos de fuentes contaminantes	10
2.2.2.	Clasificación de los contaminantes según criterios.....	11
2.2.3.	Parque automotor.....	12
2.2.4.	Efectos sobre el medio ambiente.....	13
2.2.5.	Emisiones de contaminantes producidas por vehículos	14
2.2.6.	Clasificación de los motores de combustión interna	14
2.2.7.	Analizador de gas de combustión.....	15
2.2.8.	Parámetros de monitoreo	15
2.3.	Definición de término	17
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		18
3.1.	Diseño de la investigación	18
3.2.	Acciones y actividades	18
3.2.1.	Procedimiento de medición	18
3.2.2.	Procesamiento y análisis de datos	21
3.2.2.1.	Procesamiento de datos	21
3.2.2.2.	Análisis de datos	22
3.3.	Materiales y/o instrumentos	23
3.3.1.	Materiales.....	23
3.3.2.	Instrumentos.....	24
3.4.	Población y/o muestra de estudio.....	24
3.4.1.	Población.....	24
3.4.2.	Muestra	25
3.4.3.	Identificación de los puntos de monitoreo.....	26
3.4.4.	Ámbito de estudio.....	27
3.4.5.	Ubicación de geográfica	27
3.5.	Operacionalización de variables	28

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis estadístico	29
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	30
4.1. Medir el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna.	30
4.1.1. Nivel de emisiones promedio por rutas.....	31
4.1.2. Cálculo del nivel de emisiones por año de fabricación	41
4.1.3. Cálculo del nivel de contaminantes NO _x por año de fabricación.....	44
4.2. Comparación de los niveles de contaminación de los valores obtenidos con los límites máximos permisibles (LMP)	45
4.2.1. Comparación de emisiones NO _x con los Límites Máximos Permisibles (LMP). 45	
4.3. Propuesta de medidas de mitigación de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna 47	
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	49
5.1. Medir el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano de los principales distritos de Tacna.	49
5.2. Comparar los niveles de contaminación de los valores obtenidos con los límites máximos permisibles (LMP).	49
5.3. Proponer medidas de mitigación de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna. 50	
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de monitoreo para LMP	16
Tabla 2. Parámetros de monitoreo adicionales	16
Tabla 3. Límites Máximos Permisibles	16
Tabla 4. Estadísticas descriptivas de contaminantes	22
Tabla 5. Especificaciones de los materiales.	23
Tabla 6. Especificaciones de los instrumentos.....	24
Tabla 7. Principales distritos de Tacna y rutas.....	27
Tabla 8. Coordenadas de los lugares de estudio.....	28
Tabla 9. Operacionalización de variables.	29
Tabla 10. Emisiones promedio por tipo de contaminante (g/mi).....	30
Tabla 11. Estadísticas descriptivas para NO _x	45
Tabla 12. Prueba estadística para emisiones de NO _x	46
Tabla 13. Medidas de mitigación para el control de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recolección de datos vehiculares.....	19
Figura 2. Medición de los vehículos con el analizador de Gases de Combustión.	20
Figura 3. Mapa de los principales distritos de Tacna.	26
Figura 4. Emisiones promedio por tipo de contaminante (g/mi).	31
Figura 5. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 15.....	31
Figura 6. Nivel de emisiones promedio de la ruta 90.	32
Figura 7. Nivel de emisiones promedio de la ruta 11.	33
Figura 8. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 1.....	33
Figura 9. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 14.....	34
Figura 10. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 10B.....	34
Figura 11. Nivel de emisiones de la Ruta 30A.	35
Figura 12. Nivel de emisiones promedio de la Ruta B.	35
Figura 13. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 102.	36
Figura 14. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 3A.	36
Figura 15. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 16.....	37
Figura 16. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 22.....	37
Figura 17. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 33.....	38
Figura 18. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 4.....	38
Figura 19. Nivel de emisiones promedio de la Ruta A.	39
Figura 20. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 8.....	39
Figura 21. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 32.....	40
Figura 22. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 7.....	40
Figura 23. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 2B.....	41
Figura 24. Nivel de contaminante CO ₂ por año de fabricación.	42
Figura 25. Nivel de contaminantes NO por año de fabricación.	42
Figura 26. Nivel de contaminantes NO ₂ por año de fabricación.	43
Figura 27. Nivel de contaminantes SO ₂ por año de fabricación.	44
Figura 28. Nivel de contaminantes NO _x por año de fabricación..	44
Figura 29. Comparación del nivel de NO _x con los LMP.	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	59
Anexo 2. Ficha de recolección de datos vehiculares	60
Anexo 3. Recolección de datos vehiculares.....	61
Anexo 4. Recolección de datos de emisiones de los vehículos	66
Anexo 5. Parámetros convertidos a gramos por milla (g/mi)	71
Anexo 6. Prueba de normalidad.....	76
Anexo 7. Certificado de Calibración	77
Anexo 8. Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo en los principales distritos de Tacna.....	78
Anexo 9. Panel fotográfico.....	79
Anexo 10. Equipos.....	81

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue estimar los niveles de contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna, para lo cual se realizó estadísticas descriptivas y gráficas. La metodología comprendió en realizar el monitoreo de emisiones de los vehículos de transporte público urbana in situ, haciendo uso del equipo de analizador de gases de combustión, las mediciones se realizaron en 19 paraderos de diversas rutas de los distritos de Ciudad Nueva, coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Pocollay y Cercado de Tacna. Los datos obtenidos se plasmaron en una base de datos, los resultados nos dieron una media de 19,5042 gramos por milla (g/mi) para dióxido de carbono (CO_2), 0,2113 g/mi para óxido nítrico (NO), 0,1068 g/mi para dióxido de nitrógeno (NO_2), 0,006 g/mi para dióxido de azufre (SO_2) y 0,3156 g/mi para óxidos de nitrógeno (NO_x). Posterior a ello, el gas contaminante para evaluar los valores de límites máximos permisibles fue óxidos de nitrógeno (NO_x), para lo cual según lo establecido por el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM con aplicación en los vehículos cuyo año de fabricación se dio desde 2018 a 2024, se tuvo como resultado que la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) es de 0,3831 gramos por milla (g/mi) el cual supera el valor de 0,07 gramos por milla (g/mi) de los límites máximos permisibles. Por tanto, dado que el resultado de emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) supera los valores permitidos en los 19 puntos de monitoreo, se impulsó a proponer medidas de mitigación, como la aplicación de normas para control de emisiones y la mejora del mantenimiento de los vehículos para reducir significativamente las emisiones contaminantes por parte del transporte público en Tacna.

Palabras claves: Contaminantes; Emisiones; Límites Máximos Permisibles.

ABSTRACT

The objective of this research was to estimate the levels of atmospheric pollutants emitted by urban public transport vehicles in the main districts of Tacna, for which descriptive and graphic statistics were carried out. The methodology included monitoring the emissions of urban public transport vehicles on site, using the combustion gas analyzer equipment. The measurements were carried out at 19 stops on various routes in the districts of Ciudad Nueva, Coronel Gregorio Albarracín. Lanchipa, Pocollay and Cercado de Tacna. The data obtained was captured in a database, the results gave us an average of 19.5042 grams per mile (g/mi) for carbon dioxide (CO₂), 0.2113 g/mi for nitric oxide (NO), 0.1068 g/mi for nitrogen dioxide (NO₂), 0.006 g/mi for sulfur dioxide (SO₂) and 0.3156 g/mi for oxides of nitrogen (NO_x). Subsequently, the polluting gas to evaluate the maximum permissible limit values was nitrogen oxides (NO_x), for which, as established by Supreme Decree No. 029-2021-MINAM with application in vehicles whose year of manufacture is given from 2018 to 2024, the result was that the emission of nitrogen oxides (NO_x) is 0.3831 grams per mile (g/mi) which exceeds the value of 0,07 grams per mile (g/mi) of the maximum permissible limits. Therefore, given that the result of nitrogen oxide (NO_x) emissions exceeds the permitted values in the 19 monitoring points, mitigation measures were proposed, such as the application of standards for emissions control and the improvement of maintenance of vehicles to significantly reduce polluting emissions from public transportation in Tacna.

Keywords: Emissions; maximum permissible limits; pollutants.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas de contaminación ambiental proviene del sector transporte, debido a que es un principal generador de emisiones de gases de efecto invernadero. El incremento acelerado de la cantidad de vehículos ha causado un gran incremento de la contaminación ambiental por los diversos contaminantes atmosféricos como el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂), producto de la combustión, principalmente la quema de combustible fósil, el cual genera el deterioro del ecosistema y afecta directamente a la salud causando enfermedades respiratorias. Así mismo, los cambios atmosféricos causados a su vez por el tránsito vehicular impactan la capa de ozono debido a la utilización de combustibles fósiles, lo cual conlleva la generación del cambio climático.

El deterioro de la calidad del aire por los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos, motiva a tomar acciones que estén prestos a reducir los niveles de emisiones y de esta forma evitar los impactos para el ambiente y salud de las personas. Los efectos del calentamiento global, vienen relacionados con las emisiones, ya que son la expansión de los derretimientos de hielo, aumento del nivel del mar, entre otros efectos.

La contaminación y el aumento de emisiones emitidos por vehículos, es preocupante, a su vez la falta de educación debido a que no estamos haciendo lo posible por prevenir y/o reducir las emisiones como causas de estos problemas ambientales. Por tanto, para implementar un desarrollo sustentable contra los contaminantes atmosféricos emitidos por vehículos, es necesario generar conciencia en los conductores de un buen mantenimiento en sus vehículos y de cierta forma reducir los impactos provocados por los tubos de escape de los vehículos.

Por tanto, la investigación tiene como objetivo principal estimar los niveles de contaminantes atmosféricos emitidos por lo vehículos de transporte público urbano, para lo cual realizará una base de datos y se hará uso de estadísticas descriptivas y gráficos, para realizar la comparación con los valores de los límites máximos permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM y así mismo, realizar propuestas de mitigación respecto a los vehículos.

CAPÍTULO I: EI PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

Hoy en día, la generación de los contaminantes atmosféricos emitidos por vehículos de transporte público urbano, ha generado uno de los principales problemas ambientales que afronta la humanidad en cuanto a la calidad de aire que respiramos a diario.

Según la OMS, (2019), refiere que la contaminación del aire altera significativamente las características naturales de la atmósfera, para lo cual, los principales generadores de estos contaminantes son los vehículos de motor, industrias, aparatos domésticos, etc. Así mismo, estos contaminantes son: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂). Por otro lado, también refiere que, a nivel mundial un 99 % de las personas respiran un aire por encima de los límites que recomienda la OMS conteniendo niveles altos de contaminantes.

Otro concepto, las emisiones son la liberación continua y/o discontinua de ciertas materias y/o sustancias, así mismo, se puede considerar formas de energías originarias ya sea directa o indirecta de fuentes capaces de producir contaminantes atmosféricos (RISCTOX, 2010).

Así también, Pimentel, (2023), refiere que, de acuerdo a unos estudios internacionales, mencionan que las estadísticas de contaminación en el Perú son alarmantes, ya que a pesar de que hoy en día el número de vehículos a motor a disminuido, aun existe cierta cantidad de personas que si hacen uso de vehículos a motor. Es por ello que, se considera que la contaminación atmosférica es uno de los problemas que afronta el país, ya que el Perú es uno de los países que se posiciona entre los primeros lugares en la lista de los países mayor contaminados de Latinoamérica.

En la ciudad de Tacna, los índices de la contaminación atmosférica como el incremento del parque automotor son considerados como características importantes en el asunto. En los últimos años, la ciudad de Tacna tuvo un incremento anual del 7,51 %, debido al aumento poblacional, lo cual de cierto modo contribuye al proceso de contaminación atmosférica en la actualidad (SUNARP, 2017). Así mismo, Tacna es considerada una ciudad con gran porcentaje de Óxidos de Nitrógeno (NO_x), ya que, el parque automotor es una de las principales fuentes de contaminación, debido a ello, se considera prioritario la elaboración de un plan de mitigación con la finalidad de preservar la salud de las personas y el ambiente (MINAM, 2013).

Bajo esta realidad, la presente investigación surge de la necesidad de estimar los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Será posible estimar el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte urbano en los principales distritos de Tacna?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo medir el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna?
- b. ¿Cómo comparar los niveles de contaminación de los valores obtenidos con los límites máximos permisibles (LMP)?
- c. ¿Qué medidas se pueden implementar para reducir los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna?

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

1.3.1. Justificación

Considerándose que, toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente sano para un correcto desenvolvimiento y contribuir con una buena gestión ambiental, asegurando la protección de nuestro entorno y desarrollo sostenible, como lo indica la Constitución Política del Perú.

a. Ambiental

A lo largo de los años, la contaminación atmosférica producida por los vehículos de transporte público, se ha considerado un problema de gran preocupación, debido a que genera un deterioro a la calidad ambiental, así mismo, genera consecuencias a la salud humana y es un causante del efecto invernadero presente en nuestro planeta. Siendo así que, el estudio de la presente investigación se justifica debido a que se pretende evaluar el impacto ambiental que generan los contaminantes

atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano, así como también identificar los principales contaminantes, a fin de proponer medidas de mitigación y contribuir a la protección del ambiente y salud de las personas.

b. Social

Desde un ámbito social, esta investigación beneficiaría a la población en general a disponer un ambiente saludable, ya que, si bien es cierto, el crecimiento poblacional en el parque automotor genera gran contaminación atmosférica, considerando que las personas transitan por diferentes calles y avenidas y se encuentran más propensas a aspirar los contaminantes emitidos por los vehículos que circulan en los diversos distritos de la ciudad Tacna, bajo ese punto de vista, es importante tomar conciencia sobre la situación actual de los transportes públicos y contaminantes atmosféricos que emiten.

c. Económico

Esta investigación está justificada en el ámbito económico porque aborda múltiples facetas que pueden generar ahorros significativos en costos de salud, mejorar la eficiencia y sostenibilidad del transporte público, fomentar la innovación y el desarrollo de nuevos sectores económicos, atraer inversiones y turismo, y fortalecer la resiliencia económica de la región. La implementación de sus hallazgos puede conducir a un crecimiento económico sostenible y a una mejora en la calidad de vida de los habitantes de Tacna.

1.3.2. Importancia.

a. Ambiental

La importancia se concentra en conocer los niveles de contaminación que emiten los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de la ciudad de Tacna, así como también identificar estos contaminantes, ya que, hoy en día la principal preocupación es el calentamiento global, la contaminación ambiental, pérdida de diversidad biológica, entre otros problemas.

b. Social

Socialmente, esta investigación será de gran importancia para la población en general, puesto que a través de una estimación de los contaminantes atmosféricos y evaluación de los niveles de contaminación emitidos por los vehículos de transporte público urbano se podrá proponer medidas de mitigación como herramienta para la gestión y mejora de la calidad de aire, ya que la presente investigación pretende contribuir con los problemas de contaminación atmosférica.

c. Económico

La importancia de esta investigación en el ámbito económico radica en su potencial para reducir costos de salud, mejorar la eficiencia del transporte público y fomentar un desarrollo económico sostenible y resiliente. Son beneficios económicos que no solo mejorarán la calidad de vida de los residentes de Tacna, sino que también contribuirán al crecimiento y estabilidad económica de la región a largo plazo.

1.4. Objetivos**1.4.1. Objetivo General**

Estimar el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Medir el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano de los principales distritos de Tacna
- b. Comparar los niveles de contaminación de los valores obtenidos con los límites máximos permisibles (LMP)
- c. Proponer medidas de mitigación de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna

1.5. Hipótesis

Los niveles de contaminación de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano superan los límites máximos permisibles (LMP).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Ámbito internacional

Según Santana (2023), en su investigación tuvo como objetivo principal el analizar la concentración de contaminantes de PM, CO₂, NO_x y CO, para lo cual su metodología se basó en el levantamiento de información realizando un monitoreo y seguimiento, en el cual con un GPS se recolectó datos para realizar el procesamiento en el software Modelo Internacional de Emisiones vehiculares (IVE), donde se pudo identificar el flujo vehicular en tres horarios. Con la ayuda del software IVE se realizó una cuantificación en gr/k de las emisiones de cada bus escogido. Los resultados obtenidos en la investigación, data que el mayor contaminante presente durante las mañanas es el CO₂ con un valor de 594,34 gr/km, así mismo el óxido nitroso tuvo un valor de 11,04 gr/km. En ese sentido, estos valores de contaminantes obtenidos son motivos para proponer medidas de control y a su vez prevenir los impactos a futuro.

Por otro lado, Beltrán (2019), en su investigación realizada el cual tuvo como objetivo medir el grado de contaminación que se genera dependiendo del uso de gasolina extra o super y aditivos de combustibles. Para lo cual el investigador realizó un estudio de campo in situ, en un taller automotriz para vehículos a gasolina, así mismo, se realizó la recopilación de datos. Cabe mencionar que la investigación se realizó con la ayuda de un Canister, por ende, se concluyó que al realizar el uso de un ganador de octonaje en la gasolina, mejora la rentabilidad de la misma, sin embargo, al hacer uso del mismo incluyendo el aditivo, genera mayor porcentaje de contaminantes atmosféricos, los cuales fueron cuantificados haciendo uso de un analizador de gases. También, se probó la efectividad de hacer uso de una mezcla de combustibles, así como también se incluyó un ganador de octonaje en la medición de contaminantes, los cuales como resultado se obtuvo que de esa forma hay un incremento de contaminantes.

2.1.2. Ámbito Nacional

De acuerdo con Gonzales (2022), desarrolló una investigación respecto al cálculo de las emisiones por los vehículos de transporte público en la provincia de Ilo, para ello se hizo uso del Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), por un periodo de 3 meses, los horarios que llevó a cabo fue entre 8:00 – 10:00 h, 12:00 – 14:00 h y 17:00

– 19:00 h, así mismo, se abarco 2 tramos, los cuales fueron, tramo 1 desde la Av. Lino Urquieta – Zepita – Mirave – Ilo (a – b) y también el tramo 2 desde la Av. 28 de julio – Callao – Lino – Urquieta (c – d). Los resultados obtenidos en la investigación mencionada, data en que la línea de transporte 1-A, muestra un mayor número de vehículos para los meses y horarios evaluados. Por tanto, sus resultados en cuanto a la marca de vehículo datan que un 43,9 % son Mitsubishi, un 21,9 % Nissan y un 25,6 % son Toyota. Por otro lado, tuvo un resultado de (226,95), (1837,41), (0,94), (93,54) g/hora y (270,07), (2201,76), (1,08), (107,68) g/hora, respecto a las emisiones totales de CO, NO_x, SO₂ y CO₂ para los tramos a – b y c – d. Finalmente el investigador concluye que, se realizó un análisis claro respecto a las emisiones de tráfico vehicular de la provincia de Ilo.

Según Roman (2017), su investigación tuvo como objetivo principal de estimar la cantidad de emisiones contaminantes de vehículos en el distrito de Huancayo, para ello se hizo uso del Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), así mismo, realizó una caracterización de la flota vehicular, recopilación de información a través de encuestas, posteriormente grabaciones y conteo vehicular. Para la determinación de los patrones de conducción de los diferentes vehículos se hizo uso del software Speed Analysis Evaluation y GPS. A su vez, se generó dos archivos, un archivo de localidad y un archivo flota, los cuales sirvieron para el ingreso de información en el modelo (IVE). De acuerdo a los resultados obtenidos a través del modelo (IVE), se generó 44 511,4 toneladas anuales de contaminantes, hubo una mayor cantidad de CO de 36 348,5 Tm/año, así mismo, el SO_x fue de 138,8 Tm/año, siendo este de menor cantidad. Así también, se obtuvo un valor de 255 824,9 toneladas anuales de gases de efecto invernadero, obteniendo una mayor cantidad el CO₂ con un valor de 255 047,4 Tm/año y la menor cantidad los N₂O con 7,3 Tm/año. Concluyendo que, la investigación realizada será una herramienta básica para realizar reducción de las emisiones contaminantes, así mismo, estrategias que reduzcan los contaminantes atmosféricos.

Por su parte, Carrasco (2023), en su investigación tuvo como principal objetivo de analizar las emisiones atmosféricas y la combustión incompleta de los vehículos automotores del distrito de Hualmay, para ello se consideró una población de 2128 mototaxistas. A su vez, su metodología se basó en aplicar las encuestas proporcionadas por el Minam, así mismo, se hizo uso del analizador de emisiones de gases. El monitoreo realizado para la investigación fue en 3 puntos críticos, donde existe gran flujo vehicular. Los resultados obtenidos fueron que una gran cantidad de mototaxis fabricadas entre el año 1999 y 2015, son de la marca común Torito, sus servicios son de 8 hrs a la semana de funcionamiento, su distancia de recorrido a diario es de 100 km,

30 km/hr a 50 kg/hr de velocidad. En base a la caracterización realizada al parque automotor, los resultados obtenidos fueron que, un 3,85 % de emisión promedio del CO, por otra parte, la emisión promedio del HC es de 1889,57 ppm. Por lo que el investigador concluye que, comparandolo con los LMP, el monóxido de carbono CO es inferior al LMP ($3,85 < 4,5$), así mismo, el resultado de la emisión de hidrocarburos HC es inferior a lo establecido ($1889,57 < 2000$), sin embargo excede en el punto crítico EM-01 con un valor de acuerdo D.S.-010-2017-MINAM en el cual indica un valor de ($2253,13 \text{ ppm} > 20000 \text{ ppm}$).

