

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS:

**NIVELES CONTAMINACIÓN DEL AIRE OCASIONADO POR LOS VEHÍCULOS
QUE ACUDEN AL CENTRO DE INSPECCIÓN VEHICULAR HUERTALINO**

S.A.C. DE LA CIUDAD DE ILAVE, 2025

PRESENTADA POR:

EDGARD KENNY VALDEZ MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](http://www.upsc.edu.pe) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



6.19%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 1 JUL 2025, 10:31 AM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
0.44%

● CHANGED TEXT
5.74%

Report #27288323

EDGARD KENNY VALDEZ MAMANI // NIVELES CONTAMINACIÓN DEL AIRE OCASIONADO POR LOS VEHÍCULOS QUE ACUDEN AL CENTRO DE INSPECCIÓN VEHICULAR HUERTALINO S.A.C. DE LA CIUDAD DE ILAVE, 2025 PRESENTADA POR: EDGARD KENNY VALDEZ MAMANI RESUMEN La investigación surge a razón de que el centro de inspección técnica vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave presenta alta densidad vehicular, que emiten gases contaminantes, lo cual genera impactos negativos al entorno del centro, planteándose el objetivo general: determinar los niveles contaminación del aire ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, 2025. En el procedimiento se determinó la concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular; seguidamente se determinó la influencia de la antigüedad y tipo de vehículos en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC. En los resultados se encontró una concentración de 0.81 % en ralentí, y 0.77 % en crucero de CO cumpliendo en mayor medida con los LMP para vehículos automotores, mientras que la concentración de CO + CO₂, fue de 15.21 % en ralentí, y 14.42 % excediendo los LMP, y finalmente la concentración de HC presentó una concentración de 57.73 % en ralentí, y 54.07 % en crucero, donde la mayoría de vehículos cumplen con los LMP; asimismo se encontró una influencia significativa entre la antigüedad

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**NIVELES CONTAMINACIÓN DEL AIRE OCASIONADO POR LOS VEHÍCULOS
QUE ACUDEN AL CENTRO DE INSPECCIÓN VEHICULAR HUERTALINO
S.A.C. DE LA CIUDAD DE ILAVE, 2025**

PRESENTADA POR:

EDGARD KENNY VALDEZ MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dr. ESTEBAN SIDRO LEON APAZA


PRIMER MIEMBRO

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA


SEGUNDO MIEMBRO

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:


Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOZQUETA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Líneas de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 04 de julio del 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, con profundo agradecimiento por tu amor y guía. Gracias por iluminar mi camino y darme la fortaleza para superar cada desafío en este viaje académico. Tu sabiduría ha sido mi inspiración, y cada logro alcanzado es un reflejo de tu gracia. Dedico este trabajo a Ti, con la esperanza de que sea útil y significativo para los demás.

A mis queridos padres, quienes han sido mi mayor apoyo y motivación. Gracias por estar siempre a mi lado, por su amor incondicional y sus sacrificios, que me han permitido alcanzar este importante logro. Su fe en mí y sus enseñanzas han sido la luz que ha guiado mi camino en cada paso de mis estudios, con el profundo agradecimiento de un hijo que sabe que sin su apoyo, nada de esto habría sido posible.

A mis estimados docentes, quienes han sido faros de conocimiento y sabiduría en mi camino académico. Gracias por su dedicación, paciencia y compromiso, que han inspirado en mí una profunda pasión por aprender. Cada lección impartida y cada consejo recibido han sido fundamentales para alcanzar este logro, con el más sincero agradecimiento por su invaluable guía y por haber contribuido a mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos - Puno, por ofrecerme la oportunidad de desarrollarme tanto académica como profesionalmente, agradezco también las herramientas que me han proporcionado para lograr este importante objetivo.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por su compromiso inquebrantable. Proporcionándole no solo conocimientos técnicos, sino también valores éticos y una sólida base profesional.

A cada uno de mis docentes por su dedicación, paciencia y apoyo constante, que han sido clave para alcanzar mis metas. Estoy profundamente agradecido por la oportunidad de haber formado parte de esta prestigiosa institución, que sin duda ha dejado una huella imborrable en mi vida.