2.1.3. Ámbito Local

Por un lado, Pancca (2015), en su investigación realizó un análisis del sistema de transporte público en la ciudad de Tacna, para ello su metodología se basó en la recopilación de información de la contaminación ambiental en el aire a través del Gobierno Regional de Tacna, así mismo, para la verificación de los datos obtenidos si cumplen con los estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles, se conto con la empresa Cortec S.R.L., que es una empresa de revisiones técnicas de los vehículos livianos en la ciudad de Tacna y de esta forma estimar una cantidad de presencia de vehículos que consumen gasolina y vehículos que consumen petróleo. Los resultados que se obtuvo en su investigación, es que, el material particulado tuvo un valor de $2,5 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3)$, sobrepasando los estándares de calidad ambiental (ECA) en los distritos de Ciudad Nueva, Alto de la Alianza y Tacna. Finalmente concluye que, es necesario tomar medidas para aminorar la contaminación del aire por el transporte público.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación atmosférica

Según ESA (2024), define la contaminación atmosférica como cualquier tipo de contaminación dirigido al aire, ya sea de forma antropogénica o natural, de modo que esta se vuelve nocivo para el ambiente y salud de las personas.

Así también IDEAM (2015), define que la contaminación atmosférica es la presencia de minúsculas partículas presentes en el aire, en el cual las principales fuentes contaminantes son las fuentes móviles y procesos industriales que, de cierto modo produce riesgo y daños a la salud de las personas y al ecosistema.

2.2.1.1. Tipos de contaminantes atmosféricos

La contaminación atmosférica puede darse debido a ciertas sustancias que no forman parte de la atmósfera, así como también por un aumento o disminución de sus propios componentes. Por otro lado, puede definirse como cualquier sustancia que se encuentra presente en la atmósfera causando un efecto nocivo en el ambiente y salud de las personas (Dana Desonie, 2021).

En ese sentido, los contaminantes atmosféricos se clasifican en contaminantes primarios y contaminantes secundarios.

a. Contaminantes primarios

Los contaminantes primarios son considerados aquellos que son liberados directamente a la atmósfera.

Así mismo, según GENERALITAT (2015), considera los contaminantes primarios como componentes de diversa naturaleza y composición que llegan a la atmósfera de forma directa de fuentes distintas. Se consideran como contaminantes primarios los óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), de los cuales representan un 90 % de los contaminantes atmosféricos.

b. Contaminantes secundarios

De acuerdo con Committees (2018), define a los contaminantes secundarios a aquellos que no son liberados directamente a la atmósfera, si no que se producen debido a las reacciones de otros contaminantes en la atmósfera. Estos contaminantes secundarios suelen ser, por ejemplo, el ozono, el cual se produce cuando los óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos (HC) producen una combinación a la luz del sol. Así también, el NO_2 que se produce cuando se realiza la combinación del NO con el oxígeno.

2.2.1.2. Tipos de fuentes contaminantes

Las altas concentraciones de los contaminantes debido a las reacciones que se producen en la atmósfera, llegan a ser perjudiciales para la salud de las personas y el ambiente (Semarnat, 2002). A su vez, existen tres tipos de contaminantes atmosféricos, los cuales son:

a. Fuentes móviles

Los contaminantes atmosféricos emitidos por las fuentes móviles, se refiere al sector transporte, los cuales en su mayoría emiten dióxido de

carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), entre otros contaminantes.

b. Fuentes fijas

Por otra parte, los contaminantes atmosféricos emitidos por las fuentes fijas, son producidas por industrias, fabricas, etc., debido a que estos permanecen estacionarios en un punto fijo, por ende, sus contaminantes dispersados en el ambiente, son emitidos desde un mismo lugar.

2.2.2. Clasificación de los contaminantes según criterios

a. Según origen

De acuerdo a Albert (2009), refiere que, los contaminantes según origen pueden ser debido a causas naturales como por ejemplo las erosiones, incendios, erupciones volcánicas, a su vez, cabe mencionar que los contaminantes de origen natural no llegan a generar gran impacto ambiental, es decir que, la causa natural de contaminación no es tan grave como la de origen antropogénico, por otro lado, los contaminantes de origen antropogénico con considerados con efectos adversos, es decir que generan un impacto ambiental a largo plazo, así mismo, son directamente emitidos por las actividades humanas.

b. Tipo de contaminante

Los tipos de contaminantes constan de:

- *Contaminantes primarios*: Los contaminantes primarios, se consideran a aquellos que son emitidos de forma directa al ambiente, así mismo, son originados por las actividades humanas. Estos gases emitidos directamente, son los Óxidos de Nitrógeno (NO_x), el Dióxido de Carbono (CO₂), el Monóxido de Carbono (CO), así como también partículas en suspensión (Ludus, 2023).
- *Contaminantes secundarios*: Por otra parte, los contaminantes secundarios a su vez, son aquellos que se forman por las reacciones químicas entre ciertos compuestos hallados en la atmósfera con los contaminantes primarios, por ejemplo, los compuestos orgánicos volátiles a entrar en contacto con los óxidos de nitrógeno en presencia de la luz solar, se forma el ozono troposférico (Ludus, 2023).

c. Según fuente emisora

- Fuentes fijas: Las fuentes fijas son aquellas que son consideradas como fuente estacionaria o de forma puntual, es decir que, este tipo de emisiones retratan instantes en el tiempo, por ejemplo, las empresas, industrias, fabricas, entre otros, son considerados fuentes fijas, debido que emiten contaminantes directos a la atmósfera (PERÚ, 2020).
- Fuentes Móviles: Las emisiones por fuentes móviles, son aquellas que son producidas directamente por los vehículos del parque automotor, debido a la quema de combustible, es por ello que, al día de hoy se consideran los principales transmisores de contaminantes como el monóxido de carbono, dióxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, entre otros (IDEAM, 2008).
- Fuentes aéreas: Las fuentes aéreas son aquellas fuentes que son significativamente contaminantes emitidos directamente en el aire, así mismo, son fuentes de gran numero y fuentes pequeñas, los cuales es de importancia incluir en un recuento de emisiones.

2.2.3. Parque automotor

De acuerdo con Hidrovo et al. (2016), considera que, el parque automotor viene a ser uno de los causantes primordiales hoy en día, debido a que día a día va deteriorando el ambiente global, así mismo, se considera uno de los generadores del efecto invernadero que actualmente se genera al máximo en nuestro planeta. Es por ello que, el parque automotor es el principal generador de contaminantes como el dióxido de carbono, monóxido de carbono, entre otros, los cuales son perjudiciales para la salud de las personas y el ambiente.

A su vez, de acuerdo con Huillca et al. (2019), refieren que el parque automotor se constituye por todos aquellos vehículos que transitan en las avenidas. Por otra parte, respecto a las emisiones generadas por estos vehículos del parque automotor, estos se han convertido en una problemática ambiental, ya que hoy en día, se ha incrementado la circulación descontrolada de vehículos y a su vez, el escaso control de sus mecanismos.

2.2.4. Efectos sobre el medio ambiente

La contaminación del aire en términos generales, es impulsada debido a la sola presencia de variedad de sustancias tóxicas, los cuales en su mayoría son provocadas por el ser humano, a su vez, toda sustancia o gases provocan impactos y consecuencias en los ecosistemas de nuestro planeta (BICENTENARIO, 2018).

a. Lluvia ácida

La lluvia ácida es considerada un fenómeno extremadamente nocivo para el ambiente y salud de las personas, puesto que, en lugar de agua, se precipitan distintos ácidos orgánicos, el cual se da por la reacción química de diversos óxidos gaseosos y representan como una fuente importante de contaminantes atmosféricos (Concepto, 2022).

La existencia de las distintas sustancias contaminantes en la atmósfera, son consideradas como principal fuente de la lluvia ácida, estos contaminantes como los óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre, en su mayoría suelen ser producto de las actividades humanas e industrias en general como, por ejemplo:

- Combustión de combustibles fósiles:

La combustión de combustibles fósiles, abarca todo lo que son automóviles y vehículos que hace uso de hidrocarburos o derivados del petróleo.

- Industrias:

En el tema de industrias, las fábricas, plantas de generación de energía, son emisoras de contaminantes atmosféricos.

b. Calentamiento global

A la actualidad, las actividades humanas en su mayoría son los principales responsables de las emisiones de gases a la atmósfera generando un gran impacto ambiental y a consecuencia de ello, generando el calentamiento global.

También, el calentamiento global se da por la absorbencia de la tierra de energía solar, lo cual genera un calentamiento que se desata hacia la atmósfera como rayos infrarrojos y retorna a la superficie de la tierra para generar el recalentamiento de la misma.

2.2.5. Emisiones de contaminantes producidas por vehículos

De acuerdo con Sanchez et al. (2019), refiere que existen 3 tipos de emisiones de contaminantes los cuales son: evaporativas, por desgaste y por tubo de escape, sin embargo las mas comunes son las emisiones que son por el tubo de escape del vehiculo, dando como resultado la combustion de combustible.

a. Por el tubo de escape:

Los tubos de escape de vehículos son las principales fuentes de emisiones de contaminantes en áreas urbanas. Las emisiones incluyen óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), hidrocarburos no quemados (HC), y material particulado (PM).

El monóxido de carbono (CO) emitido por los tubos de escape de vehículos diésel se origina principalmente por una combustión incompleta del combustible, afectando la oxigenación del cuerpo humano y causando serios problemas de salud, especialmente en espacios urbanos con poca ventilación (Raub, 2000).

Las emisiones de NO_x y PM de los motores diésel han sido identificadas como principales contribuyentes a la contaminación del aire urbano y a la formación de smog fotoquímico. Como resultado, las regulaciones ambientales han impuesto límites estrictos sobre estas emisiones, obligando a la adopción de tecnologías de reducción como los sistemas de recirculación de gases de escape (EGR) y los filtros de partículas diésel (DPF) (Borge, 2019).

El uso de motores diésel en autobuses y camiones de transporte urbano contribuye a la acumulación de contaminantes en áreas con alta densidad de tráfico. Los tubos de escape de estos vehículos liberan NO_x y PM que deterioran la calidad de aire, exacerbando la contaminación atmosférica y aumentando los niveles de smog fotoquímico (Mills, 2009).

2.2.6. Clasificación de los motores de combustión interna

a. Motor diésel:

Los motores de combustión interna se clasifican en diferentes tipos según su fuente de encendido, como motores de encendido por chispa (gasolina) y motores de encendido por compresión (diésel). Los motores diésel funcionan a través de la compresión de aire y la inyección de

combustible, lo que resulta en una combustión más eficiente y una mayor producción de torque en comparación con los motores de gasolina (Heywood, 2018).

Los motores diésel son generalmente más eficientes que los motores de gasolina debido a su mayor relación de compresión y a la densidad energética del diésel. Sin embargo, son conocidos por sus emisiones de NO_x y partículas, que son subproductos del proceso de combustión a alta presión y temperatura (Pulkrabek, 2013).

2.2.7. Analizador de gas de combustión

El analizador de gas de combustión TESTO 340 es un instrumento portátil diseñado para la medición precisa de gases de combustión, incluyendo NO , NO_2 , CO , CO_2 Y O_2 . Este equipo es ampliamente utilizado en la evaluación de eficiencia y monitoreo de emisiones de motores de combustión interna, especialmente en aplicaciones industriales y vehiculares (Testo AG, 2021).

La capacidad del TESTO 340 para medir múltiples gases de escape simultáneamente permite una evaluación rápida y precisa del rendimiento del motor y de las emisiones, ayudando en la toma de decisiones para el mantenimiento y cumplimiento normativo (Ravindra, 2020).

El TESTO 340 es particularmente útil en el monitoreo de motores estacionarios, turbinas de gas y sistemas de calefacción. También se utiliza en pruebas de emisión de vehículos diésel, ayudando a diagnosticar fallas y ajustar los parámetros del motor para minimizar las emisiones contaminantes (Testo AG, 2021).

2.2.8. Parámetros de monitoreo

Para el monitoreo de contaminantes atmosféricos, se tomará en cuenta el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM, Decreto Supremo que modifica el Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM, que establece Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores.

Los gases contaminantes para evaluar sus LMP es el Monóxido de Carbono (CO) y Óxido de Nitrógeno (NO_x).

Los parámetros de monitoreo para los LMP se muestran en la tabla 1, indica cuál parámetro será tomado en cuenta al momento de hacer la comparación.

Tabla 1*Parámetros de monitoreo para LMP*

Gas	Unidades de medición
NO _x	Óxidos de nitrógeno (ppm)

En la tabla 2, se están los parámetros adicionales que fueron obtenidos durante el monitoreo, haciendo uso del Analizador de Gases de Combustión.

Tabla 2*Parámetros de monitoreo adicionales*

GAS	Unidades de Medición
CO ₂	Dióxido de Carbono (%)
NO	Óxido nítrico (ppm)
NO ₂	Dióxido de nitrógeno (ppm)
SO ₂	Dióxido de azufre (ppm)

En la tabla 3, se observan los LMP según el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM

Tabla 3*Límites Máximos Permisibles*

Año de aplicación (*)	Norma	Ciclo	Tipo de Motor	NO_x [g/mi]
Desde abril 2018 hasta septiembre 2024	Tier 2 (Bin 5) o de mayor exigencia	FTP	Gasolina GNV GLP Diésel	0.07

Nota. Adaptado del Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM (I.4 Vehículos para el transporte de pasajeros con PBV ≤ 10 000 libas (4.5 t))

2.3. Definición de términos

2.3.1. Calidad de aire

Se entiende por calidad del aire, a aquello que está libre de sustancias nocivas y/o contaminantes (MMA, 2020).

2.3.2. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica son aquellas sustancias nocivas, ya sea de fuentes naturales y/o fuentes antropogénicas, lo cuales son emitidas a la atmósfera reduciendo la calidad de aire (Ingeoexpert, 2021).

2.3.3. Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero son aquellos gases que atrapan calor en la atmósfera, es decir, conservan una cierta cantidad de radiación infrarroja emitida por la tierra al subir su temperatura por el sol (EPA, 2017).

2.3.4. Límites Máximos Permisibles (LMP)

Según MINAM (2023), define a los límites máximos permisibles como una medida de concentración elementos y/o parámetros físicos, químicos y biológicos que califica a un efluente o emisión.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

No experimental: Debido a que no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones que ya existen, es decir que no son provocadas intencionalmente por el investigador, por tanto, la variable no será manipulada, se hallará los resultados conforme a la recopilación de datos obtenidos en las mediciones realizadas a los vehículos de transporte público urbano de los principales distritos de Tacna.

3.2. Acciones y actividades

La investigación presente se realizó en la Ciudad de Tacna en 19 puntos de monitoreo, siendo estos los paraderos de las diversas rutas en los principales distritos de Tacna, seguidamente se detalla las actividades realizadas:

- Se realizó planificó y organizó el monitoreo a realizarse en los diversos puntos de monitoreo de los principales distritos de Tacna.
- Se presentó la solicitud correspondiente para el uso del equipo de medición Analizador de Gases de Combustión TESTO 340, así mismo, se presentó la solicitud de apoyo a la Municipalidad Provincial de Tacna con personal técnico para facilitar el monitoreo de los vehículos de transporte urbano.
- Se tuvo una ficha de recolección de datos vehiculares.
- Con las solicitudes correspondientes y aprobación, se realizó la recopilación de datos y las mediciones in situ de los vehículos de transporte público urbano.
- Previamente se determinó la muestra con la fórmula de "Tamaño de muestra" para una estimación cuantitativa.
- Los datos y resultados obtenidos de las mediciones fueron agrupados en Microsoft Excel para desarrollar la evaluación estadística.
- Las evaluaciones estadísticas se realizaron en el software estadístico software SPSS V.25, midiendo los resultados de medición, gráficos y comprobación de la hipótesis.

3.2.1. Procedimiento de medición

El procedimiento de medición se realizó de forma aleatoria, para lo cual se consideró los criterios establecidos en el Anexo 2 del Decreto Supremo N° 009-2012-MINAM

(Límites Máximos Permisibles) de emisiones vehiculares, así mismo, para la toma de datos se consideró un proceso de secuencia de intervención, los cuales son los siguientes:

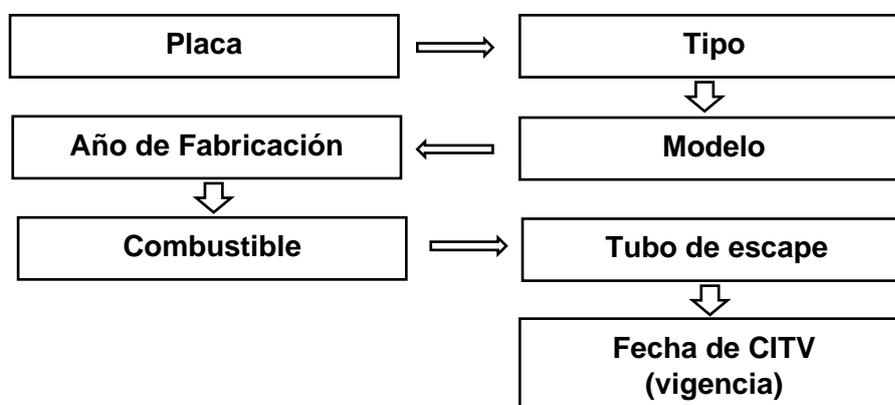
a. Secuencia previa a la medición

En la etapa previa de medición se solicitó apoyo de personal de la Gerencia de Transporte Público y Seguridad Ciudadana de la Municipalidad Provincial de Tacna, a fin de facilitar la intervención y acceso al conductor en la recolección de datos y mediciones a realizarse en los vehículos de transporte público.

El inspector previamente solicita el Certificado de Inspección Técnica Vehicular (CITV), con la finalidad de asegurar la toma de los datos vehiculares y asegurar las condiciones mínimas del vehículo (Figura 1), así mismo, verificar las condiciones del tubo de escape, para ello se realizó una ficha de recolección de datos vehiculares Anexo 2. En el Anexo 3 se muestra los datos recolectados por cada vehículo monitoreado.

Figura 1

Recolección de datos vehiculares



b. Secuencia de medición y toma de datos

Para la secuencia de medición y toma de datos, las mediciones se realizaron en la fuente, en los paraderos de las diversas rutas ubicados en los principales distritos de Tacna.

El proceso de medición se realizó en conjunto con el inspector encargado de transportes de la Municipalidad Provincial de Tacna, según lo siguiente:

- Se inició solicitando el Certificado de Inspección Técnica Vehicular (CITV) a los conductores, para realizar la toma de datos.
- Se posicionó el equipo de Analizador de Gases de Combustión frente al tubo de escape.
- El inspector solicitó encender el vehículo y realizar una aceleración de 2500 RPM, durante 1 minuto.
- Posteriormente se obtuvo los datos de medición a través del equipo.

Los datos de emisiones recolectados se muestran en el Anexo 4.

El Analizador de Gases de Combustión se manda a calibrar por un técnico cada cierto tiempo, por lo que para esta investigación el equipo se encuentra calibrado.

Para dar inicio a la medición primero se prende el equipo, el cual tiene un tiempo de carga en el cual el equipo se prepara para la medición, también se especifica el tipo de combustible del vehículo en las opciones del equipo.

El Analizador de Gases de Combustión cuenta con una función de limpieza de la sonda de combustión, el cuál es importante para que cada medición sea eficiente y no se acumule suciedad o material contaminante en la sonda de combustión.

En la figura 2 se observa, la medición a la unidad de la ruta 102. Donde se aprecia el procedimiento a llevar, comenzando por la secuencia previa, la toma de datos y su posterior medición.

Figura 2

Medición de los vehículos con el analizador de Gases de Combustión



3.2.2. Procesamiento y análisis de datos

3.2.2.1. Procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se realizó la conversión de los datos obtenidos a gramos por milla (g/mi), puesto que, los parámetros medidos se encuentran en porcentaje (%) y partes por millón (ppm), en ese sentido se realizó la conversión de acuerdo a lo siguiente:

a. Conversión de % a ppm

Se sabe que, 1 % es igual a 10000 ppm, por tanto, por tanto, los parámetros medidos en porcentaje fueron convertidos a partes por millón (ppm) y posteriormente convertidos en g/m^3 , de acuerdo a los datos obtenidos con el equipo de medición en los principales distritos de Tacna se muestra en el Anexo 5.

b. Conversión de ppm a g/m^3 (CO y NO_x)

Para la conversión de ppm a g/m^3 se realizó la siguiente ecuación.

La ecuación 1, nos permite convertir de ppm a g/m^3 , ya que los datos obtenidos por el Analizador de Gases de Combustión son en ppm.

$$X \text{ ppm} = \frac{X \text{ mg}}{1 \text{ l}} \times \frac{1 \text{ l}}{0.001 \text{ m}^3} \times \frac{10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ mg}} \quad (1)$$

$$X \text{ ppm} = g/m^3$$

c. Masa de gas emitida por hora (g/h)

Para hallar la masa de gas emitida por hora, se sabe que las mediciones tienen un caudal bomba de 0,60 l/min, por tanto, para hallar el flujo volumétrico, el valor de caudal bomba se transformó a m^3/h , cabe mencionar que, 1 l/min es igual a 0,06 m^3/h , multiplicado con el caudal bomba el flujo volumétrico es de 0,036 m^3/h .

En ese sentido, la ecuación 2 nos permite hacer ese cálculo:

$$\text{Masa del gas} \left(\frac{g}{h} \right) = \text{concentración} \left(\frac{g}{m^3} \right) \times \text{flujo volumétrico} \left(\frac{m^3}{h} \right) \quad (2)$$

d. Calculo por distancia (mi/h)

Para realizar el cálculo por distancia el promedio de velocidad de los vehículos de transporte público es de 30 km/h, asumiendo la velocidad,

se realizó la conversión de kilómetros por hora (km/h) a millas por hora (mi/h).

e. Cálculo de emisión en g/mi

Para obtener la emisión convertida en gramos por milla (g/mi), se realizó la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión} \left(\frac{g}{mi} \right) = \text{masa de gas} \left(\frac{g}{h} \right) \times \text{velocidad del vehículo} \left(\frac{mi}{h} \right) \quad (3)$$

3.2.2.2. Análisis de datos

Para el desarrollo de la investigación, se registró los datos obtenidos durante la medición en tablas de Excel, en cuanto al análisis estadístico, este se llevó a cabo en el software SPSS V.25, donde se contrastó estadísticas descriptivas de las emisiones contaminantes obtenidas a través de las mediciones realizadas a los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna, para lo cual, la Tabla 4 muestra los datos de forma organizada para cada emisión, observándose un mínimo y un máximo de valor, media y mediana.

Tabla 4

Estadísticas descriptivas de contaminantes

contaminantes atmosféricos	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv.
Emisiones de Dióxido de Carbono CO ₂ (g/mi)	132	0,00	63,29	195,042	750,649
Emisiones de Óxidos Nítricos NO (g/mi)	132	0,00	0,74	0,2113	0,1303
Emisiones de Dióxido de Nitrógeno NO ₂ (g/mi)	132	0,00	0,25	0,1068	0,05163
Emisiones de Dióxido de Azufre SO ₂ (g/mi)	132	0,00	0,04	0,0060	0,00642
Emisiones de Óxido de Nitrógeno NO _x (g/mi)	132	0,00	0,94	0,3156	0,15864

Así mismo, se realizó un análisis estadístico para contrastar si los datos obtenidos superan los Límites Máximos Permisibles (LMP), dicho análisis se realizó con

los parámetros de Óxidos de Nitrógeno (NO_x) convertidos, en ese sentido, una vez que se cuenta con la base de datos se procederá a determinar si los datos son paramétricos o no paramétricos, para ello se realizó una prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov, en cual se basa en la cantidad de datos obtenidos por medición.

Si, la cantidad de datos ≤ 50 , usamos Shapiro Wilk

Si, la cantidad de datos > 50 usamos Kolgomorov

Dado que los datos obtenidos son mayores a 50, se usará la prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov (Anexo 8).

Se identificó si los datos son paramétricos o no paramétricos, por lo que se planteó lo siguiente:

H_0 = Los datos tienen una distribución normal

H_a = Los datos no tienen una distribución normal

A un 95 % de confianza y error de 5 % (0,05)

Dado que el grado de significancia para los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) no superan los 0,05 de confianza, los datos obtenidos en las mediciones no tienen una distribución normal, por tanto, son datos No Paramétricos, por lo que, se llevará a cabo la prueba Wilcoxon, debido a que los datos no siguen una distribución normal.

Para los datos adicionales, se realizará gráficas estadísticas para esquematizar los resultados obtenidos.

3.3. Materiales y/o instrumentos

3.3.1. Materiales

Los materiales a utilizar en la presente investigación, se describen en la Tabla 5.

Tabla 5
Especificaciones de los materiales.

Cantidad	Materiales
2	Tableros
1 paquete	Hojas Bond
1	GPS o Celular

3.3.2. Instrumentos

Los instrumentos a utilizarse en la presente investigación se detallan a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6
Especificaciones de los instrumentos

Cantidad	Equipo y/o Instrumentos	Descripción
1	Analizador de gases de combustión	El equipo de Analizador de gases de combustión, el cual se utiliza para la identificación de diversos tipos de contaminantes presentes durante la combustión.
1	Portátil GPS	Sistema de Posicionamiento Global (GPS), para coordenadas UTM.
1	Cámara fotográfica digital	Panasonic Lumix Modelo DMC-SZ02 compacta, para registro fotográfico.
1	Laptop	DELL Core i5 7th Gen (el cual debería contener con un software Microsoft office, Excel y otros, para el procesamiento de información).
1	Impresora	Impresora Multifuncional EPSON L3110 (hojas de campo, panel fotográfico y otros).
1	EPP	Equipos de Protección Personal

3.4. Población y/o muestra de estudio

3.4.1. Población

Se entiende por población a aquellos elementos accesibles o que se presentan una o más características observables que son parte de un lugar donde se desarrolla el estudio (Ojeda, 2020).

Bajo este contexto, la población para la investigación comprende un total de 200 vehículos de transporte público urbano que emiten contaminantes atmosféricos en los principales distritos de Tacna, para ello, se comprende 19 rutas de transporte, los mismos que son identificados como fuentes móviles.

Población: Vehículos de transporte público urbano

3.4.2. Muestra

Una muestra forma parte representativa de una población o universo en que se llevará a cabo la presente investigación, por lo que una muestra debe delimitarse a sus características. Así mismo, hay ciertos procedimientos para obtener una cantidad determinada de la muestra, ya sea con lógicas o fórmulas (Lopez, 2004).

Según Otzen & Manterola (2017), definen que una muestra probabilística generaliza los resultados de una población, es decir que una unidad de población posee la misma oportunidad de ser escogidos al azar para formar parte de una muestra. Para determinar el tamaño de muestra es esta investigación, se aplico la formula de muestreo aleatorio.

Muestra: Muestra Probabilístca

De acuerdo a la población aproximada de 200, se procede a calcular el tamaño de la muestra probabilística con un margen de error permitido del 5 % y un nivel de confianza del 95 % bajo la siguiente fórmula (ecuación 4):

$$n_o = \frac{Z^2 N * p * q}{(N - 1)E^2 + Z^2 * p * q} \quad (4)$$

No: Muestra inicial

N: Población estimada, toma un valor de 200 vehículos de transporte público urbano.

Z: Nivel de confianza, se determina un nivel de 95 %, toma un valor de 1,96.

E: Error de estimación permitido, toma un valor de 5 % = 0,05

P: Probabilidad de éxito, vehículos presentes, por lo menos un 50 % de vehículos estarán presentes durante las mediciones, es decir que toma un valor de 0,5.

Q: Probabilidad de fracaso, vehículos “no presentes” en las mediciones, toma un valor de 0,5.

Reemplazando los datos en la Ecuación 4:

$$n_o = \frac{(1,96)^2 200 * 0,5 * 0,5}{(200 - 1)0,05^2 + 1,96^2 * 0,5 * 0,5} = 131,7511$$

$$n_o = 132 \text{ veh\u00edculos de transporte p\u00fablico urbano}$$

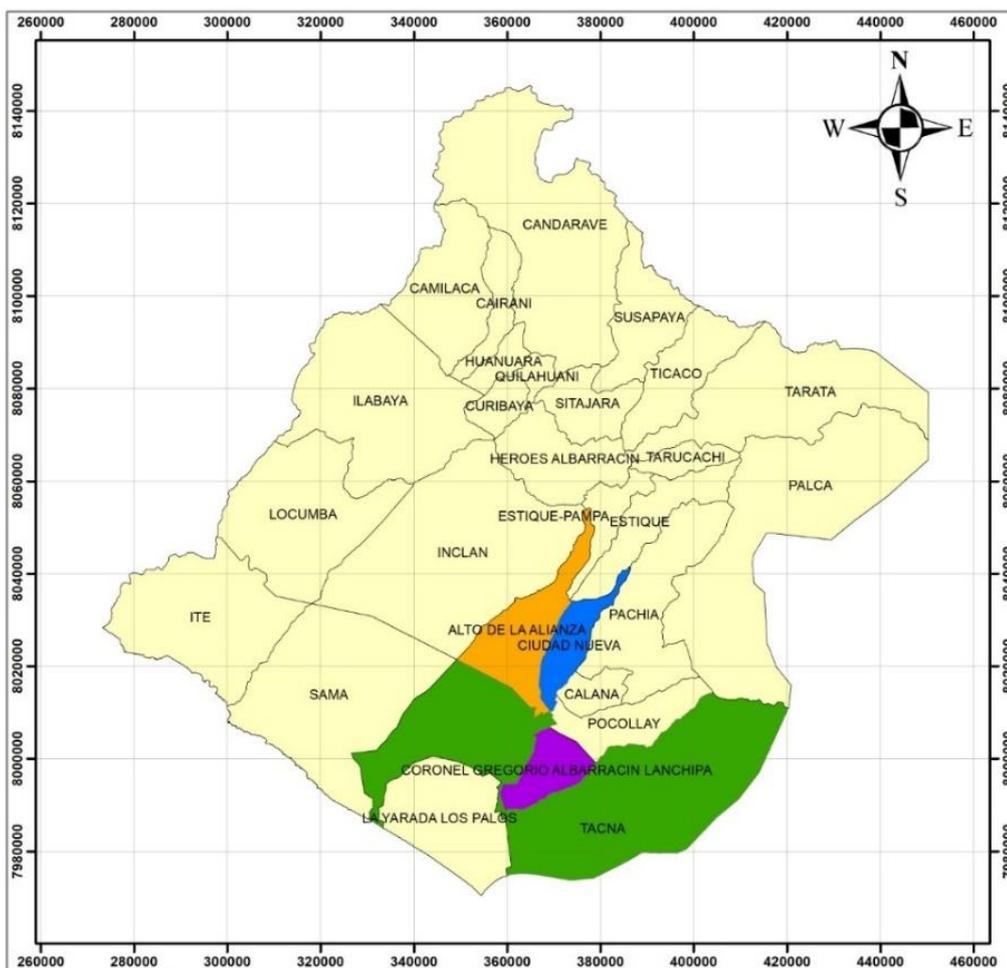
Por lo tanto, el tama\u00f1o de muestra de esta investigaci\u00f3n es de 132 veh\u00edculos de transporte p\u00fablico urbano.

3.4.3. Identificaci\u00f3n de los puntos de monitoreo

La identificaci\u00f3n de los puntos de monitoreo se realiz\u00f3 de acuerdo a la ubicaci\u00f3n de los paraderos de las rutas de transporte p\u00fablico urbano ubicados en los principales distritos de Tacna (Figura 3). En la Tabla 7 se menciona las rutas abarcadas por cada distrito.

Figura 3

Mapa de los principales distritos de Tacna



Se tomó en cuenta 19 paraderos de los principales distritos de Tacna, los cuales son los siguientes:

Tabla 7

Principales distritos de Tacna y rutas

Distrito	Paraderos
Coronel gregorio albarracin lanchipa	Ruta 15
	Ruta 90
	Ruta 11
	Ruta 1
	Ruta 14
	Ruta 10b
Pocollay	Ruta 2b
	Ruta 30a
	Ruta b
	Ruta 102
	Ruta 3a
Ciudad nueva	Ruta 16
	Ruta 22
Cercado de tacna	Ruta 33
	Ruta 4
	Ruta a
	Ruta 8
	Ruta 32
	Ruta 7

3.4.4. **Ámbito de estudio**

Las mediciones se realizarán a todos los vehículos para el transporte de pasajeros con motor encendido, automóviles que contienen cuatro ruedas y cumplen la función de transporte de personas.

3.4.5. **Ubicación de geográfica**

Las mediciones se llevaron a cabo en 19 paraderos de los principales distritos de Tacna, en la Tabla 8 Se precisa a mayor detalle los puntos de monitoreo con coordenadas, así mismo, en el Anexo 9 se muestra el mapa de ubicación de los puntos de monitoreo.

Tabla 8*Coordenadas de los lugares de estudio*

Punto de monitoreo	Coordenadas
Paradero de la Ruta 15	19K 0367586, UTM 8003126
Paradero de la Ruta 90	19K 0368347, UTM 8001435
Paradero de la Ruta 11	19K 0367955, UTM 8000925
Paradero de la Ruta 1	19K 0367799, UTM 8000805
Paradero de la Ruta 14	19K 0367229, UTM 8000540
Paradero de la Ruta 10B	19K 0366319, UTM 8001053
Paradero de la Ruta 30A	19K 0372859, UTM 8010360
Paradero de la Ruta B	19K 0370328, UTM 8008879
Paradero de la Ruta 102	19K 0370938, UTM 8012529
Paradero de la Ruta 3A	19K 0371152, UTM 8012223
Paradero de la Ruta 16	19K 0371162, UTM 8012190
Paradero de la Ruta 22	19K 0369734, UTM 8011907
Paradero de la Ruta 33	19K 0369279, UTM 8007856
Paradero de la Ruta 4	19K 0369985, UTM 8008428
Paradero de la Ruta A	19K 0363853, UTM 8005860
Paradero de la Ruta 8	19K 0363436, UTM 8006229
Paradero de la Ruta 32	19K 0364429, UTM 8004746
Paradero de la Ruta 7	19K 0364437, UTM 8004743
Paradero de la Ruta 2B	19K 0368539, UTM 8004480

3.5. Operacionalización de variables

Dentro de la operacionalización de variables se identifica una variable independiente y una variable dependiente.

Tabla 9*Operacionalización de variables*

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador
Variable 1 Nivel de contaminantes atmosféricos	Cantidad de partículas o sustancias que producen riesgo a la salud y el ambiente	Contaminantes atmosféricos	CO
			NO _x
			O ₂
			NO ₂
			NO
			SO ₂
		Límites Máximos Permisibles	g/mi
Variable 2 Vehículos de transporte público urbano	Considerado a aquellos transportes públicos que realizan el traslado de pasajeros	Caracterización de vehículos	Tipo de vehículo
			Combustible
			Año de fabricación

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis estadístico

Primero se definió la zona de estudio, abarcando los principales distritos de Tacna, una vez determinado los puntos de monitoreo se hizo uso de fichas de campo para recopilar los datos de cada transporte monitoreado como son la placa, el año de fabricación, el tipo de combustible, etc. En cada paradero se hizo uso de un GPS para las coordenadas UTM. Una vez obtenidos los datos por medio del Analizador de Gases de Combustión, se usó un Software estadístico, con el cuál se analizaron los datos.

Para organizar la información obtenida, así como la creación de gráficos para interpretación se hizo se usaron hojas de cálculo Excel.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Medir el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna.

En el Anexo 4, se muestra los datos de emisiones obtenidos por el Analizador de Gas de Combustión de los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna. Así mismo, en el Anexo 5, se muestran los datos convertidos en unidades de gramos por milla (g/mi) por cada número de muestra de vehículo (M1, M2, M3...M132).

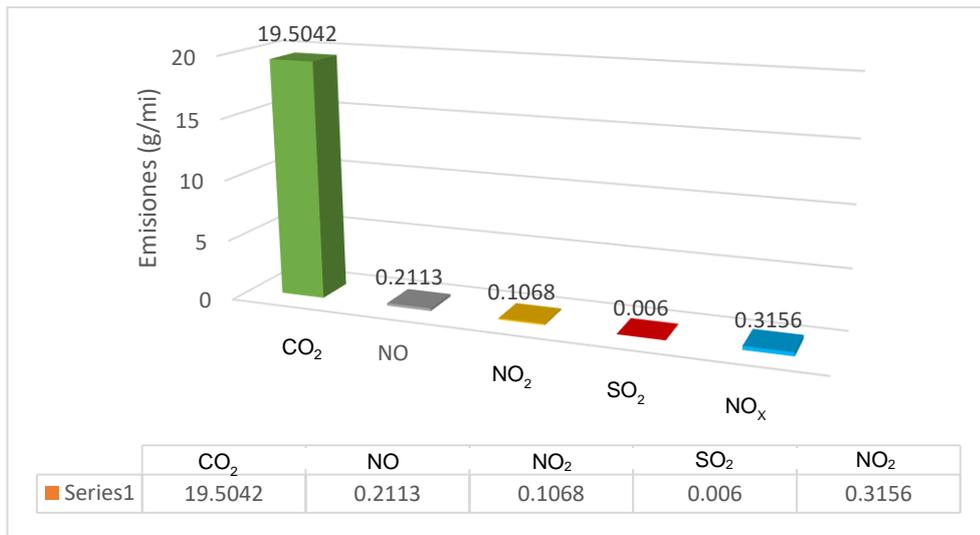
En la tabla 10, se muestra los datos de emisiones promedio de acuerdo a los tipos de contaminantes emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna.

Tabla 10

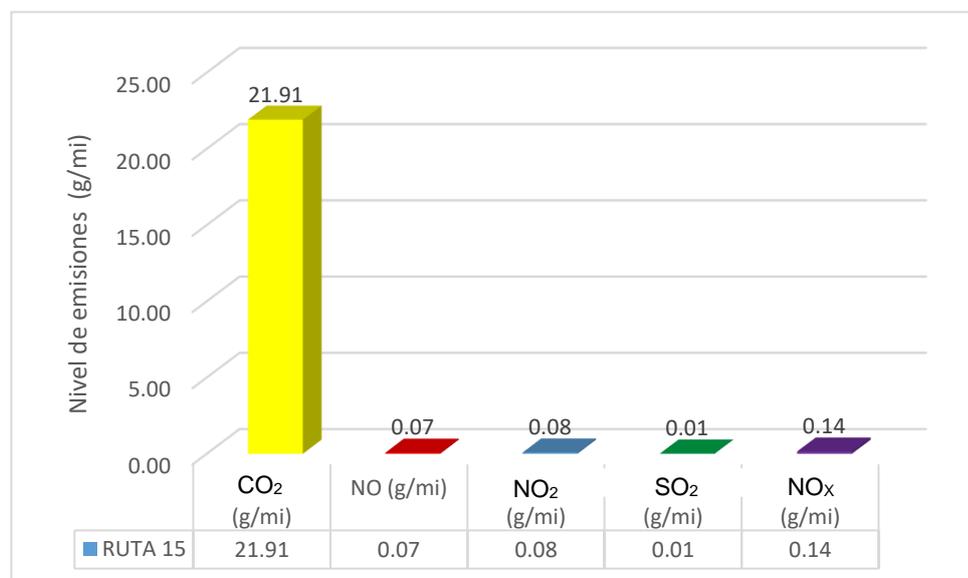
Emisiones promedio por tipo de contaminante (g/mi)

Vehículos de transporte público urbano	Gramos por Milla (g/mi)				
	CO ₂	NO	NO ₂	SO ₂	NO _x
132 vehículos	19,5042	0,2113	0,1068	0,006	0,3156

En la Figura 4, se muestra las emisiones calculadas en promedio por tipo de contaminantes, en el cual, se observa que el parámetro de Dióxido de Carbono (CO₂), se emite en mayor cantidad con un valor promedio de 19,5042 gramos por milla (g/mi), por otro lado, le sigue el parámetro de Óxidos de Nitrógeno (NO_x) con un valor promedio de 0,3156 gramos por milla (g/mi). El parámetro que menos se emite es el Dióxido de Azufre (SO₂) con un valor de 0,006 gramos por milla (g/mi).

Figura 4*Emisiones promedio por tipo de contaminante (g/mi)***4.1.1. Nivel de emisiones promedio por rutas****a. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 15**

En la Figura 5, se muestra los niveles de emisión promedio de la ruta 15, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂), es el parámetro con mayor emisión con un valor de 21,91 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,14 gramos por milla (g/mi).