A mi asesora de tesis; Mg. Elvira Anani Durand Goyzueta, por su apoyo y orientación en todo este proceso. Su dedicación, paciencia y compromiso han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo, y su experticia ha enriquecido mi aprendizaje de manera significativa. Gracias por creer en mí y por guiarme con sabiduría en este importante camino.

A la empresa CITV Huertalino S.A.C. y a cada uno de los profesionales que allí laboran, por permitirme desarrollar esta tesis en un entorno colaborativo. Su apoyo constante y disposición han sido fundamentales en este proceso. Aprecio profundamente la confianza que depositaron en mí y la manera en que me acompañaron, lo que ha enriquecido mi experiencia y aprendizaje.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ANEXOS	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	15

CAPÍTULO I

LANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	19
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	19
1.2. ANTECEDENTES	19
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	19
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	21
1.2.3. A NIVEL REGIONAL	23
1.3. OBJETIVOS	25
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	25
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	26
2.1.1. CALIDAD DEL AIRE	26

2.1.2. CONTAMINACIÓN DEL AIRE	26
2.1.3. VEHÍCULOS CON MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	30
2.1.4. GASES GENERADOS POR VEHÍCULOS CON MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	31
2.1.5. CENTRO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR	34
2.1.6. MONITOREO AMBIENTAL DE GASES ATMOSFÉRICOS	35
2.2. MARCO CONCEPTUAL	36
2.3. MARCO NORMATIVO	37
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	38
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	38
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	38
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	39
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	39
3.2.1. POBLACIÓN	39
3.2.2. MUESTRA	39
3.3. METODOS Y TECNICAS	40
3.3.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	40
3.3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	40
3.3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	40
3.3.4. MÉTODO	40
3.3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	40
3.3.6. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS	41
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	44
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	45

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CO, CO + CO₂, HC OCASIONADO POR LOS VEHÍCULOS QUE ACUDEN AL CENTRO DE INSPECCIÓN VEHICULAR HUERTALINO S.A.C. DE LA CIUDAD DE ILAVE, 2025	46
4.1.1. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	46
4.1.2. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO MÁS DIÓXIDO DE CARBONO (CO + CO ₂)	49
4.1.3. CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBURO (HC)	50
4.2. DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LA ANTIGÜEDAD DE VEHÍCULOS QUE ACUDEN AL CENTRO DE INSPECCIÓN VEHICULAR HUERTALINO S.A.C. DE LA CIUDAD DE ILAVE EN LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE DE CO, CO + CO₂, HC.	53
4.2.1. ANTIGÜEDAD DE LOS VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	53
4.2.2. ANTIGÜEDAD DE LOS VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO MÁS DIÓXIDO DE CARBONO (CO + CO ₂)	60
4.2.3. ANTIGÜEDAD DE LOS VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS (HC)	67
4.3. DETERMINAR LA INFLUENCIA DEL TIPO DE VEHÍCULOS QUE ACUDEN AL CENTRO DE INSPECCIÓN VEHICULAR HUERTALINO S.A.C. DE LA CIUDAD DE ILAVE EN LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE DE CO, CO + CO₂, HC.	74
4.3.1. TIPO DE VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	74
4.3.2. TIPO DE VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO MÁS DIÓXIDO DE CARBONO (CO + CO ₂)	81

4.3.3. TIPO DE VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS (HC)	86
4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	93
4.4.1. PRUEBA DE NORMALIDAD	93
4.4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS	94
4.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	97
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFÍA	101
ANEXOS	105