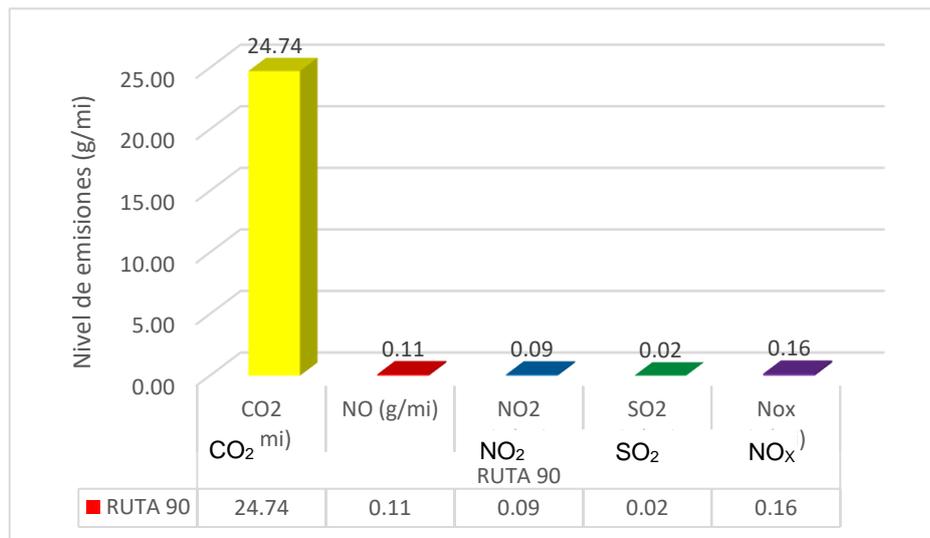
Figura 5*Nivel de emisiones promedio de la Ruta 15*

b. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 90

En la Figura 6, se muestra el nivel promedio de las emisiones de la ruta 90, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con mayor nivel de emisión, con un valor promedio de 24,74 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor promedio de 0,16 gramos por milla (g/mi).

Figura 6

Nivel de emisiones promedio de la ruta 90

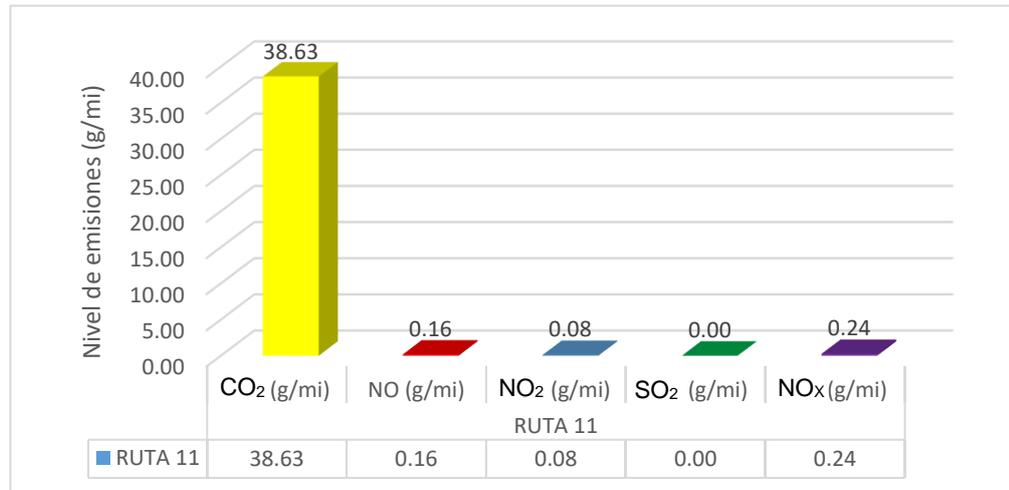


c. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 11

En la Figura 7, se muestra el nivel promedio de emisiones para la ruta 11, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con mayor nivel de emisión con un valor promedio de 38,63 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor promedio de 0,24 gramos por milla (g/mi).

Figura 7

Nivel de emisiones promedio de la ruta 11

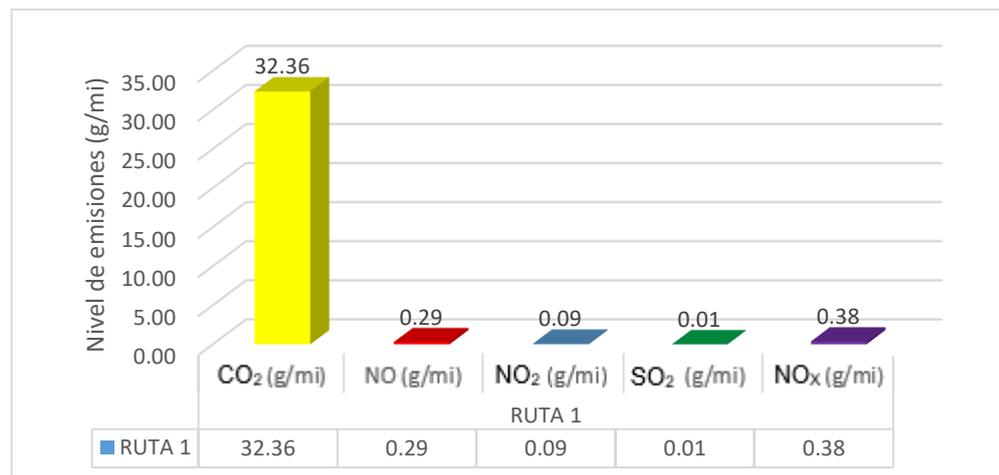


d. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 1

En la Figura 8, se muestra el nivel de emisiones promedio de la ruta 1, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con un alto nivel de emisión, con un valor de 32,26 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x), con un valor promedio de 0,38 gramos por milla (g/mi).

Figura 8

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 1



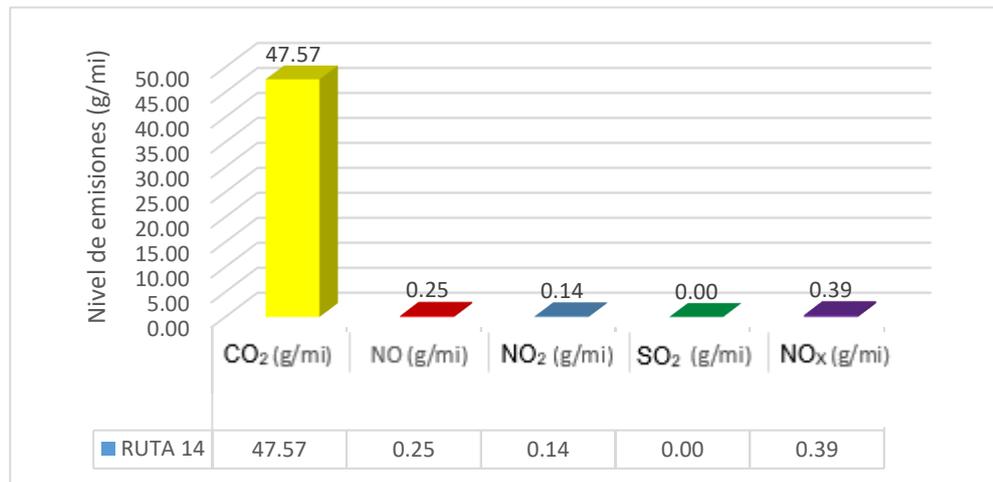
e. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 14

En la Figura 9, se muestra el nivel promedio de emisiones de la ruta 14, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con mayor nivel de emisión,

con un valor de 47,57 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,39 gramos por milla (g/mi).

Figura 9

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 14

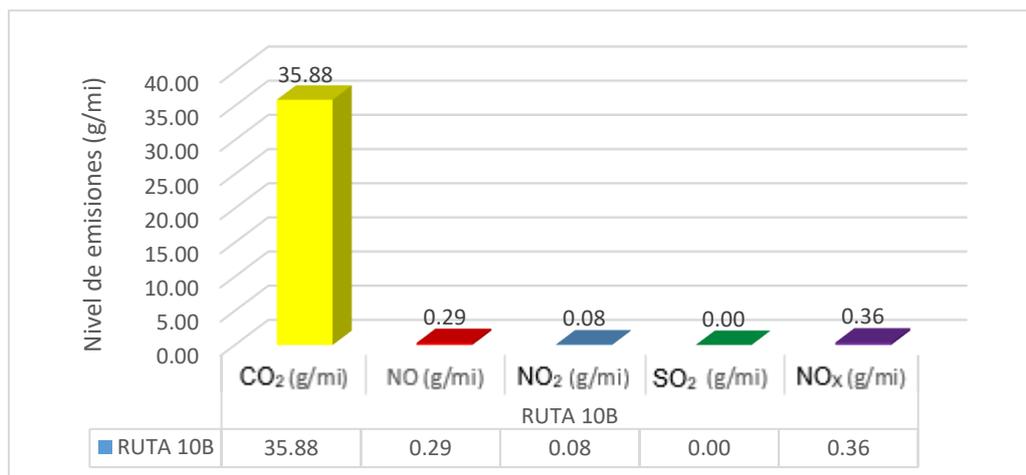


f. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 10B

En la Figura 10, se muestra el nivel de emisiones promedio de la ruta 10B, en el cual el Dióxido de Carbono (CO_2) es el parámetro que tiene un nivel alto de emisión, con un valor de 35,88 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,36 gramos por milla (g/mi).

Figura 10

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 10B

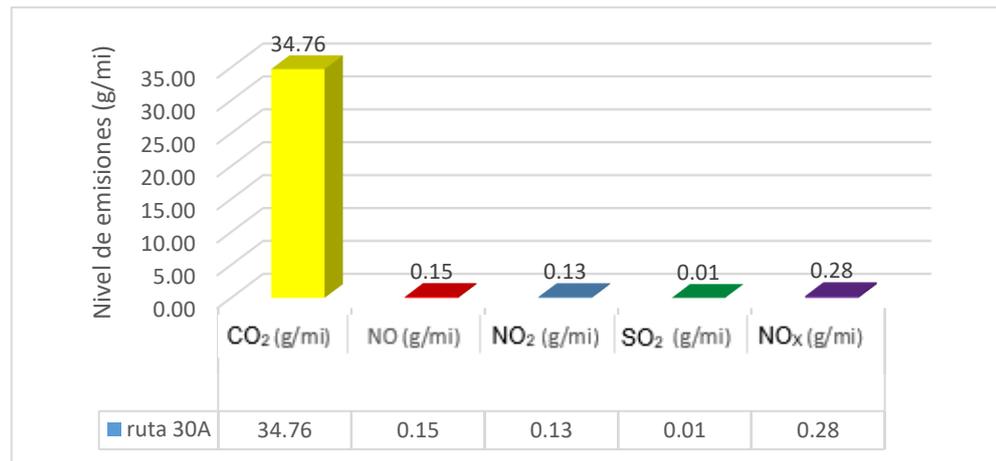


g. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 30A

En la Figura 11, se muestra el nivel promedio de emisiones de la ruta 30A, en el cual el Dióxido de Carbono (CO_2) es el parámetro con un alto nivel de emisión, con un valor de 34,76 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,28 gramos por milla (g/mi).

Figura 11

Nivel de emisiones de la Ruta 30A

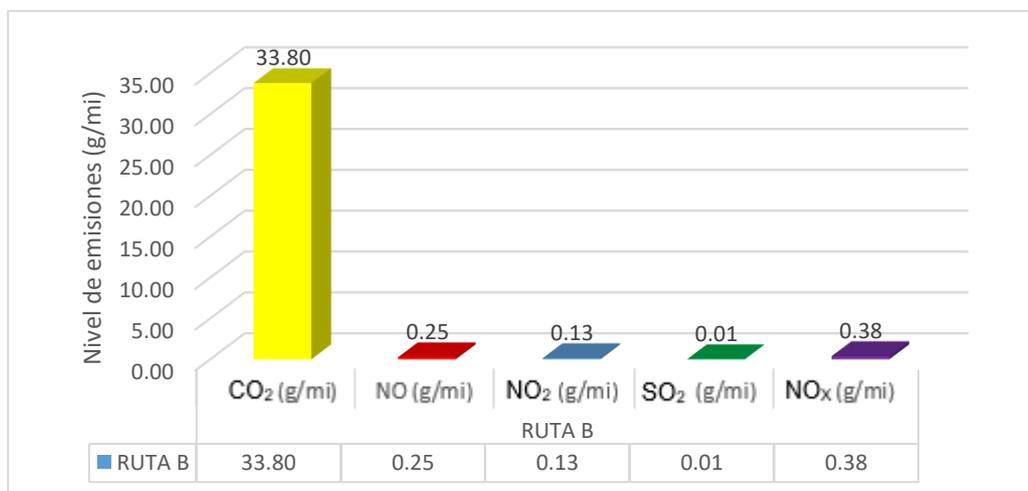


h. Nivel de emisiones promedio de la Ruta B

En la Figura 12, se muestra un nivel promedio de emisiones de la ruta B, en el cual el Dióxido de Carbono (CO_2) es el parámetro con un alto nivel de emisión, con un valor de 33,80 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,38 gramos por milla (g/mi).

Figura 12

Nivel de emisiones promedio de la Ruta B

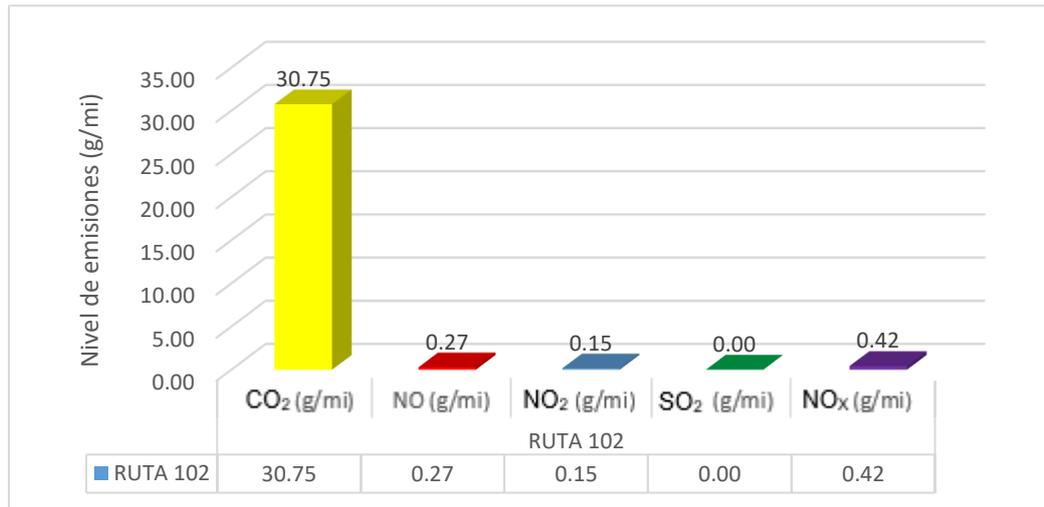


i. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 102

En la Figura 13, se muestra el nivel promedio de las emisiones de la ruta 102, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con un alto nivel de emisión, teniendo un valor de 30,75 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,42 gramos por milla (g/mi).

Figura 13

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 102

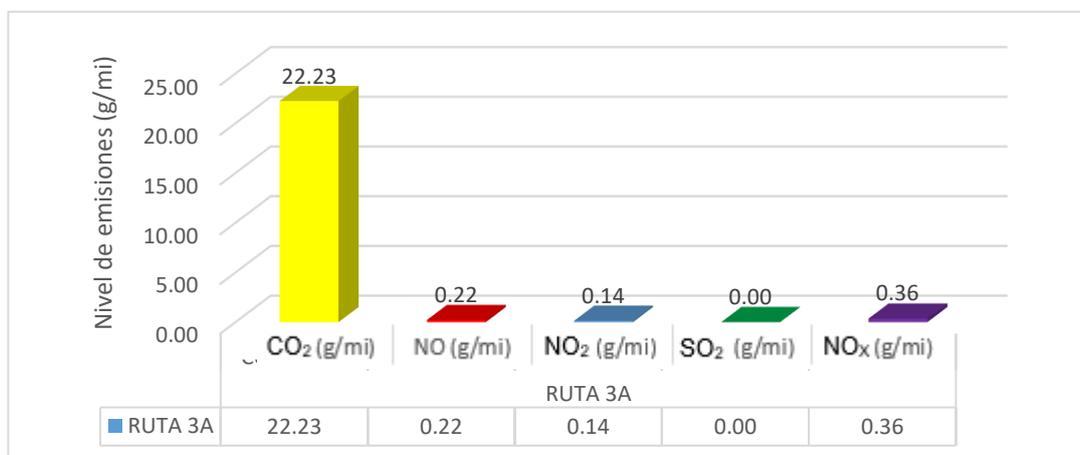


j. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 3A

En la Figura 14, se muestra el nivel promedio de emisiones de la ruta 3A, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con un alto nivel de emisión con un valor de 22,23 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,36 gramos por milla (g/mi).

Figura 14

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 3A

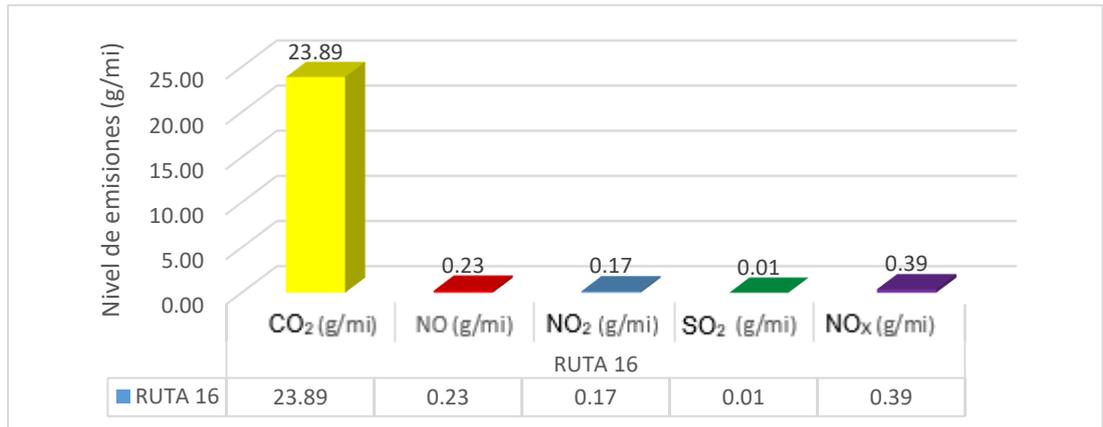


k. Nivel de emisiones de la Ruta 16

En la Figura 15, se muestra el nivel promedio de las emisiones de la ruta 16, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con un alto nivel de emisión, con un valor de 23,89 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,39 gramos por milla (g/mi).

Figura 15

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 16

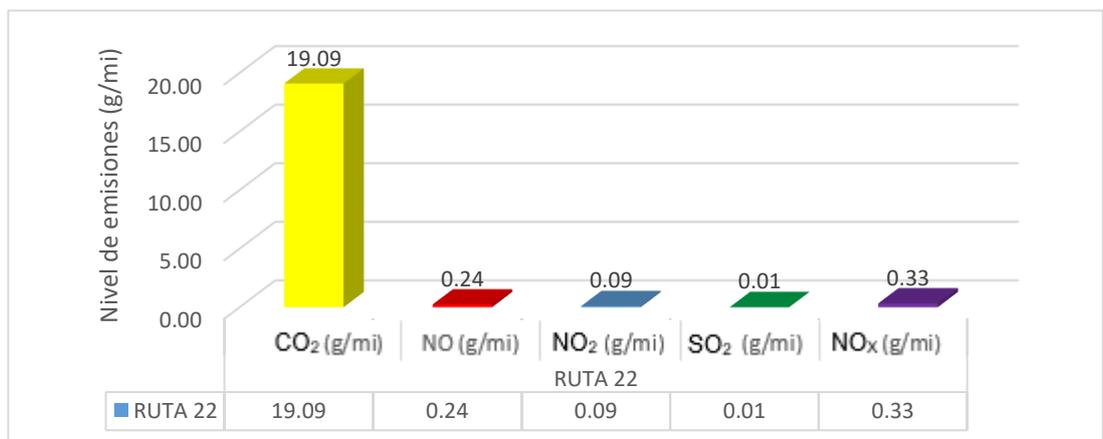


l. Nivel de emisiones de la Ruta 22

En la Figura 16, se muestra el nivel promedio de las emisiones de la ruta 22, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con un alto nivel de emisión, teniendo un valor de 19,09 gramos por milla (g/mi), seguido de Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,33 gramos por milla (g/mi).

Figura 16

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 22

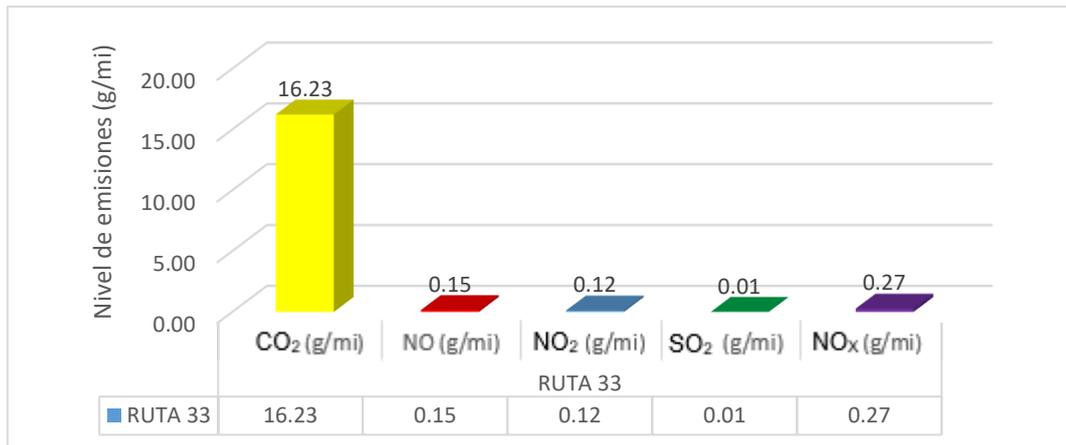


m. Nivel de emisiones promedio de la Ruta 33

En la Figura 17, se muestra el nivel promedio de emisiones de la ruta 33, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con un alto nivel de emisión, teniendo un valor de 16,23 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,27 gramos por milla (g/mi).

Figura 17

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 33

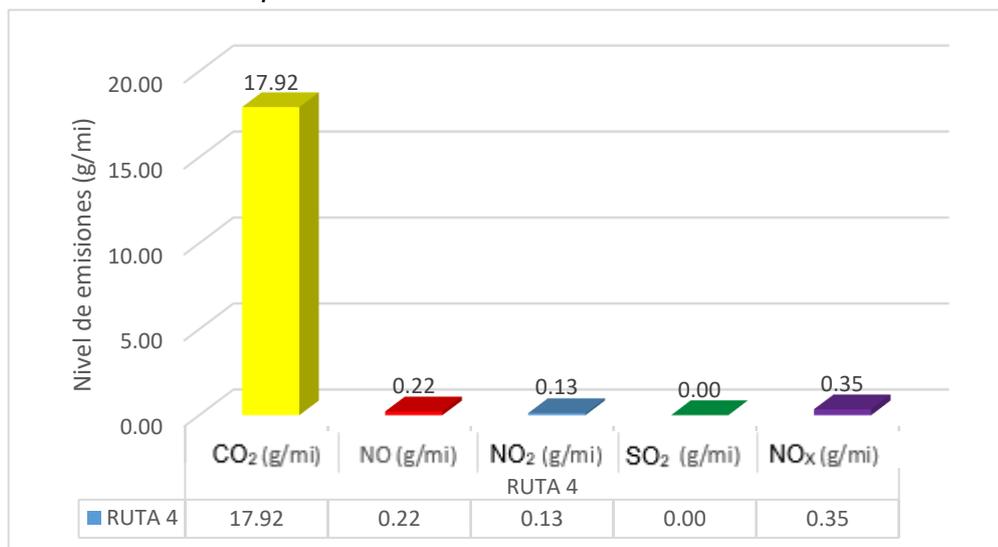


n. Nivel de emisiones de la Ruta 4

En la Figura 18, se muestra el nivel promedio de emisiones de la ruta 4, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con un alto nivel de emisión, obteniendo un valor de 17,92 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,35 gramos por milla (g/mi).

Figura 18

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 4

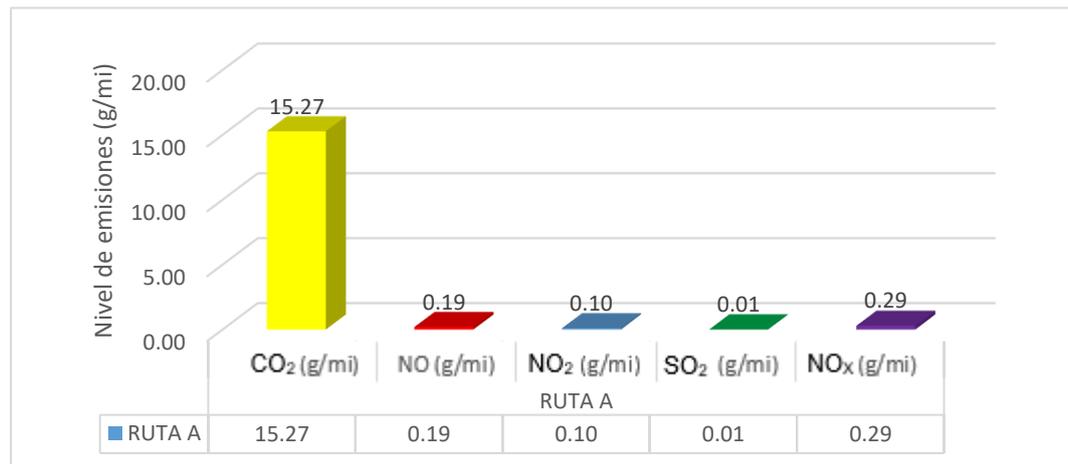


o. Nivel de emisiones de la Ruta A

En la Figura 19, se muestra el nivel promedio de emisiones de la ruta A, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con un alto nivel de emisión, obteniendo un valor de 15,27 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,29 gramos por milla (g/mi).

Figura 19

Nivel de emisiones promedio de la Ruta A

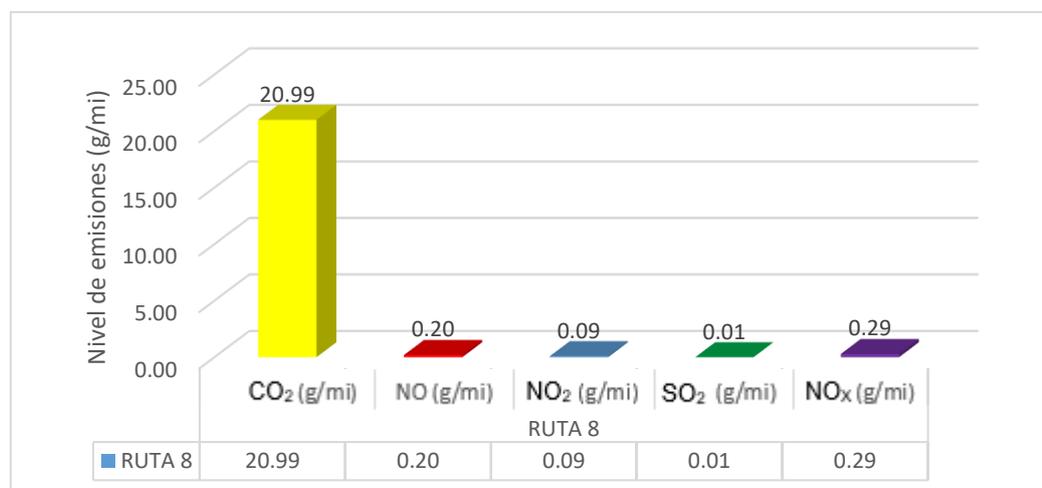


p. Nivel de emisiones de la Ruta 8

En la Figura 20, se muestra el nivel promedio de emisiones de la Ruta 8, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con un alto nivel de emisión, obteniendo un valor promedio de 20.99 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor promedio de 0,29 gramos por milla (g/mi).

Figura 20

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 8

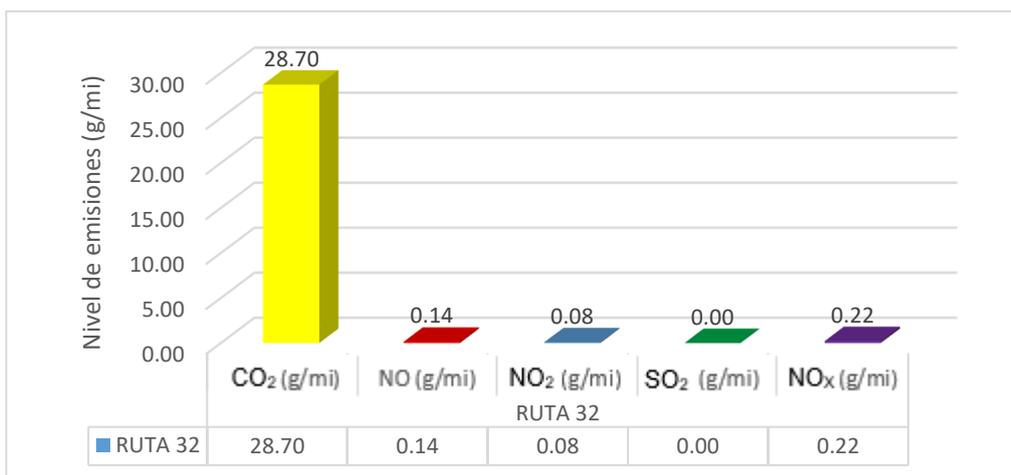


q. Nivel de emisiones de la Ruta 32

En la Figura 21, se muestra el nivel promedio de emisiones de la ruta 32, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) es el parámetro con un alto nivel de emisión, obteniendo un valor de 28,70 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,22 gramos por milla (g/mi).

Figura 21

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 32

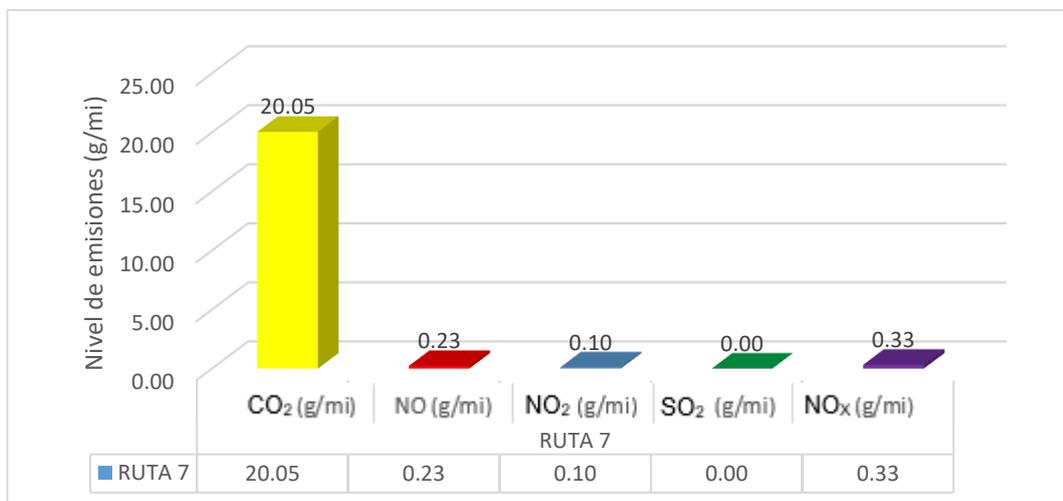


r. Nivel de emisiones de la Ruta 7

En la Figura 22, se muestra el nivel promedio de las emisiones de la ruta 7, en el cual el Dióxido de Carbono (CO₂) tiene un alto nivel de emisión, obteniendo un valor de 20,05 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,33 gramos por milla (g/mi).

Figura 22

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 7

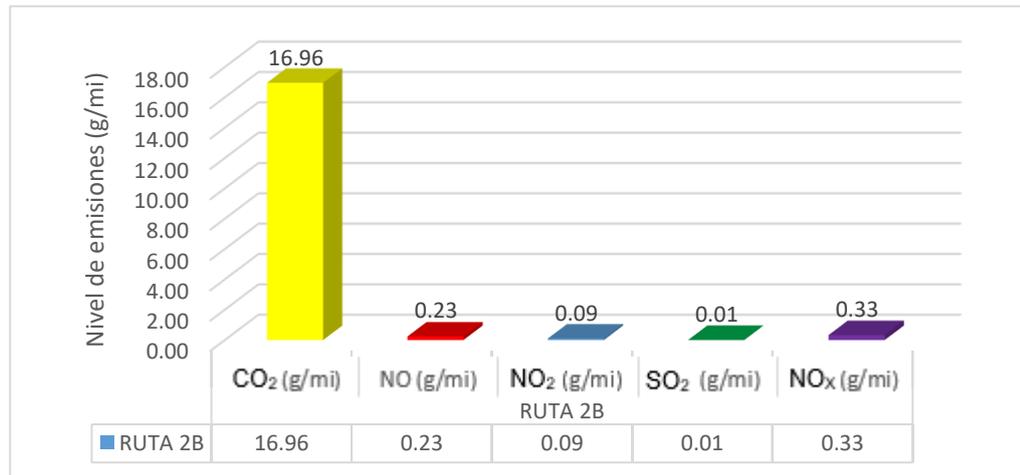


s. Nivel de emisiones de la Ruta 2B

En la Figura 23, se muestra el nivel promedio de emisiones de la ruta 2B, en el cual el Dióxido de Carbono (CO_2) es el parámetro con un nivel alto de emisión, teniendo un valor de 16,96 gramos por milla (g/mi), seguido del Óxido de Nitrógeno (NO_x) con un valor de 0,33 gramos por milla (g/mi).

Figura 23

Nivel de emisiones promedio de la Ruta 2B



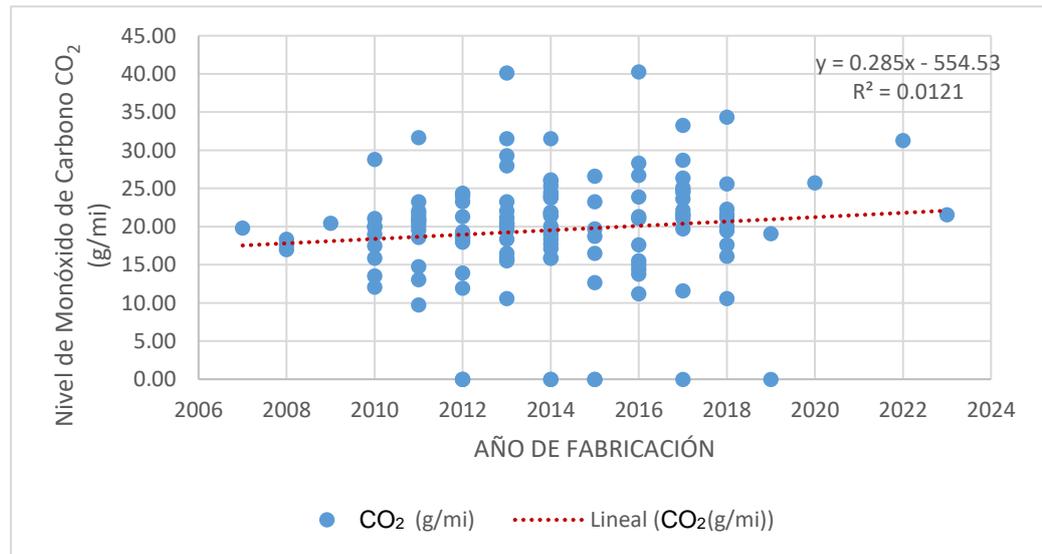
4.1.2. Cálculo del nivel de emisiones por año de fabricación

a. Nivel de CO_2 por año de fabricación

En la Figura 24, se muestra una línea tendencia positiva, por lo que, se puede decir que gráficamente los vehículos del año 2010 al año 2018 emiten mayor cantidad de emisión de Dióxido de Carbono (CO_2), así mismo mientras más antiguo el vehículo mayor es la contaminación.

Figura 24

Nivel de contaminante CO₂ por año de fabricación

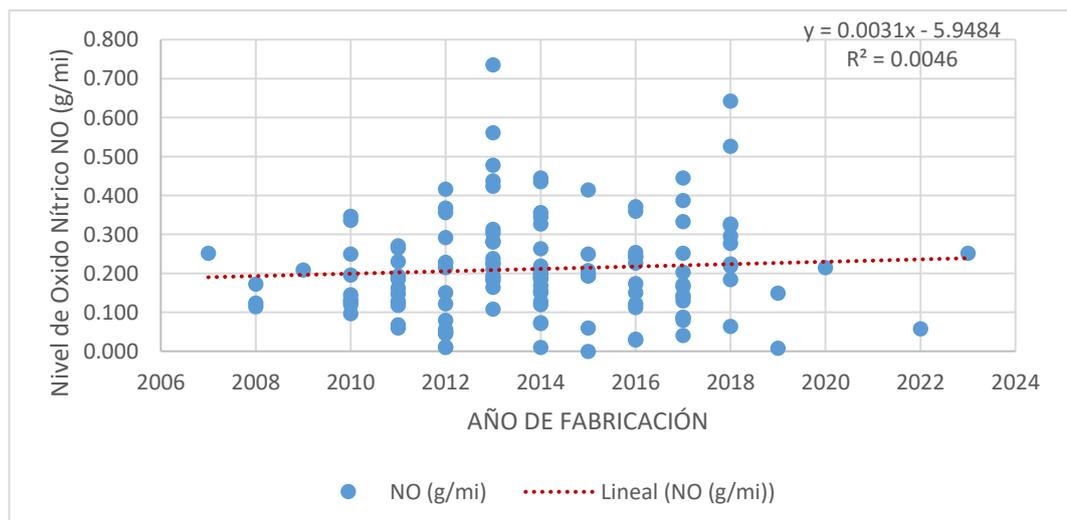


b. Cálculo del nivel de emisiones NO por año de fabricación

En la Figura 25, se muestra una línea tendencia positiva, por lo que, se puede decir que gráficamente los vehículos del año 2010 al año 2018 emiten entre menor y mayor cantidad de emisión de Óxidos nítricos (NO), así mismo, mientras más antiguo el vehículo, mayor es la contaminación.

Figura 25

Nivel de contaminantes NO por año de fabricación

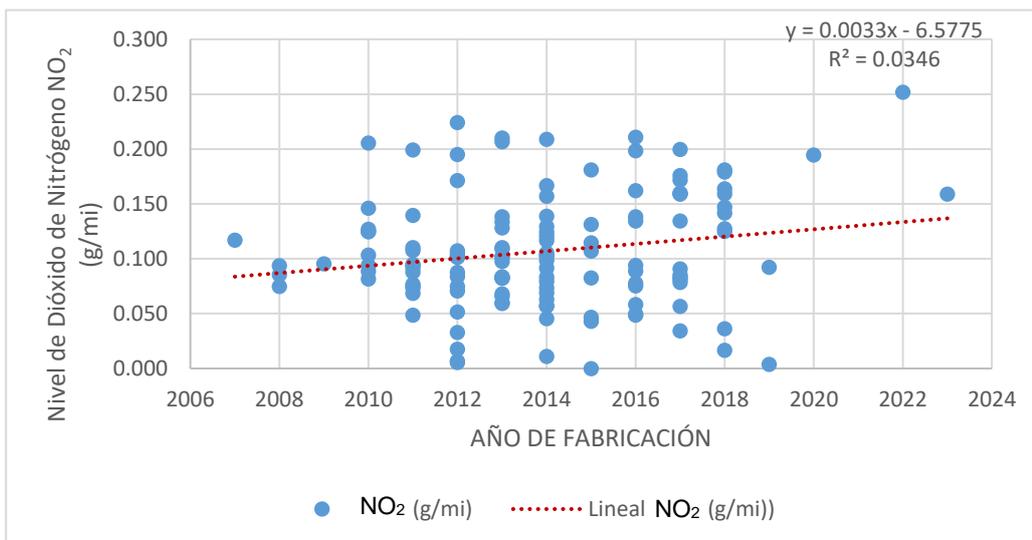


c. Cálculo del nivel de emisiones NO_2 por año de fabricación

En la Figura 26, se muestra una línea tendencia positiva, por lo que, se puede decir que gráficamente los vehículos del año 2010 al año 2018 emiten mayor cantidad de Dióxido de Nitrógeno (NO_2), así mismo, mientras más antiguo el vehículo, mayor es la contaminación.

Figura 26

Nivel de contaminantes NO_2 por año de fabricación

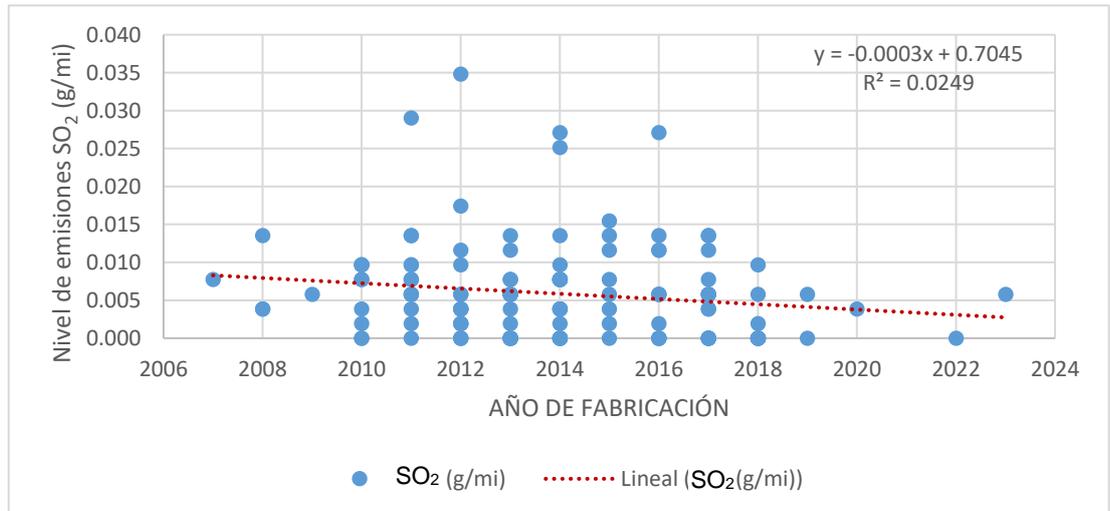


d. Cálculo del nivel de emisiones SO_2 por año de fabricación

En la Figura 27, se muestra una línea tendencia negativa, por lo cual se deduce que los niveles de Dióxido de Azufre (SO_2) que van desde el año 2010 al año 2023 disminuye, lo cual indica que a medida que el año de fabricación de los vehículos se reciente, menor es la contaminación emitida por los mismos.