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Vehículos de categoría M y N con motor encendido por chispa a gasolina, GLP O GNV como combustible u otros combustibles alternos	34
Tabla 02: Línea de inspección vehiculares	41
Tabla 03: Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores	42
Tabla 04: Operacionalización de variables	44
Tabla 05: Análisis descriptivo de CO en ralentí	46
Tabla 06: Análisis descriptivo de CO en crucero	48
Tabla 07: Análisis descriptivo de CO en crucero	49
Tabla 08: Análisis descriptivo de HC en ralentí	51
Tabla 09: Análisis descriptivo de HC en crucero	52
Tabla 10: Análisis comparativo de los valores de CO % por año de fabricación (hasta 1995) en relación a los LMP	54
Tabla 11: Análisis comparativo de los valores de CO % por año de fabricación (1996 a 2002) en relación a los LMP	56
Tabla 12: Análisis comparativo de los valores de CO % por año de fabricación (2003 en adelante) en relación a los LMP	58
Tabla 13: Análisis comparativo de los valores de CO +CO ₂ por año de fabricación (hasta 1995) en relación a los LMP	61
Tabla 14: Análisis comparativo de los valores de CO +CO ₂ por año de fabricación (1996 a 2002) en relación a los LMP	63
Tabla 15: Análisis comparativo de los valores de CO +CO ₂ por año de fabricación (2003 en adelante) en relación a los LMP	65
Tabla 16: Análisis comparativo de los valores de HC por año de fabricación (hasta 1995) en relación a los LMP	68

Tabla 17: Análisis comparativo de los valores de HC por año de fabricación (1996 a 2002) en relación a los LMP	70
Tabla 18: Análisis comparativo de los valores de HC por año de fabricación (2003 en adelante) en relación a los LMP	72
Tabla 19: Concentración de monóxido de carbono (CO) en ralentí y cruceo por categoría vehicular y año de fabricación (hasta 1995).	75
Tabla 20: Concentración de monóxido de carbono (CO) en ralentí y cruceo por categoría vehicular y año de fabricación (1996–2002).	77
Tabla 21: Concentración de monóxido de carbono (CO) en ralentí y cruceo por categoría vehicular y año de fabricación (1996–2002).	79
Tabla 22: Concentración de monóxido de carbono (CO) más dióxido de carbono (CO ₂) en ralentí y cruceo por categoría vehicular y año de fabricación (hasta 1995).	82
Tabla 23: Concentración de monóxido de carbono (CO) más dióxido de carbono (CO ₂) en ralentí y cruceo por categoría vehicular y año de fabricación (2003 en adelante).	84
Tabla 24: Concentración de hidrocarburos (HC) en ralentí y cruceo por categoría vehicular y año de fabricación (hasta 1995).	86
Tabla 25: Concentración de hidrocarburo (ppm) en ralentí y cruceo por categoría vehicular y año de fabricación (1996 a 2002).	89
Tabla 26: Concentración de hidrocarburo (ppm) en ralentí y cruceo por categoría vehicular y año de fabricación (2003 en adelante).	91
Tabla 27: Prueba de normalidad Shapiro – Wilk	94
Tabla 28: Correlación entre la antigüedad de vehículos vs. concentración de contaminantes presentes en el aire (CO, CO + CO ₂ , HC)	95
Tabla 29: Correlación entre el tipo de vehículos vs. concentración de contaminantes presentes en el aire (CO, CO + CO ₂ , HC)	96

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Dispersión de los contaminantes	28
Figura 02: Comparación de la concentración promedio de CO en ralentí frente al LMP	47
Figura 03: Comparación de la concentración promedio de CO en cruceo frente al LMP	49
Figura 04: Comparación de la concentración promedio de CO + CO ₂ en cruceo frente al LMP	50
Figura 05: Comparación de la concentración promedio de HC en ralentí frente al LMP	51
Figura 06: Comparación de la concentración promedio de HC en cruceo frente al LMP	53
Figura 07: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995	55
Figura 08: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (cruceo) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995	55
Figura 09: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002	57
Figura 10: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (cruceo) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002	58
Figura 11: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante	60
Figura 12: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (cruceo) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante	60
Figura 13: Comparación de emisiones de CO +CO ₂ (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995	61
Figura 14: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (cruceo) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995	62
Figura 15: Comparación de emisiones de CO +CO ₂ (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002	64