Figura 27

Nivel de contaminantes SO₂ por año de fabricación

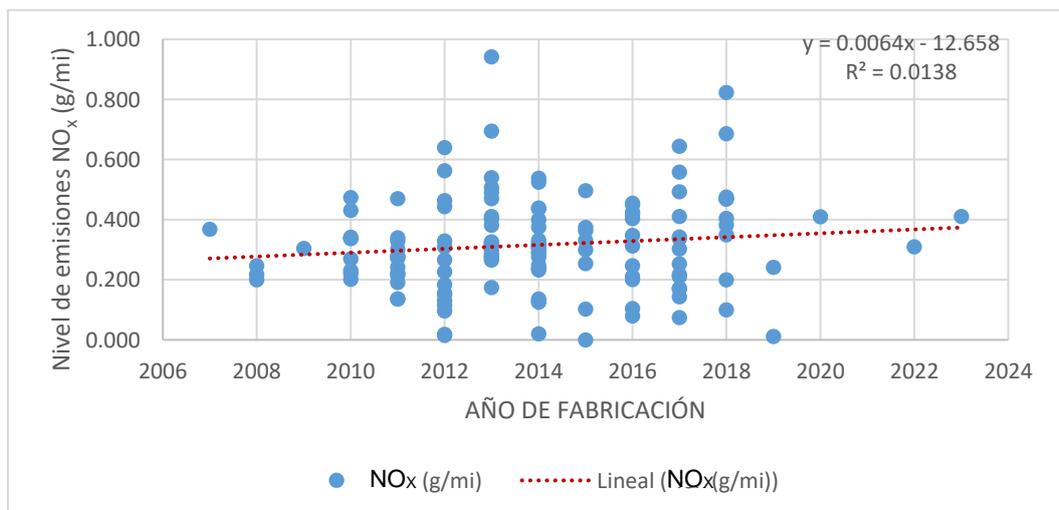


4.1.3. Cálculo del nivel de contaminantes NO_x por año de fabricación

En la Figura 28, se muestra una línea tendencia positiva, por lo que se podría decir que los niveles de Óxido de Nitrógeno (NO_x) por lo que, se puede decir que gráficamente los vehículos del año 2010 al año 2018 emiten mayor cantidad de emisión de Óxidos de Nitrógeno (NO_x), así mismo, mientras más antiguo el vehículo, mayor es la contaminación.

Figura 28

Nivel de contaminantes NO_x por año de fabricación



4.2. Comparación de los niveles de contaminación de los valores obtenidos con los límites máximos permisibles (LMP)

Dado que para realizar la evaluación de los Límites Máximos Permisibles (LMP), los gases contaminantes a considerar es Óxido de Nitrógeno (NO_x).

En la Tabla 11, se muestra las estadísticas descriptivas de las emisiones contaminantes obtenidas para el parámetro de Óxido de Nitrógeno (NO_x) de acuerdo a los años entre 2018 y 2024, según lo establecido en el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM. Así mismo, se muestra los datos de forma organizada para ambas emisiones.

Tabla 11.

Estadísticas descriptivas para NO_x

Contaminantes Atmosféricos	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Emisiones NO_x (g/mi)	15	0,01	0,82	0,3831	0,20513

4.2.1. Comparación de emisiones NO_x con los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Una vez concluida la recolección de información respecto a los parámetros monitoreados, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM, se aplica el LMP para los vehículos del 2018 al 2023, para lo cual, el parámetro de Óxidos de Nitrógeno (NO_x) tiene un valor promedio de 0,3831 gramos por milla (g/mi), realizando la comparación con el valor de límites máximos permisibles establecido en la norma mencionada, este supera los valores permitidos de 0,07 gramos por milla (g/mi). Para lo cual, se planteó la siguiente hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): La mediana de la emisión de NO_x es igual a 0,07 g/mi.

Hipótesis alternativa (H_1): La mediana de la emisión de NO_x es mayor que 0,07 g/mi.

Ante ello, se realizó la prueba Wilcoxon con los datos de Óxidos de Nitrógeno NO_x emitidos por los vehículos de transporte público urbano de acuerdo al año de aplicación entre los años de 2018 a 2023, de acuerdo a la Tabla 12, se muestra un P-valor de 0,001, lo cual indica que, tiene una diferencia significativa alta, con un grado de confianza al 95 %. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis

alterna, confirmando estadísticamente que, el valor promedio del Óxido de Nitrógeno (NO_x) de 0,3831 gramos por milla (g/mi) para NO_x , supera el valor de 0,07 g/mi de los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Tabla 12

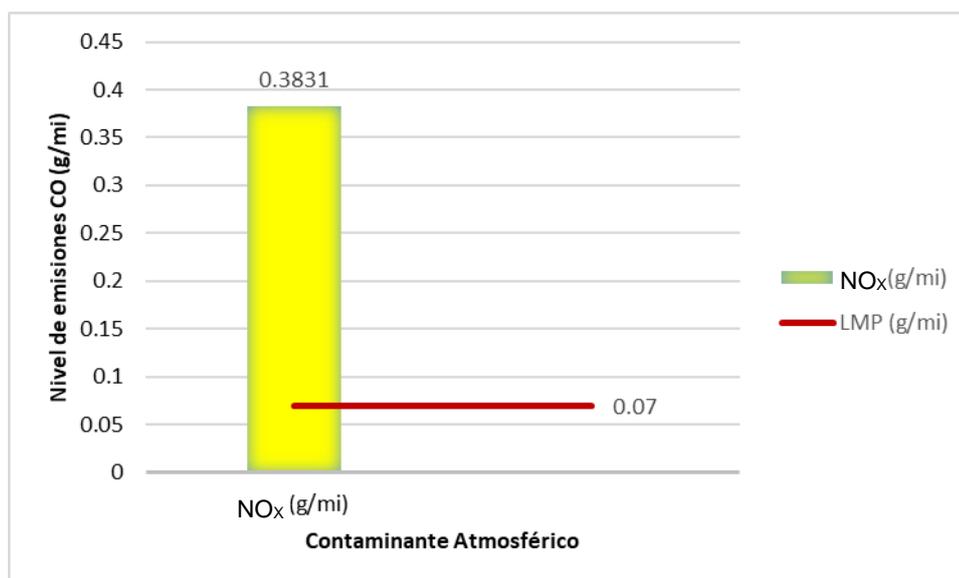
Prueba estadística para emisiones de NO_x

Variable	N°	Estadístico de prueba Wilcoxon	Error estándar	Estadístico de prueba estandarizado Wilcoxon	p-valor
g/mi	15	118,000	17,607	3,295	0,001

En la Figura 29, se muestra la comparación del nivel promedio de las emisiones de NO_x con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM para vehículos del 2018 al 2024, por lo que, se observa que supera los valores establecidos de acuerdo a la normativa mencionada.

Figura 29

Comparación del nivel de NO_x con los LMP



4.3. Propuesta de medidas de mitigación de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna

Como resultado de la investigación, se tiene las bases necesarias para establecer una propuesta de medidas de mitigación respecto a los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna, en la investigación realizada se muestra el nivel de emisiones de los parámetros como el Dióxido de Carbono (CO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Óxido Nítrico (NO), Dióxido de Azufre (SO₂) Y Óxidos de Nitrógeno (NO_x), así mismo, de acuerdo a la comparación realizada para el parámetro de óxido de Nitrógeno (NO_x), este supera Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM, en ese sentido, se debe poner un mayor énfasis en estos contaminantes para una mejora continua. En la Tabla 13, se muestra las medidas de mitigación para el control de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna.

Tabla 13

Medidas de mitigación para el control de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano

Aspecto ambiental	Encargados	Lineamientos	Descripción
Calidad de Aire	Autoridad Local	Aplicación de normas para la regulación y control de emisiones	Con la finalidad de regular el nivel de contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público en los principales distritos de Tacna.
Calidad de Aire	Autoridad Local	Ordenamiento del tráfico vehicular	El ordenamiento de tráfico vehicular es importante en las concesiones de los vehículos de transporte público urbano, se debe fortalecer el transporte público urbano másico, erradicando paraderos informales en el tránsito vehicular, con la finalidad de evitar la congestión vehicular, el cual es motivo de consumo de combustible por paradas y así mismo, es un incremento de GEI.

(continúa)

Tabla 13 (continuación)

Aspecto ambiental	Encargados	Lineamientos	Descripción
Calidad de Aire	Autoridad Local	Revisiones técnicas de vehículos para emisiones	De acuerdo a la investigación, la antigüedad de los vehículos de transporte público urbano, es un factor que genera emisión de contaminantes atmosféricos, ya que se observó que los vehículos entre el año 2010 y 2018, son aquellos que generan mayor contaminación atmosférica, por lo tanto, las revisiones técnicas son importantes, ya que se tendrá un control adecuado del nivel de contaminantes atmosféricos emitidos por lo vehículos y de esta forma reducir las emisiones excesivas de los vehículos.
		Promover buenas prácticas ambientales	Sensibilizar a los conductores sobre el nivel de contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público a través de capacitaciones, debido a que los patrones de conducción son base para establecer factores de emisiones.
	Conductores	Mantenimiento de vehículos	Realizar una revisión del tubo de escape y catalizador, debido a que es el lugar en el cual se acumula gran cantidad de sustancias contaminantes, así mismo, una mala combustión puede llegar a producir una gran cantidad de humo. Revisión de la batería y sistemas de encendido Cambio de filtro de aceite

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvo, nos ayudan a reconocer la hipótesis general la cual sustenta que se logró determinar que los niveles de contaminación atmosférica, considerando los parámetros de Óxido de Nitrógeno (NO_x), superan los Límites máximos permisibles según lo establecido en el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM, dejando en evidencia la importancia de adoptar medidas efectivas para reducir la contaminación del aire por contaminantes atmosféricos.

5.1. Medir el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano de los principales distritos de Tacna.

Para los análisis realizados, previamente se realizó el monitoreo in situ de los vehículos de transporte público urbano, en el cual se identificó diversas emisiones de contaminantes, entre los cuales los óxidos de nitrógeno (NO_x), tomando en cuenta que los vehículos monitoreados usan combustible Diesel, por lo que este es el principal contaminante para realizar la comparación con los valores de límites máximos permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM.

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación y teniendo como objetivo principal estimar los niveles de contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna, para ello, se empleó estadísticas descriptivas y gráficos.

5.2. Comparar los niveles de contaminación de los valores obtenidos con los límites máximos permisibles (LMP).

Los resultados obtenidos de las emisiones de vehículos de transporte público urbano de los principales distritos de TACNA, no guarda relación en cuanto a la emisión de CO_2 , según lo que sostiene Nava (2023), en el cual afirma que el promedio final de emisión CO_2 para su investigación está por debajo de los límites máximos permisibles, a comparación del trabajo realizado en el cual el valor promedio para CO_2 supera el límite máximo permisible de ($20,44 \text{ g/mi} > 4,2 \text{ g/mi}$) establecido en el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM.

Según Beatriz (2019), en su tesis titulada “Emisiones de Gases Vehiculares en la Avenida Nicolas Ayllon del distrito de Ate”, tiene como objetivo principal evaluar las emisiones de gases vehiculares en la avenida Nicola Ayllon en el distrito de Ate, debido a que el distrito de Ate presenta zonas críticas ante las emisiones de contaminantes atmosféricos, lo cual tiene gran relevancia en la salud, por tanto, se determinó la cantidad de emisiones de gases de CO₂ y la sumatoria de CO + CO₂, donde concluye que los valores obtenidos superan los límites máximos permisibles para CO% y CO + CO₂, de esta forma podemos aseverar que los niveles de contaminantes atmosféricos superan los límites máximos permisibles.

5.3. Proponer medidas de mitigación de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna.

En nuestra investigación, desde la inspección resalta la falta de mantenimiento en los vehículos de transporte público urbano y además haciendo hincapié en que no contaban con el control de emisiones. Cabe destacar la importancia de contar con un mantenimiento preventivo, con monitoreos más eficientes de parte de la autoridad responsable encargada. Por lo tanto, es importante abordar estas emisiones generadas por el transporte público a través de propuestas de mitigación, ya que, los resultados proporcionan una buena perspectiva de la calidad de aire y el impacto que generan los vehículos de transporte público.

CONCLUSIONES

Se estimó el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público a través de estadísticas descriptivas y gráficos, de acuerdo a los valores promedio de cada contaminante atmosférico: El Oxígeno (O_2) se emite en mayor cantidad con un valor promedio de 364,86 gramos por milla (g/mi), le sigue el parámetro de Dióxido de Carbono (CO_2) con un valor promedio de 19,50 gramos por milla (g/mi), mientras que el parámetro que menos se emite es el Dióxido de Azufre (SO_2) con un valor de 0,006 gramos por milla (g/mi).

Se realizó la comparación de los valores de límites máximos permisibles y las concentraciones de óxidos de nitrógeno (NO_x), teniendo como resultado que la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) es de 0,3821 gramos por milla (g/mi) el cual supera el valor de 0,07 gramos por milla (g/mi) de los límites máximos permisibles establecido en el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM. Esto indicaría que no se está cumpliendo con las normativas ambientales de los LMP.

Tras los análisis realizados, se propuso medidas de mitigación que ayudarían a minimizar los niveles de contaminación, como la mejora del mantenimiento de los vehículos por parte del transporte público, esencial para garantizar que funcionen de manera eficiente y cumplan con los Límites Máximos Permisibles (LMP). La aplicación de normas para la regulación y control de emisiones, la inspección técnica periódica, ya que, al regular las emisiones, las normas motivan a los operadores y dueños de los vehículos a ser más responsables en el mantenimiento de sus vehículos. Esto es fundamental para mitigar el impacto ambiental. Estas medidas se basan en los resultados obtenidos en la investigación, ya que si se implementan y refuerzan adecuadamente estas normas es posible reducir significativamente las emisiones contaminantes, mejorar la calidad de vida de los habitantes y avanzar hacia una ciudad más saludable y sostenible.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna en coordinación con el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) en ámbito de sus competencias, el uso del analizador de gases de combustión para realizar monitoreos, con la finalidad de reducir el aumento de emisiones contaminantes atmosféricos, así mismo, verificar si los niveles de emisiones de los vehículos de transporte público urbano superan los límites máximos permisibles de acuerdo a los establecido en el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM y de esta manera tener una data que sea accesible al público.

Recomendar a la Municipalidad Provincial de Tacna, tomar medidas preventivas y/o acciones correctivas en las rutas monitoreadas, puesto que ningún vehículo cuenta con la inspección de emisiones contaminantes, así mismo, sensibilizar a los conductores sobre la responsabilidad en el marco de cumplimiento de obligaciones ambientales en el sector transporte y de esta forma tener el control de las emisiones contaminantes generadas por los vehículos los cuales superan los límites máximos permisibles para el óxidos de nitrógeno (NO_x).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agency, E. S. (2024). *Contaminación Atmosférica*. -: EDUSPACE. Obtenido de https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Global_ES/SEMW8RLJ74G_0.html#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica,ser%20humano%20y%20su%20entorno%22.
- Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*. Babahoyo, Ecuador: Saberes del conocimiento. Obtenido de <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/860>
- Albert, L. A. (2009). *Contaminación ambiental. origen, clases, fuentes y efectos*. sociedad Mexicana de Toxicología, A.C., Xalapa.
- Ambiente, M. d. (2013). *Informe nacional de la calidad del aire 2013-2014*. Lima: Dirección General de Calidad Ambiental. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>
- Ambiente, M. d. (2020). *Conceptos de calidad del aire*. Santiago: Gobierno Regional de Chile.
- Ambiente, M. d. (2023). *Estándares de calidad ambiental*. Lima: Portal de transparencia.
- Arias, F. (2015). *Investigación de Campo: Características, tipos, técnicas y etapas*. -: -.
- Beatriz, C. H. (2019). *Emisiones de gases vehiculares en la Avenida Nicolas Ayllon del distrito de Ate*. Villa el Salvador: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.
- Beltrán Ruiz, J. A. (2019). *Medición de la contaminación generada por la gasolina extra (85 octanos) súper (90 octanos) con el uso de aditivos, usando un sistema de cánister*. Investigación Tecnológica. Obtenido de https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/9/6
- BICENTENARIO. (2018). *Efectos de la contaminación del aire*. Ministerio del Ambiente.
- Borge, R. T. (2019). Technological improvements and regulations on diesel engine emissions: An overview. *Environmental Science & Policy*, 93, 102-115.

- Carrasco, G. M. (2023). *Análisis de las emisiones atmosféricas y combustión incompleta de los vehículos automotores del distrito de Hualmay 2021*. Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Committees, S. (2018). *Contaminantes primarios y secundarios*. -: GreenFACTS. Obtenido de https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/contaminacion-aire-interior/glosario/abc/contaminantes-primarios-y-secundarios.htm#:~:text=Ejemplos%20de%20contaminantes%20secundarios%20son,o%20los%20%C3%B3xidos%20de%20nitr%C3%B3geno
- Concepto. (2022). *Lluvia ácida*. Editorial Etecé.
- Dana Desonie, P. (2021). *Tipos de contaminación atmosférica*. -: The CK-12 Editorial Team. Obtenido de <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-tierra-grades-6-8-en-espanol/section/7.17/primary/lesson/tipos-de-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica/>
- GENERALITAT. (2015). *Contaminación atmosférica*. -: Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Infraestructuras y Territorio. Obtenido de <https://mediambient.gva.es/es/web/calidad-ambiental/la-contaminacion-atmosferica>
- Gonzales, D. L. (2022). *Aplicación del modelo IVE 2.0 en el cálculo de las emisiones de contaminantes atmosféricos gaseosos (CO₂, NO_x, CO, SO₂) generados por el parque automotor en el Cercado de Ilo, provincia de Ilo, región Moquegua - 2019*. Moquegua: Universidad Nacional de Moquegua.
- Heywood, J. B. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill Education.
- Hidrovo Contreras, D. G., Meza Zambrano, E., & Romero Peña, F. G. (2016). *IMPACTO AMBIENTAL DEL PARQUE AUTOMOTOR DEL CANTÓN QUEVEDO*. Quevedo: Revista: Caribeña de Ciencias Sociales.
- Huillca Perez, L. L., ACHA CHAISA, Y. F., Huillca Cano, R. L., & Huallpacuna Curi, T. (2019). *Incremento del parque automotor a nivel nacional y regional*. Cusco: UAC.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, M. y. (2008). *EMISIONES POR FUENTES MÓVILES*. Bogotá.

- IDEAM - Instituto de Hidrología, M. y. (2015). *Contaminación Atmosférica*. Bogotá: Boletín calidad del aire. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/contaminacion-atmosferica>
- Ingeoexpert. (2021). *¿Qué es la contaminación atmosférica? Causas, consecuencias y soluciones*. Madrid: Blog.
- Lopez, P. (2004). *Población Muestra y Muestreo*. Cochabamba: Scielo. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012
- Ludus. (2023). *Contaminantes primarios y secundarios: Impacto y medidas de prevención en tu empresa*. Formación HSE digital, efectiva y escalable.
- Mills, N. L. (2009). Adverse cardiovascular effects of air pollution. *Nature Clinical Practice Cardiovascular Medicine*, 6(1), 36-44.
- MTC. (2024). *MTC: Parque automotor causa 58% de contaminación en aire de Lima y Callao*. Lima: El Peruano.
- Nava Carrasco, G. M. (2023). *Análisis de las emisiones atmosféricas y combustión incompleta de los vehículos automotores del distrito de Hualmay 2021*. Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Nilda, H. R. (2017). *Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Ojeda, P. C. (2020). *Universo, Población y muestra*. Juliaca, San Roman: IES Comercio 32 MHC. Obtenido de <https://www.aacademica.org/cporfirio/18.pdf>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). *Técnicas de muestreo sobre un población a estudiar*. -: Sampling Techniques on a Population Study. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Panca, P. C. (2015). *Análisis del sistema de transporte público y la contaminación del aire de los vehículos livianos en la ciudad de Tacna - 2014*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- PERÚ, B. (2020). *Fuentes emisoras de contaminantes*.
- Pimentel, V. C. (2023). *Contaminación del aire en Perú: el 58% proviene del parque automotor*. Lima: INFOBAE. Obtenido de <https://www.infobae.com/peru/2023/09/23/contaminacion-del-aire-en-peru-el-58-proviene-del-parque->

- Tamayo, M. T. (2003). *Apuntes de investigación en ciencias sociales*. -. -. Obtenido de https://trabajodegradoucm.weebly.com/uploads/1/9/0/9/19098589/tipos_de_investigacion.pdf
- Testo AG. (2021). *Testo 340 Combustion Analyzer: Product Guide*. Obtenido de <https://www.testo.com>
- Unidos, A. d. (2017). *Descripción general de los gases de efecto invernadero*. La energía y el medioambiente.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente			
¿Será posible estimar el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte urbano en los principales distritos de Tacna?	Estimar el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna.	Los niveles de contaminación de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano superan los límites máximos permisibles (LMP)	Nivel de contaminantes atmosféricos	Contaminantes atmosféricos	CO ₂	Tipo de estudio: Aplicativa
					NO _x	
			NO ₂			
			NO			
			Límites Máximos Permisibles		SO ₂	g/mi
						DECRETO SUPREMO N° 029-2021-MINAM
Problemas específicos	Objetivos específicos		Variable Dependiente			
¿Cómo calcular el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna?	Calcular el nivel de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna.		Vehículos de transporte público urbano	Caracterización de vehículos	Tipo de vehículo	
¿Cómo comparar los niveles de contaminación de los valores obtenidos con los límites máximos permisibles (LMP)?	Comparar los niveles de contaminación de los valores obtenidos con los límites máximos permisibles (LMP).				Combustible	
¿Qué medidas se pueden implementar para reducir los contaminantes atmosféricos provocado por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna?	Proponer medidas de mitigación de los contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna.				Año de fabricación	

Anexo 3. Recolección de datos vehiculares

RUT A	N°	PLAC A	TIPO	MARCA	MODELO	AÑO DE FABRICACIÓN	COMBUSTIBLE	TUBO DE ESCAPE	FECHA DE CIVT (VIGENCIA)
	M-1	X4G-938	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2015	DIESEL	OK	13/09/2024
	M-2	VFI-952	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2019	DIESEL	OK	11/10/2024
RUT A 15	M-3	X3P-353	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2014	DIESEL	OK	26/08/2024
	M-4	V9X-962	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	MF100	2014	DIESEL	OK	24/08/2024
	M-5	A7S-729	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	MF100	2010	DIESEL	OK	25/12/2024
	M-6	Z4H-779	MINIBUS	JIANGNAN	WORLD AUTOS	2012	DIESEL	OK	10/12/2024
	M-7	X3G-896	MINIBUS	TRAXOR	CN6750K	2013	DIESEL	OK	24/10/2024
RUT A 90	M-8	A6S-952	MINIBUS	JAC	HK6738LG	2010	DIESEL	OK	6/12/2024
	M-9	C8K-741	MINIBUS	HIGER	KLQ6728G	2012	DIESEL	OK	15/09/2024
	M-10	V7B-855	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2014	DIESEL	OK	10/12/2024
	M-11	X2X-711	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA EURO 3	2013	DIESEL	OK	12/01/2025
	M-12	V3Q-002	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2012	DIESEL	OK	13/09/2024
RUT A 11	M-13	F8G-626	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2008	DIESEL	OK	10/08/2024
	M-14	X3F-840	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2017	DIESEL	OK	19/12/2024
	M-15	V9P-956	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2014	DIESEL	OK	31/07/2024
	M-16	X7O-950	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2014	DIESEL	OK	4/09/2024
	M-17	Z4D-830	MINIBUS	GZ	GZ6750S	2010	DIESEL	OK	26/07/2024
RUT A 1	M-18	D5P-969	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2016	DIESEL	OK	27/12/2024
	M-19	V3D-951	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2014	DIESEL	OK	5/09/2024
	M-20	X2X-938	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA EURO 3	2013	DIESEL	OK	22/01/2024
	M-21	V8C-963	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2013	DIESEL	OK	20/11/2024
RUT A 14	M-22	V8A-954	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2013	DIESEL	OK	10/12/2024
	M-23	Z7B-050	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2022	DIESEL	OK	5/12/2024

(continúa)

Anexo 3 (continuación)

RUTA	N°	PLACA	TIPO	MARCA	MODELO	AÑO DE FABRICACIÓN	COMBUSTIBLE	TUBO DE ESCAPE	FECHA DE CIV (VIGENCIA)
RUTA 14	M-24	V7C-941	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2014	DIESEL	OK	1/08/2024
	M-25	D0K-727	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA EURO 3	2013	DIESEL	OK	8/12/2024
RUTA 10B	M-26	C8P-735	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2012	DIESEL	OK	7/01/2025
	M-27	C2Y-957	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA EURO 3	2013	DIESEL	OK	21/08/2024
	M-28	B6Y-741	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2011	DIESEL	OK	26/12/2024
	M-29	V9T-968	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2014	DIESEL	OK	4/01/2025
	M-30	C2Q-965	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2013	DIESEL	OK	25/12/2024
30A	M-31	Z6L-953	MICROBUS	BAW	BJ6520XB T3	2011	DIESEL	OK	8/08/2024
	M-32	Z6J-796	MICROBUS	WINGS	CUSTOM VAN	2016	DIESEL	OK	19/12/2024
	M-33	Z6L-739	MICROBUS	AICHI SAN	CAMELLO	2017	DIESEL	OK	11/01/2025
	M-34	Z2L-037	MICROBUS	JINBEI	H2L	2011	DIESEL	OK	11/12/2024
	M-35	Z6H-852	MICROBUS	JINCHEN G	GDQ6531 A1	2016	DIESEL	OK	13/12/2024
	M-36	Z8M-957	MICROBUS	JOYLONG	HKL6540 C	2012	DIESEL	OK	21/12/2024
	M-37	Z6S-704	MICROBUS	AICHI SAN	CAMELLO	2017	DIESEL	OK	1/08/2024
B	M-38	Z6P-873	MICROBUS	FIGHTER	SANTANA	2017	DIESEL	OK	5/09/2024
	M-39	Z2P-301	MICROBUS	PANTOJA	PANTERA	2012	DIESEL	OK	29/11/2024
	M-40	Z4O-739	MICROBUS	FOTON	VIEW	2012	DIESEL	OK	5/08/2024
	M-41	Z6O-918	MICROBUS	FIGHTER	SANTANA	2017	DIESEL	OK	11/09/2024
	M-42	Z6A-886	MICROBUS	KINGLON G	SANTANA	2015	DIESEL	OK	4/08/2024
	M-43	Z7C-921	MICROBUS	KINGLON G	CLASSIC KINGWIN ISUZU	2019	DIESEL	OK	19/09/2024
	M-44	Z6X-924	MICROBUS	AICHI SAN	CAMELLO	2018	DIESEL	OK	8/12/2024
	M-45	Z7A-830	MICROBUS	FIGHTER	SANTANA	2018	DIESEL	OK	8/12/2024
102	M-46	Z8H-950	MICROBUS	BAWM	BJ6520XB T3	2012	DIESEL	OK	12/12/2024
	M-47	Z6Z-873	MICROBUS	FIGHTER	SANTANA	2018	DIESEL	OK	28/01/2024
	M-48	Z6V-748	MICROBUS	PANTOJA	PANTERA	2018	DIESEL	OK	25/10/2024
	M-49	Z2O-330	MICROBUS	PANTOJA	PANTERA	2012	DIESEL	OK	5/08/2024
	M-50	Z6O-786	MICROBUS	FIGHTER	SANTANA	2017	DIESEL	OK	4/01/2025
	M-51	Z6X-825	MICROBUS	FIGHTER	SANTANA	2018	DIESEL	OK	27/12/2024
	M-52	Z5B-937	MICROBUS	JINCHEN G	GDQ6531 A1	2013	DIESEL	OK	5/12/2024
	M-53	V7B-908	MICROBUS	PANTOJA	PANTERA	2014	DIESEL	OK	9/08/2024
	M-54	Z4S-779	MICROBUS	BAWM	BJ6520XB T3	2012	DIESEL	OK	31/07/2024

(continúa)

Anexo 3 (continuación)

RUTA	N°	PLACA	TIPO	MARCA	MODELO	AÑO DE FABRICACIÓN	COMBUSTIBLE	TUBO DE ESCAPE	FECHA DE CIV (VIGENCIA)
3A	M-55	V0Z-958	MICROBUS	PANTOJA	PANTERA	2014	DIESEL	OK	9/08/2024
	M-56	V8B-755	MICROBUS	SHINELAND	XMQ6520E4	2015	DIESEL	OK	2/08/2024
	M-57	Z6N-917	MICROBUS	FIGHTER	SANTANA	2017	DIESEL	OK	21/01/2024
	M-58	Z9M-953	MICROBUS	JINBEL	HAISE	2012	DIESEL	OK	11/08/2024
RUTA 16	M-59	Z6L-871	MICROBUS	AICHISAN	CAMELLO	2016	DIESEL	OK	10/09/2024
	M-60	Z6V-828	MICROBUS	JINCHENG	GDQ6531A1	2018	DIESEL	OK	8/09/2024
	M-61	Z6L-937	MICROBUS	JINCHENG	GDQ6531A1	2017	DIESEL	OK	5/10/2024
RUTA 22	M-62	V0N-962	MINIBUS	CHANGAN	INCA POWER GRAND BUFALO	2014	DIESEL	OK	10/12/2024
	M-63	V9C-961	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2013	DIESEL	OK	22/11/2024
	M-64	F9E-234	MINIBUS	CHANGAN	INCA POWER GRAND BUFALO	2013	DIESEL	OK	30/09/2024
	M-65	D2E-750	MINIBUS	YOEJIN	NJ6750D2	2011	DIESEL	OK	3/12/2024
	M-66	B1Z-769	MINIBUS	RMC	JNQ6701	2010	DIESEL	OK	28/12/2024
	M-67	Z6R-905	MINIBUS	JOAQUIN	CJC7500	2017	DIESEL	OK	24/01/2024
	M-68	Z6K-720	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2015	DIESEL	OK	23/01/2024
	M-69	X3N-951	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2011	DIESEL	OK	23/07/2024
	M-70	V8G-968	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2013	DIESEL	OK	14/12/2024
	M-71	B8M-753	MINIBUS	HYGER	KLQ6608 URBANO	2011	DIESEL	OK	30/01/2025
	M-72	A4A-809	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2014	DIESEL	OK	14/08/2024
	M-73	Z6R-908	MINIBUS	JOAQUIN	CJC7500	2017	DIESEL	OK	1/09/2024
M-74	Z6I-836	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2015	DIESEL	OK	30/11/2024	
RUTA 33	M-75	X4J-967	MINIBUS	TOYOTA	HIACE	2012	DIESEL	OK	16/01/2025
	M-76	Z4O-754	MINIBUS	AICHISAN	CAMELLO	2013	DIESEL	OK	29/03/2024
	M-77	Z6Y-884	MINIBUS	FIGHTER	SANTANA	2018	DIESEL	OK	17/11/2024
	M-78	M4B-951	MICROBUS	JOYLONG	HKL6540C	2012	DIESEL	OK	11/01/2024
	M-79	V0Y-915	MICROBUS	FIGHTER	SANTANA	2020	DIESEL	OK	10/08/2024
	M-80	Z6D-714	MINIBUS	FIGHTER	GDQ6531A1	2015	DIESEL	OK	2/08/2024
	M-81	V7Z-947	MINIBUS	PANTOJA	PANTERA	2014	DIESEL	OK	8/08/2024
	M-82	V7S-802	MICROBUS	WINGS	CUSTOM VAN	2014	DIESEL	OK	10/01/2024
RUTA 4	M-83	A2C-793	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2010	DIESEL	OK	29/08/2024
	M-84	V4O-956	MINIBUS	HIGER	KLQ6608	2010	DIESEL	OK	2/07/2024

(continúa)

Anexo 3 (continuación)

RUTA	N°	PLACA	TIPO	MARCA	MODELO	AÑO DE FABRICACIÓN	COMBUSTIBLE	TUBO DE ESCAPE	FECHA DE CIVT (VIGENCIA)
RUTA A	M-85	Z6Q-832	MINIBUS	FIGHTER	SANTANA	2017	DIESEL	OK	27/08/2024
	M-86	Z6E-842	MINIBUS	KING LONG	SANTANA	2015	DIESEL	OK	17/01/2025
	M-87	Z6A-773	MICROBUS	AICHISAN	CAMELLO	2015	DIESEL	OK	12/12/2024
	M-88	Z6G-806	MINIBUS	AICHISAN	CAMELLO	2016	DIESEL	OK	1/01/2024
	M-89	Z6G-935	MINIBUS	AICHISAN	CAMELLO	2016	DIESEL	OK	26/01/2025
	M-90	Z3Y-284	MICROBUS	SHINELAND	XHQ6520E	2014	DIESEL	OK	3/01/2025
	M-91	Z6H-747	MICROBUS	FIGHTER	SANTANA	2016	DIESEL	OK	19/12/2024
	M-92	Z6G-873	MINIBUS	AICHISAN	CAMELLO	2016	DIESEL	OK	16/10/2024
	M-93	Z6G-934	MICROBUS	AICHISAN	CAMELLO	2016	DIESEL	OK	23/09/2024
	M-94	Z6W-913	MINIBUS	JOYLONG	HKL6600C	2018	DIESEL	OK	11/12/2024
	M-95	Z6P-863	MINIBUS	FIGHTER	SANTANA	2017	DIESEL	OK	5/08/2024
M-96	Z3Y-366	MINIBUS	JINCHENG	GDQ6531A1	2013	DIESEL	OK	17/08/2024	
RUTA 8	M-97	ZAU-957	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2014	DIESEL	OK	19/08/2024
	M-98	V7B-806	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2014	DIESEL	OK	10/12/2024
	M-99	VCT-952	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2017	DIESEL	OK	7/08/2024
	M-100	C5K-461	OMNIBUS URBANO	MITSUBISHI FUSO	MF100	2008	DIESEL	OK	22/12/2024
	M-101	B8A-957	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2011	DIESEL	OK	4/01/2025
	M-102	X3K-758	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2014	DIESEL	OK	28/12/2024
	M-103	X3F-834	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA EURO 3	2013	DIESEL	OK	1/01/2025
	M-104	Z6O-891	MINIBUS	DONG FENG	EQ673PD3G	2014	DIESEL	OK	16/09/2024
M-105	Z6X-765	MINIBUS	PANTOJA	YTK6660T3-JAC	2018	DIESEL	OK	24/12/2024	
RUTA 32	M-106	ZBV-963	MINIBUS	FIGHTER	SANTANA	2017	DIESEL	OK	12/09/2024
RUTA 7	M-107	Z6G-706	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2014	DIESEL	OK	9/01/2025
	M-108	X1P-740	MINIBUS	CHUNZHOU	JNQ6701	2011	DIESEL	OK	8/09/2024
	M-109	A6S-964	MINIBUS	JAC	HK6730K2	2010	DIESEL	OK	13/01/2025
	M-110	VEZ-959	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2018	DIESEL	OK	8/09/2024
	M-111	Z7L-233	MINIBUS	MITSUBISHI FUSO	ROSA	2023	DIESEL	OK	NUEVO

(continúa)

Anexo 3 (continuación)

RUTA	N°	PLACA	TIPO	MARCA	MODELO	AÑO DE FABRICACIÓN	COMBUSTIBLE	TUBO DE ESCAPE	FECHA DE CIVT (VIGENCIA)
	M-112	D3W-159	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2012	DIESEL	OK	7/09/2024
	M-113	Y1L-393	MINIBUS	ZONDA	YCK6602	2008	DIESEL	OK	30/11/2024
	M-114	X1K-778	MINIBUS	HIGER	KLQ6608 URBANO	2010	DIESEL	OK	20/01/2025
	M-115	X1Q-701	MINIBUS	HIGER	KLQ6608 URBANO	2010	DIESEL	OK	24/11/2024
	M-116	AHU-712	MINIBUS	CHUNZHOU	JNQ6701	2011	DIESEL	OK	2/11/2024
	M-117	V3N-741	MINIBUS	YOUYI	ZGT6608	2011	DIESEL	OK	8/08/2024
	M-118	V8U-700	MINIBUS	FIGHTER	HM6700LFD4	2016	DIESEL	OK	3/09/2024
	M-119	A9I-714	MINIBUS	JAC	HK6700K2	2009	DIESEL	OK	27/09/2024
	M-120	V5R-779	MINIBUS	CHANGAN	INCAPOWER CITIZEN	2013	DIESEL	OK	22/10/2024
	M-121	X7N-960	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2014	DIESEL	OK	16/08/2024
RUTA 2B	M-122	Z6R-923	MINIBUS	JOYLONG	HKL6700C	2016	DIESEL	OK	16/08/2024
	M-123	B1V-737	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2011	DIESEL	OK	13/01/2025
	M-124	D3D-219	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2012	DIESEL	OK	23/08/2024
	M-125	V3M-959	MINIBUS	JIANGNAN	WORLD AUTOS	2011	DIESEL	OK	23/08/2024
	M-126	C3X-951	MINIBUS	GOLDEN DRAGON	XML6700J33	2012	DIESEL	OK	16/12/2024
	M-127	B6R-449	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2007	DIESEL	OK	24/08/2024
	M-128	C3X-967	MINIBUS	GOLDEN DRAGON	XML6700J33	2013	DIESEL	OK	28/12/2024
	M-129	F2G-654	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2013	DIESEL	OK	22/09/2024
	M-130	C7I-968	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2014	DIESEL	OK	9/09/2024
	M-131	Z2E-377	MINIBUS	HYUNDAI	COUNTY	2011	DIESEL	OK	22/12/2024
	M-132	V8K-720	MINIBUS	PMS MOTORS	6700 URBAN-154	2016	DIESEL	OK	4/11/2024

Anexo 4. Recolección de datos de emisiones de los vehículos

RUTA	N°	%CO ₂	%O ₂	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂
RUTA 15	M-1	0	21,06	0	0	0	0
	M-2	0	20,45	4	2	6	0
	M-3	1,93	18,4	62	60,4	122,4	2
	M-4	1,39	19,13	38	32,5	70,5	7
	M-5	2,34	17,85	68	106,2	174,2	5
RUTA 90	M-6	1,13	19,48	23	36,6	59,6	6
	M-7	0,86	19,84	56	34	90	6
	M-8	0,98	19,68	62	42,2	104,2	1
	M-9	1,46	19,03	78	17	95	18
	M-10	1,96	20,03	78	108	65	14
RUTA 11	M-11	2,56	17,55	94	43,1	137,1	0
	M-12	1,51	18,97	111	26,7	137,7	2
	M-13	1,43	19,08	59	44,2	103,2	2
	M-14	2,7	17,36	45	44	89	2
	M-15	1,78	18,6	101	51	152	0
RUTA 1	M-16	1,77	18,62	96	53,1	149,1	13
	M-17	1,71	18,7	66	53,5	119,5	4
	M-18	1,17	19,42	186	30,1	216,1	3
	M-19	1,99	18,32	169	38	207	0
	M-20	1,72	18,69	226	52,9	278,9	3
RUTA 14	M-21	1,66	18,77	117	30,6	147,6	4
	M-22	2,27	17,94	116	52,3	168,3	0
	M-23	2,54	17,58	30	130,1	160,1	0
	M-24	2,56	17,55	80	81,2	161,2	4
	M-25	3,26	16,61	290	69	359	0
RUTA 10B	M-26	1,89	18,45	117	43,3	160,3	0
	M-27	1,27	19,29	100	43,2	143,2	3
	M-28	2,57	17,54	66	45,4	111,4	1
	M-29	1,75	18,65	230	41,1	271,1	2
	M-30	1,79	18,34	247	42,6	243	0

(continúa)

Anexo 4 (continuación)

RUTA	N°	%CO ₂	%O ₂	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂
30A	M-31	1,64	18,79	98	72,1	170,1	4
	M-32	1,73	18,67	58	69,5	127,5	6
	M-33	2,01	18,29	67	42,1	109,1	2
	M-34	1,76	18,63	35	35,4	70,4	2
	M-35	1,71	18,7	126	109	235	7
	M-36	1,97	18,35	26	52,4	78,4	9
	M-37	1,75	18,65	130	82,1	212,1	3
B	M-38	1,99	18,32	172	82,6	254,6	3
	M-39	1,48	19,01	151	88,5	239,5	1
	M-40	0,97	19,7	29	38,7	67,7	1
	M-41	2,04	18,25	45	29,3	74,3	4
	M-42	1,34	19,19	129	59,2	188,2	6
	M-43	1,55	18,92	77	47,7	124,7	3
	M-44	1,81	18,57	113	84,7	197,7	5
	M-45	2,79	17,24	332	93,5	425,5	0
102	M-46	1,55	18,92	118	52,4	170,4	2
	M-47	1,63	18,81	167	76	243	0
	M-48	1,72	18,69	169	73,2	242,2	0
	M-49	1,98	18,34	215	115,8	330,8	1
	M-50	1,6	18,85	41	46,9	87,9	6
	M-51	1,31	19,24	116	64,6	180,6	0
	M-52	1,49	18,99	145	108,6	253,6	0
	M-53	1,29	19,26	105	54,4	159,4	4
	M-54	1,73	18,67	190	100,8	290,8	2
3A	M-55	1,57	18,89	87	71,8	158,8	2
	M-56	2,16	18,09	103	67,9	170,9	8
	M-57	1,92	18,42	200	88,8	288,8	0
	M-58	1,57	18,88	63	54	117	0
RUTA 16	M-59	1,94	18,39	125	83,8	208,8	0
	M-60	2,08	18,2	153	92,6	245,6	1
	M-61	1,8	18,58	74	82,4	156,4	7