Figura 16: Comparación de emisiones de CO +CO ₂ (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002	64
Figura 17: Comparación de emisiones de CO +CO ₂ (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante	66
Figura 18: Comparación de emisiones de CO +CO ₂ (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante	67
Figura 19: Comparación de emisiones de HC (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995	68
Figura 20: Comparación de emisiones de HC (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995	69
Figura 21: Comparación de emisiones de HC (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002	71
Figura 22: Comparación de emisiones de HC (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002	71
Figura 23: Comparación de emisiones de HC (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante	73
Figura 24: Comparación de emisiones de HC (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante	74
Figura 25: Comparación de la concentración de CO en ralentí (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)	75
Figura 26: Comparación de la concentración de CO en cruce (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)	76
Figura 27: Comparación de la concentración de CO en ralentí (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (1996 a 2002)	78
Figura 28: Comparación de la concentración de CO en cruce (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (1996 a 2002)	78
Figura 29: Comparación de la concentración de CO en ralentí (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (2003 en adelante)	80

Figura 30: Comparación de la concentración de CO en crucero (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (2003 en adelante)	81
Figura 31: Comparación de la concentración de CO + CO ₂ en ralentí (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)	82
Figura 32: Comparación de la concentración de CO + CO ₂ en crucero (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)	83
Figura 33: Comparación de la concentración de CO + CO ₂ en crucero (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)	85
Figura 34: Comparación de la concentración de CO + CO ₂ en crucero (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (2003 en adelante)	86
Figura 35: Comparación de la concentración de HC en ralentí (ppm) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)	87
Figura 36: Comparación de la concentración de HC en crucero (ppm) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)	88
Figura 37: Comparación de la concentración de HC en ralentí (ppm) con el LMP en base al tipo de vehículo (1996 a 2002)	89
Figura 38: Comparación de la concentración de HC en crucero (ppm) con el LMP en base al tipo de vehículo (1996 a 2002)	90
Figura 39: Comparación de la concentración de HC en ralentí (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (2003 en adelante)	92
Figura 40: Comparación de la concentración de HC en crucero (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (2003 en adelante)	93
Figura 41: Centro de inspección técnica vehicular HUERTALINO SAC de la ciudad de Ilave	118
Figura 42: Opacímetro AVL DITEST DISMOKE 480	118
Figura 43: Analizador de gases AVL DITEST DISMOKE 480	119
Figura 44: Datos del monitoreo de la emisión de gases	119

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	106
Anexo 02: Certificado de calibración del Opacímetro AVL DITEST DISMOKE 480	107
Anexo 03: Certificado de calibración del Analizador de gases AVL DITEST DISMOKE 480	110
Anexo 04: Certificado de inspección técnica vehicular del centro de inspección técnica vehicular HUERTALINO SAC	113
Anexo 05: Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores	117
Anexo 06: Panel fotográfico	118

RESUMEN

La investigación surge a razón de que el centro de inspección técnica vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave presenta alta densidad vehicular, que emiten gases contaminantes, lo cual genera impactos negativos al entorno del centro, planteándose el objetivo general: determinar los niveles contaminación del aire ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, 2025. En el procedimiento se determinó la concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular; seguidamente se determinó la influencia de la antigüedad y tipo de vehículos en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC. En los resultados se encontró una concentración de 0.81 % en ralentí, y 0.77 % en crucero de CO cumpliendo en mayor medida con los LMP para vehículos automotores, mientras que la concentración de CO + CO₂, fue de 15.21 % en ralenti, y 14.42 % excediendo los LMP, y finalmente la concentración de HC presentó una concentración de 57.73 % en ralentí, y 54.07 % en crucero, donde la mayoría de vehículos cumplen con los LMP; asimismo se encontró una influencia significativa entre la antigüedad de vehículos en la concentración de contaminantes (CO, CO + CO₂, HC) por que a medida que los vehículos son menos antiguos las emisiones son menores, encontrando un valor p de 0,00 (<0,05), al igual que del tipo de vehículos por que a medida que el tipo de vehículos (M1, N1 y M2-C3), es más nuevo, existe un decrecimiento de las emisiones de CO, CO + CO₂, HC. Concluyendo que existe una contaminación del aire ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave.

Palabras clave: Contaminación del aire, Dióxido de carbono, Hidrocarburos, Monóxido de carbono, Vehículos.

ABSTRACT

The research arises because the technical vehicle inspection center HUERTALINO S.A.C. in the city of Ilave has a high vehicle density, which emit polluting gases in excess, which generates negative impacts to the environment of the center, setting the general objective: to determine the levels of air pollution caused by vehicles that come to the vehicle inspection center HUERTALINO S.A.C. in the city of Ilave, 2025. In the procedure, the concentration of CO, CO + CO₂, HC caused by the vehicles that go to the vehicle inspection center was determined; then the influence of the age and type of vehicles in the concentration of pollutants present in the air of CO, CO + CO₂, HC was determined. The results showed a concentration of 0.81% in idling and 0.77% in cruising of CO, complying to a greater extent with the LMP for motor vehicles, while the concentration of CO + CO₂ was 15.21% in idling and 14.42% exceeding the LMP. Finally, the concentration of HC showed a concentration of 57.73% at idling speed and 54.07% at cruising speed, where most vehicles comply with the LMPs. The p-value was 0.00 (<0.05), as well as the type of vehicles, because as the type of vehicles (M1, N1 and M2-C3) is newer, there is a decrease in emissions of CO, CO + CO₂, HC. In conclusion, there is air pollution caused by the vehicles that come to the vehicle inspection center HUERTALINO S.A.C. in the city of Ilave.

Key words: Air pollution, Carbon dioxide, Hydrocarbons, Carbon monoxide, Vehicles.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es la crisis más importante de nuestra era, se estima que para el 2030 la temperatura promedio global podría llegar a aumentar 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales (Justo, 2021). Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus en inglés), un aumento de 2 °C pone en riesgo la supervivencia de un sinnúmero de especies en el planeta, entre ellas la especie humana (Desamparados, 2022). De las distintas formas de emisiones que se dan en el planeta, las emisiones antropogénicas producidas por el transporte aportaron un 14 % de las emisiones globales de Gases Efecto Invernadero (GEI) (Vilema & Villa, 2024), donde los GEI más comunes son dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) (Garcia, 2018).

Las emisiones de los GEI procedentes de fuentes móviles se clasifican según el tipo de transporte: terrestre por carretera, ferrocarril, aéreo, marítimo y fluvial (Córdova, 2019). En la actualidad, los vehículos en carretera son la principal fuente de GEI del sector transporte, estos aportan cerca de un 25 % del total de las emisiones de CO_2 (Flores et al., 2024). Los vehículos que circulan por carretera pueden ser automóviles, motocicletas, vehículos de carga liviana, camiones de carga pesada, tractores, grúas y autobuses (Angles, 2024).

Además los vehículos en el Perú deben pasar por un proceso de revisión técnica vehicular (RTV) anual. Por lo anterior expuesto, debemos tener en cuenta el crecimiento del parque automotor en el país, por lo cual se ha estipulado los centros técnicos de revisión vehicular estos son los encargados de todo el análisis estático y de gases de cada uno de los vehículos que circulan dentro del territorio nacional (Davila, 2020), para esta revisión es necesario el uso de fosas las cuales al momento de que el vehículo se somete a la verificación permanece encendido, este emana gases hacia las fosas mediante la cual el inspector está propenso a la inhalación de los gases mencionados y se procede al estudio de la concentración de gases dentro de los lugares de revisión con un analizador de gases (Malpartida, 2024), posteriormente se procede con la instalación

del sistema de ventilación que tiene como finalidad la extracción de los gases más peligrosos para la vida de las personas que laboran dentro de este lugar.

Para implementar un desarrollo sustentable contra la contaminación por monóxido de carbono (CO) en la ciudad de Puno, es necesario involucrar la implementación de prácticas, políticas y tecnologías que minimicen los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana. Otra opción es concienciar a los conductores para que realicen un mantenimiento en sus coches y así reducir la contaminación provocada por los tubos de escape (Quispe, 2024).

Ante ello se propicia el desarrollo de la presente investigación con el objetivo de determinar los niveles de contaminación del aire ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, 2025.

Del mismo modo, el presente proyecto de investigación se divide en 4 capítulos, que se enumeran:

El capítulo I, establece el problema de estudio, antecedentes referidos a la investigación, y los objetivos logrados que contempla el estudio.

El capítulo II, manifiesta argumentos relacionados al tema de estudio, marco teórico, marco conceptual referidos al proyecto, y las hipótesis de investigación.

El capítulo III, en donde se contempla la metodología del estudio el cual especifica la población y muestra, el tipo y diseño de estudio, técnicas e instrumentos y el procedimiento metodológico.

El capítulo IV, el cual contempla los resultados logrados con su respectiva contrastación de hipótesis por objetivo, y su discusión. Finalmente, las conclusiones y recomendaciones más importantes.

CAPÍTULO I

LANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad mundial, uno de los mayores problemas medioambientales de los últimos siglos es la contaminación atmosférica, provocada en gran medida por la quema de combustibles fósiles, los gases industriales y la combustión de los automóviles, entre otras cosas (Picado et al., 2024), sin embargo este último se debe por el desplazamiento poblacional en una o entre varias zonas urbanas empleando fuentes móviles (automóviles) que en su mayoría siguen realizando procesos de combustión, los cuales favorecen la generación de contaminantes (Lamb et al., 2023), y entre los contaminantes más destacados se tiene al: dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos no quemados en la combustión (HC), compuestos por plomo, anhídrido sulfuroso y partículas sólidas (Vilema & Villa, 2024), dañinos tanto para el medio ambiente y salud de las personas, produciendo enfermedades respiratorias, cardiovasculares e incrementando el riesgo de muertes cardiopulmonares (Jiménez et al., 2024).

Así, como otros países en desarrollo, el Perú afronta problemas en relación con la emisión de contaminantes que han afectado la calidad del aire; entre estos se encuentra el material particulado (MP), el monóxido de carbono (CO) proveniente de los tubos de escape de los vehículos en movimiento (Berrosipi & Mamani, 2024), además según el reporte de IQAir, (2023), indica que el Perú está ubicado en el puesto número 3 del ranking de América Latina en concentración de material particulado ($\text{PM}_{2.5}$), uno de los

indicadores más usados para medir la concentración de contaminación del aire con un promedio de $18.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que está sobrepasando el límite según las directrices de la OMS para calidad del aire, que indican una máxima exposición de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Además la exposición a un aire contaminado está estrechamente relacionada con un incremento en el riesgo de desarrollar diversas patologías, tales como infecciones respiratorias, enfermedades cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares; la exposición a largo plazo de contaminantes atmosféricos, tales, ha sido vinculada con efectos adversos en la salud humana (Molina & Morales, 2024).

Del mismo modo, en la región de Puno se registran niveles elevados y preocupantes de contaminación atmosférica, causada por diversos factores. La calidad del aire, que incluye elementos esenciales para la vida, se ve perjudicada por la gran cantidad de emisiones gaseosas procedentes de diversas fuentes, pero sobre todo del parque automovilístico, responsable del 70 % de la contaminación atmosférica (Angles, 2024).

Así mismo, en el contexto de la ciudad de Ilaya, en los últimos años se ha incrementado la densidad poblacional, además por el dinamismo de las personas de las diversas instituciones gubernamentales, comerciales y viviendas en general, ha provocado un crecimiento del parque automotor (Flores et al., 2024), sin embargo un alto porcentaje se encuentran en un mal estado de conservación, constituyéndose en la principal fuente de contaminación atmosférica a nivel urbano (Quispe, 2024). Esta circunstancia tiene un impacto sustancial en la calidad del aire, que se ve afectada no sólo por el número de coches, sino también por la ausencia de normativas eficaces que restrinjan los combustibles más contaminantes, lo que agrava el problema y tiene importantes repercusiones. Además, no existen infraestructuras viarias adecuadas, lo que repercute negativamente en el medio ambiente y en la calidad del aire.

Esta combinación de elementos no sólo degrada el entorno urbano, sino que también aumenta los peligros para la salud pública, lo que indica que estas cuestiones y sus consecuencias requieren atención y estudio inmediatos.

De igual forma en el centro de inspección técnica vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, uno de los principales objetivos es garantizar que los vehículos en circulación cumplan con los estándares mínimos de emisiones contaminantes. Sin embargo, el centro de inspección técnica vehicular presenta una alta densidad vehicular, que emite gases contaminantes en exceso, lo cual genera impactos negativos tanto en el entorno del centro como en el proceso mismo de inspección.

Ante ello se plantea las siguientes interrogantes:

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el nivel de contaminación del aire ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ❖ ¿Cuál es la concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave?
- ❖ ¿Cuál es la influencia de la antigüedad de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC?
- ❖ ¿Cuál es la influencia del tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Vilema & Villa (2024), **analizaron los niveles de contaminantes en centros de inspección técnica vehicular de la Empresa Pública de Tránsito de Tungurahua (EPMTT) para diseñar e instalar un sistema de ventilación.** Se implementaron sistemas de ventilación para la extracción de gases contaminantes como monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) en las fosas del centro de revisión técnica vehicular en Pelileo, provincia de Tungurahua. Las concentraciones de gases fueron medidas con el equipo MSA Orión Plus durante la jornada laboral. Para seleccionar el

ventilador adecuado, se aplicaron los seis pasos del manual de ventilación de Soler y Palau (2012), determinando que el extractor centrífugo modelo Bs 700 era el más adecuado, con un caudal de 675 m³/h y una emisión sonora de 66 dB, apta para exposiciones de 8 horas diarias. Se utilizaron cálculos de caudal, presión y pérdidas en tuberías con apoyo del software SOLID WORKS. Además, se diseñó un sistema de control automático mediante sensores fotoeléctricos y un autómatas, permitiendo el funcionamiento independiente de los cuatro extractores y asegurando una descarga efectiva y segura de los gases al exterior.

Jiménez et al. (2024), **determinaron las emisiones vehiculares de dióxido de carbono al cruzar una zona fronteriza al noroeste de México antes y durante la incidencia del COVID-19.** Se estudió el comportamiento de las emisiones vehiculares de dióxido de carbono (CO₂) en dos puertos fronterizos de Mexicali, México, durante 2019 y 2020, en el contexto de la pandemia por COVID-19. Se propuso un Índice Relativo de Movilidad Vehicular (IRMV) para evaluar el efecto de las restricciones de acceso a EE. UU. sobre las emisiones, estimadas mediante el método del IPCC. Los resultados indican que las emisiones fueron mayores en 2019. El IRMV reveló una disminución del impacto de las restricciones entre mayo-agosto y octubre-diciembre de 2020, mientras que los picos de emisiones coincidieron con los periodos de mayor incidencia de casos COVID-19, en mayo-junio y noviembre-diciembre.

Maldonado & Siavichay (2024), **realizaron un inventario de emisiones provenientes de fuentes móviles terrestres en la ciudad de Azogues mediante el uso del Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE).** Se empleó el modelo IVE para cuantificar contaminantes emitidos por el parque vehicular, como CO₂, CO, COV, NO_x y PM₁₀. La metodología incluyó inspecciones visuales, dispositivos GPS con telemetría, y datos sobre la calidad del combustible y condiciones meteorológicas. Los resultados muestran que el CO₂ es el contaminante predominante, seguido del CO y los NO_x. Esta información es fundamental para diseñar políticas efectivas de control y reducción de emisiones en la ciudad.

Sánchez (2024), **determinaron la concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Chambo.** Se empleó el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) para calcular las emisiones de contaminantes como CO, COV, NO_x, CO₂ y CH₄, entre otros. Se seleccionaron rutas principales y secundarias con puntos de alto, mediano y bajo flujo vehicular para recopilar datos sobre patrones de conducción y condiciones climáticas. Con estos datos, se creó un inventario de emisiones y se realizó un análisis espacial y temporal de la distribución de contaminantes en el cantón. Los resultados mostraron que el CO₂ fue el contaminante principal (86,48 % del total, equivalente a 31,558.37 Ton/año), con la zona Norte del cantón siendo la más afectada. Los camiones fueron la principal fuente de emisiones, con 18,295.79 Ton/año, seguidos por las camionetas con 8,458.48 Ton/año.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Ticona & Díaz (2024), **estimaron las cantidades de contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano de los principales distritos de Tacna.** Se realizó un monitoreo de emisiones en vehículos de transporte público urbano en Tacna, utilizando un analizador de gases de combustión en 19 paraderos de diversas rutas. Los resultados mostraron las siguientes emisiones promedio: 19.5042 g/mi de CO₂, 0.2113 g/mi de NO, 0.1068 g/mi de NO₂, 0.006 g/mi de SO₂ y 0.3156 g/mi de NO_x. El gas evaluado en relación con los límites máximos permisibles fue NO_x, y se encontró que la emisión promedio de 0.3831 g/mi supera el límite permitido de 0.07 g/mi establecido por el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM. Este exceso en las emisiones llevó a proponer medidas de mitigación, como la implementación de normativas para el control de emisiones y la mejora del mantenimiento de los vehículos para reducir la contaminación en el transporte público de Tacna.

Malpartida (2024), **comparó los niveles de contaminación por partículas (PM10) y monóxido de carbono (CO) en los distritos comerciales de Yarinacocha y Callería.** La investigación fue descriptiva, no experimental y de enfoque cuantitativo, con una muestra no probabilística de 120 muestras tomadas en 8 intersecciones de avenidas

principales. Se utilizó el programa Excel 2019 y análisis de regresión lineal para relacionar el flujo vehicular con la calidad del aire en términos de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM₁₀). Los resultados indicaron que en el distrito de Callería, el promedio de INCA por CO fue de 39.2 µg/m³, con el mayor valor registrado en el Centro de Pucallpa (47.2 µg/m³). En Yarinacocha, el promedio fue de 36.4 µg/m³, con el valor más alto en Miraflores (42.7 µg/m³). Para PM₁₀, Callería tuvo un promedio de 78.4 µg/m³, con el valor más alto en el Centro de Pucallpa (106 µg/m³), mientras que en Yarinacocha el promedio fue de 49.0 µg/m³. En general, la calidad del aire fue “BUENA” en la mayoría de los puntos, excepto en el Centro de Pucallpa, donde fue “MALA”. El análisis de regresión y varianza mostró que el flujo vehicular influye directamente en la calidad del aire, con mayor flujo vehicular asociado a peor calidad del aire.

Molina & Morales (2024), **describieron como la contaminación ambiental por smog incide en el asma bronquial**. El estudio utilizó un enfoque básico, descriptivo, cualitativo y no experimental, con una muestra de 10 profesionales del derecho especializados en derecho ambiental y 100 ciudadanos del distrito de Arequipa. Se emplearon la observación documental y encuestas con preguntas estructuradas de tipo cerrado. Los resultados concluyeron que la contaminación ambiental en el aire ha incrementado el smog, lo que ha provocado un aumento de enfermedades respiratorias como el asma bronquial, violando el derecho constitucional a vivir en un ambiente sano y equilibrado en Arequipa.

Berrosipi & Mamani (2024), **evaluaron la relación entre el parque automotor y la contaminación del aire**. Durante cinco días seguidos, el estudio utilizó una técnica cuantitativa, correlacional y no experimental para medir contaminantes como PM_{2,5}, PM₁₀, SO₂, CO y NO₂ en tres puntos de control a lo largo de la avenida. Los resultados demostraron una fuerte relación entre la actividad de los vehículos y las partículas (PM_{2,5} y PM₁₀), superando los requisitos de calidad del aire y poniendo de relieve cómo el transporte contribuye a la contaminación. Los niveles de NO₂, en cambio, no superaron la normativa, mientras que el SO₂ y el CO mostraron una asociación algo negativa con el

parque de vehículos. Estos resultados implican que, si bien los gases contaminantes no son importantes, la materia particulada es un problema grave que hay que abordar para mejorar la calidad del aire y salvaguardar la salud humana.

Montalvo (2024), **determinó la incidencia de la contaminación atmosférica en la salud a razón de las emisiones del parque automotor en la ciudad de Cajamarca.** El estudio utilizó un diseño no