(continúa)

Anexo 4 (continuación)

RUTA	N°	%CO ₂	%O ₂	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂
	M-62	1,54	18,93	108	86,1	194,1	2
	M-63	1,34	19,2	123	31	154	0
	M-64	1,66	18,76	85	57	142	4
	M-65	1,59	18,86	61	37,9	98,9	7
	M-66	1,1	19,52	129	45,8	174,8	5
	M-67	0,94	19,73	88	42,9	130,9	7
RUTA 22	M-68	1,52	18,96	107	24,1	131,1	3
	M-69	1,72	18,68	100	55,6	155,6	3
	M-70	1,64	18,79	157	50,5	207,5	1
	M-71	1,69	18,72	137	38,8	175,8	4
	M-72	2,06	18,23	184	43	227	0
	M-73	1,75	18,64	105	69,5	174,5	0
	M-74	1,6	18,85	214	42,7	256,7	1
	M-75	0	20,84	6	3,5	9,5	2
	M-76	1,59	18,86	146	66,2	212,2	2
	M-77	1,58	18,87	143	65,9	208,9	0
RUTA 33	M-78	1,95	18,38	25	55,4	80,4	5
	M-79	2,09	18,19	111	100,6	211,6	2
	M-80	1,89	18,45	100	93,6	193,6	2
	M-81	1,44	19,06	66	62,3	128,3	4
	M-82	0	20,51	37	29,4	66,4	5
RUTA 4	M-83	1,29	19,27	50	64,5	114,5	5
	M-84	1,62	18,82	179	65,6	244,6	0
	M-85	0	20,24	21	17,7	38,7	0
	M-86	0	20,24	31	22,3	53,3	4
	M-87	1,03	19,61	100	55,3	155,3	7
	M-88	1,22	19,36	131	48,6	179,6	0
	M-89	2,3	17,91	117	102,6	219,6	3
RUTA A	M-90	0	20,57	5	5,7	10,7	4
	M-91	0,91	19,77	16	25,2	41,2	0
	M-92	1,43	19,07	90	71,5	161,5	3
	M-93	3,27	16,6	15	38,9	53,9	14
	M-94	1,75	18,64	272	82,3	354,3	0
	M-95	1,71	18,7	230	103,2	333,2	0
	M-96	1,26	19,3	162	35,1	197,1	7

(continúa)

Anexo 4 (continuación)

RUTA	N°	%CO ₂	%O ₂	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂
	M-97	1,94	18,39	99	64,2	163,2	4
	M-98	2,11	18,16	178	47,3	225,3	0
	M-99	2,14	18,12	86	90,9	176,9	3
	M-100	1,49	19	64	48,5	112,5	7
RUTA 8	M-101	1,68	18,74	119	25,1	144,1	5
	M-102	1,74	18,66	113	29,7	142,7	4
	M-103	1,89	18,46	97	71,5	168,5	3
	M-104	1,49	18,99	136	35,7	171,7	4
	M-105	0,86	19,84	33	18,8	51,8	0
RUTA 32	M-106	2,33	17,87	72	40,6	112,6	0
	M-107	1,63	18,81	100	66,8	166,8	0
	M-108	1,79	18,59	84	57	141	3
RUTA 7	M-109	1,54	18,93	174	48,6	222,6	0
	M-110	1,43	19,08	95	8,6	103,6	3
	M-111	1,75	18,65	130	82,1	212,1	3
	M-112	1,51	18,97	184	45,3	229,3	0
	M-113	1,38	19,14	89	38,7	127,7	2
	M-114	1,63	18,81	101	75,5	176,5	2
	M-115	1,42	19,09	75	64,5	139,5	4
	M-116	1,89	18,45	140	103	243	0
	M-117	1,2	19,39	66	48,7	114,7	5
RUTA 2B	M-118	2,17	18,08	192	40,2	232,2	0
	M-119	1,66	18,76	108	49,3	157,3	3
	M-120	2,38	17,8	380	106,8	486,8	0
	M-121	2,12	18,14	225	53,2	278,2	0
	M-122	1,26	19,3	63	45,9	108,9	1
	M-123	1,51	18,97	96	47,5	143,5	3
	M-124	0	20,47	41	9,1	50,1	3

M-125	1,06	19,57	76	49,1	125,1	7
M-126	0	20,93	5	2,8	7,8	3
M-127	1,61	18,83	130	60,5	190,5	4
M-128	1,29	19,26	109	56,3	165,3	3
M-129	1,62	18,82	219	42,6	261,6	3
M-130	1,29	19,26	97	23,5	120,5	1
M-131	0,79	19,94	31	39,7	70,7	15
M-132	1,12	19,49	78	25,7	103,7	6

Anexo 5. Parámetros convertidos a gramos por milla (g/mi)

RUTA	Número de Muestra de vehículos	CO (g/mi)	NO (g/mi)	NO ₂ (g/mi)	SO ₂ (g/mi)	NO _x (g/mi)
RUTA 15	M-1	0	0	0	0	0
	M-2	0	0,008	0,004	0	0,012
	M-3	23,77	0,12	0,117	0,004	0,237
	M-4	17,12	0,074	0,063	0,014	0,136
	M-5	28,82	0,132	0,206	0,01	0,337
RUTA 90	M-6	13,92	0,045	0,071	0,012	0,115
	M-7	10,59	0,108	0,066	0,012	0,174
	M-8	12,07	0,12	0,082	0,002	0,202
	M-9	17,98	0,151	0,033	0,035	0,184
	M-10	24,14	0,151	0,209	0,027	0,126
RUTA 11	M-11	31,53	0,182	0,083	0	0,265
	M-12	18,6	0,215	0,052	0,004	0,267
	M-13	17,61	0,114	0,086	0,004	0,2
	M-14	33,26	0,087	0,085	0,004	0,172
	M-15	21,92	0,195	0,099	0	0,294
RUTA 1	M-16	21,8	0,186	0,103	0,025	0,289
	M-17	21,06	0,128	0,104	0,008	0,231
	M-18	14,41	0,36	0,058	0,006	0,418
	M-19	24,51	0,327	0,074	0	0,401
	M-20	21,18	0,437	0,102	0,006	0,54
RUTA 14	M-21	20,45	0,226	0,059	0,008	0,286
	M-22	27,96	0,225	0,101	0	0,326
	M-23	31,28	0,058	0,252	0	0,31
	M-24	31,53	0,155	0,157	0,008	0,312
	M-25	40,15	0,561	0,134	0	0,695
RUTA 10B	M-26	23,28	0,226	0,084	0	0,31
	M-27	15,64	0,194	0,084	0,006	0,277
	M-28	31,65	0,128	0,088	0,002	0,216
	M-29	21,55	0,445	0,08	0,004	0,525
	M-30	22,05	0,478	0,082	0	0,47

(continua)

Anexo 5 (continuación)

RUTA	Número de Muestra de vehículos	CO (g/mi)	NO (g/mi)	NO ₂ (g/mi)	SO ₂ (g/mi)	NO _x (g/mi)
RUTA 30A	M-31	20,2	0,19	0,14	0,008	0,329
	M-32	21,31	0,112	0,135	0,012	0,247
	M-33	24,76	0,13	0,081	0,004	0,211
	M-34	21,68	0,068	0,069	0,004	0,136
	M-35	21,06	0,244	0,211	0,014	0,455
	M-36	24,26	0,05	0,101	0,017	0,152
	M-37	21,55	0,252	0,159	0,006	0,411
RUTA B	M-38	24,51	0,333	0,16	0,006	0,493
	M-39	18,23	0,292	0,171	0,002	0,464
	M-40	11,95	0,056	0,075	0,002	0,131
	M-41	25,13	0,087	0,057	0,008	0,144
	M-42	16,5	0,25	0,115	0,012	0,364
	M-43	19,09	0,149	0,092	0,006	0,241
	M-44	22,29	0,219	0,164	0,01	0,383
	M-45	34,36	0,643	0,181	0	0,824
RUTA 102	M-46	19,09	0,228	0,101	0,004	0,33
	M-47	20,08	0,323	0,147	0	0,47
	M-48	21,18	0,327	0,142	0	0,469
	M-49	24,39	0,416	0,224	0,002	0,64
	M-50	19,71	0,079	0,091	0,012	0,17
	M-51	16,13	0,225	0,125	0	0,35
	M-52	18,35	0,281	0,21	0	0,491
	M-53	15,89	0,203	0,105	0,008	0,309
	M-54	21,31	0,368	0,195	0,004	0,563
RUTA 3A	M-55	19,34	0,168	0,139	0,004	0,307
	M-56	26,6	0,199	0,131	0,015	0,331
	M-57	23,65	0,387	0,172	0	0,559
	M-58	19,34	0,122	0,105	0	0,226
RUTA 16	M-59	23,89	0,242	0,162	0	0,404
	M-60	25,62	0,296	0,179	0,002	0,475
	M-61	22,17	0,143	0,159	0,014	0,303

(continúa)

Anexo 5 (continuación)

RUTA	Número de Muestra de vehículos	CO (g/mi)	NO (g/mi)	NO ₂ (g/mi)	SO ₂ (g/mi)	NO _x (g/mi)
RUTA 22	M-62	18,97	0,209	0,167	0,004	0,376
	M-63	16,5	0,238	0,06	0	0,298
	M-64	20,45	0,165	0,11	0,008	0,275
	M-65	19,58	0,118	0,073	0,014	0,191
	M-66	13,55	0,25	0,089	0,01	0,338
	M-67	11,58	0,17	0,083	0,014	0,253
	M-68	18,72	0,207	0,047	0,006	0,254
	M-69	21,18	0,194	0,108	0,006	0,301
	M-70	20,2	0,304	0,098	0,002	0,402
	M-71	20,82	0,265	0,075	0,008	0,34
	M-72	25,37	0,356	0,083	0	0,439
	M-73	21,55	0,203	0,135	0	0,338
	M-74	19,71	0,414	0,083	0,002	0,497
	RUTA 33	M-75	0	0,012	0,007	0,004
M-76		19,58	0,283	0,128	0,004	0,411
M-77		19,46	0,277	0,128	0	0,404
M-78		24,02	0,048	0,107	0,01	0,156
M-79		25,74	0,215	0,195	0,004	0,41
M-80		23,28	0,194	0,181	0,004	0,375
M-81		17,74	0,128	0,121	0,008	0,248
M-82		0	0,072	0,057	0,01	0,129
RUTA 4	M-83	15,89	0,097	0,125	0,01	0,222
	M-84	19,95	0,346	0,127	0	0,473
RUTA A	M-85	0	0,041	0,034	0	0,075
	M-86	0	0,06	0,043	0,008	0,103
	M-87	12,69	0,194	0,107	0,014	0,301
	M-88	15,03	0,254	0,094	0	0,348
	M-89	28,33	0,226	0,199	0,006	0,425
	M-90	0	0,01	0,011	0,008	0,021
	M-91	11,21	0,031	0,049	0	0,08
	M-92	17,61	0,174	0,138	0,006	0,313
	M-93	40,28	0,029	0,075	0,027	0,104
	M-94	21,55	0,526	0,159	0	0,686
	M-95	21,06	0,445	0,2	0	0,645
	M-96	15,52	0,314	0,068	0,014	0,381

(continúa)

Anexo 5 (continuación)

RUTA	Número de Muestra de vehículos	CO (g/mi)	NO (g/mi)	NO ₂ (g/mi)	SO ₂ (g/mi)	NO _x (g/mi)
	M-97	23,89	0,192	0,124	0,008	0,316
	M-98	25,99	0,345	0,092	0	0,436
	M-99	26,36	0,166	0,176	0,006	0,342
	M-100	18,35	0,124	0,094	0,014	0,218
RUTA 8	M-101	20,69	0,23	0,049	0,01	0,279
	M-102	21,43	0,219	0,057	0,008	0,276
	M-103	23,28	0,188	0,138	0,006	0,326
	M-104	18,35	0,263	0,069	0,008	0,332
	M-105	10,59	0,064	0,036	0	0,1
RUTA 32	M-106	28,7	0,139	0,079	0	0,218
	M-107	20,08	0,194	0,129	0	0,323
	M-108	22,05	0,163	0,11	0,006	0,273
RUTA 7	M-109	18,97	0,337	0,094	0	0,431
	M-110	17,61	0,184	0,017	0,006	0,201
	M-111	21,55	0,252	0,159	0,006	0,411
	M-112	18,6	0,356	0,088	0	0,444
RUTA 2B	M-113	17	0,172	0,075	0,004	0,247
	M-114	20,08	0,195	0,146	0,004	0,342
	M-115	17,49	0,145	0,125	0,008	0,27

M-116	23,28	0,271	0,199	0	0,47
M-117	14,78	0,128	0,094	0,01	0,222
M-118	26,73	0,372	0,078	0	0,449
M-119	20,45	0,209	0,095	0,006	0,304
M-120	29,31	0,735	0,207	0	0,942
M-121	26,11	0,435	0,103	0	0,538
M-122	15,52	0,122	0,089	0,002	0,211
M-123	18,6	0,186	0,092	0,006	0,278
M-124	0	0,079	0,018	0,006	0,097
M-125	13,06	0,147	0,095	0,014	0,242
M-126	0	0,01	0,005	0,006	0,015
M-127	19,83	0,252	0,117	0,008	0,369
M-128	15,89	0,211	0,109	0,006	0,32
M-129	19,95	0,424	0,082	0,006	0,506
M-130	15,89	0,188	0,045	0,002	0,233
M-131	9,73	0,06	0,077	0,029	0,137
M-132	13,79	0,151	0,05	0,012	0,201

Anexo 6. Prueba de normalidad

Parámetros	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Emisión de monóxido de carbono – CO (g/mi)	0,121	132	0,000	0,920	132	0,000
Emisión de óxido nítrico – NO (g/mi)	0,110	132	0,001	0,938	132	0,000
Emisión de dióxido de nitrógeno - NO ₂ (g/mi)	0,096	132	0,004	0,977	132	0,027
Emisión de dióxido de azufre - SO ₂ (g/mi)	0,174	132	0,000	0,817	132	0,000
Emisión de Óxidos de Nitrógeno – NO _x (g/mi)	0,085	132	0,020	0,966	132	0,002

Anexo 7. Certificado de Calibración



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 027



Certificado de Calibración

G-24-0050

Cliente:	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA	Instruments Lab S.A.C. cuenta con un laboratorio de calibración que trabaja bajo el sistema de gestión NTP ISO/IEC 17025.
Dirección de Cliente:	Av. Bolognesi Nro. 1177 Tacna - Tacna - Tacna	Los patrones usados en las calibraciones son calibrados regularmente y son trazables a estándares nacionales e internacionales.
Instrumento:	Analizador de gases	Los documentos que se han generado como resultado del presente certificado de calibración, son estrictamente confidenciales y por ninguna causa serán exhibidos ni divulgados por el personal de Instruments Lab S.A.C., obligándose a guardar la confidencialidad de la información que se genere o desarrolle.
Fabricante:	Testo SE & Co. KGaA	El servicio de calibración es trazable al Sistema Internacional de Unidades de medida (SI).
Modelo:	testo 340	
N° de serie:	63458083	
Código Cliente:	No indica	
Alcance de medición:	Ver especificaciones del instrumento (*)	
Resolución:	Ver especificaciones del instrumento (*)	
Exactitud:	Ver especificaciones del instrumento (*)	
N° de Orden de trabajo:	OT-24-0200	
Fecha de Calibración:	2024-04-03	
Lugar de Calibración:	Instruments Lab S.A.C.	

(*) Las especificaciones del instrumento se encuentran detalladas en las hojas de resultados por cada parámetro.

Este certificado de calibración no puede ser reproducido total ni parcialmente, excepto con la autorización del Laboratorio. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Emisión Certificado

Autorizado por:

Realizado por:

2024-04-04

Daniel Pizarro

Arnold Pérez

INSTRUMENTS LAB S.A.C.
IL-FCG-001

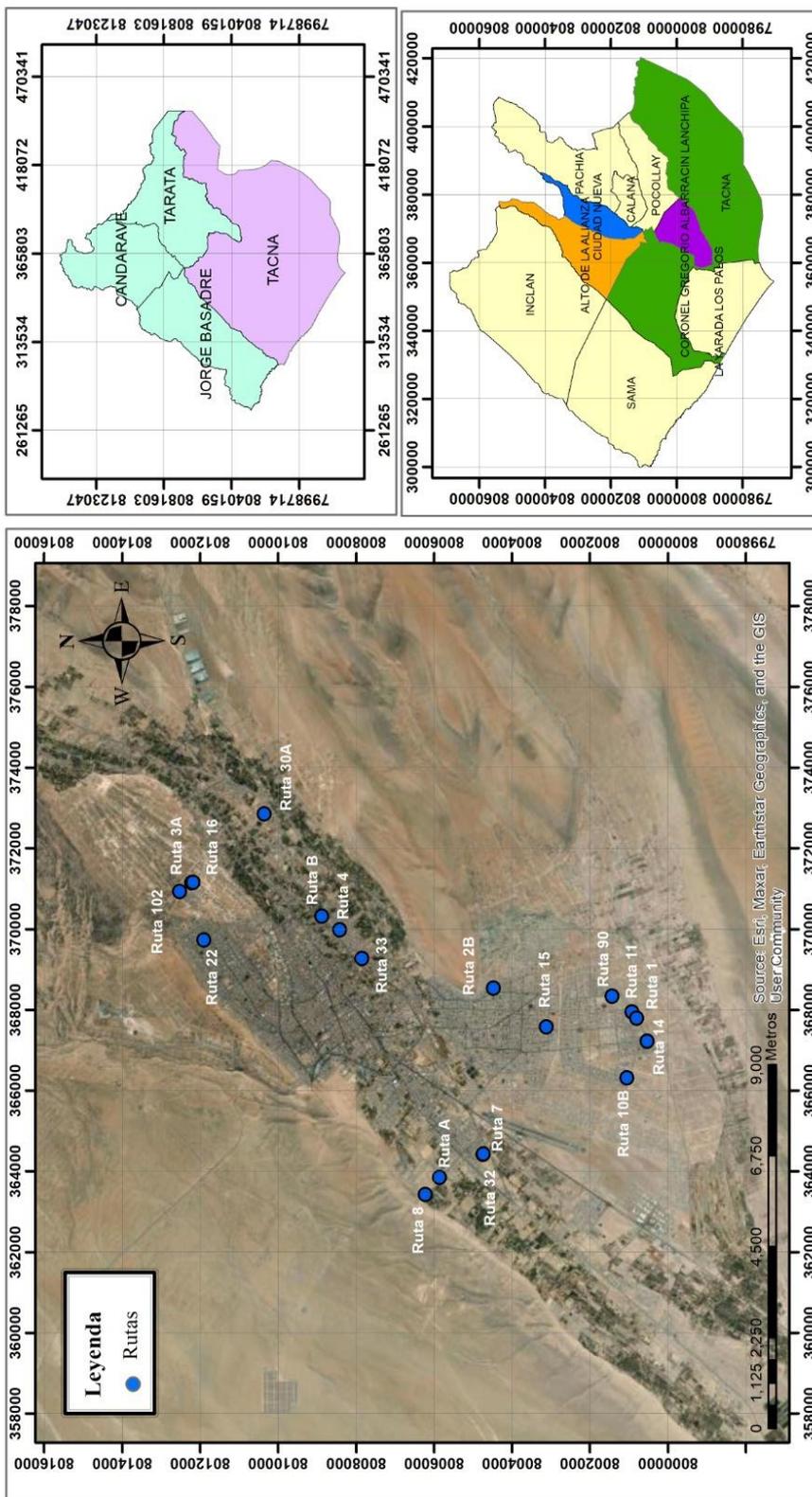
Pasejo Colonial N° 800
Urb. Los Pinos - Lima 01

+51 1 3803085
+51 1 3803086

www.instrumentslab.com.pe
info@instrumentslab.com.pe

Página
1 de 8

Anexo 8. Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo en los principales distritos de Tacna



	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL		LAMINA: <h1 style="font-size: 2em;">A - 01</h1>
	ELABORADO POR: BACH. SILVIA CARINA TICONA CENTENO BACH. GERMAN DENNIS ANDREAS DIAZ CAMACHO	FECHA: SEPTIEMBRE - 2024	UBICACIÓN: PROVINCIA DE TACNA
PLANO: MAPA DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS EMITIDOS POR LOS VEHICULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN LOS PRINCIPALES DISTRITOS DE TACNA			

Anexo 9. Panel fotográfico.

Fotografía N° 01. Medición de los vehículos de transporte público urbano con el equipo Analizador de Gases de Combustión.



Fotografía N° 02. Toma de datos vehiculares del Control de Inspección Técnica Vehicular.



Fotografía N° 03. Toma de datos vehiculares del Control de Inspección Técnica Vehicular



Anexo 10. Equipos.**Imagen N° 01.** Analizador de gases de combustión

Nota: Equipo usado para realizar las mediciones in situ, de los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna.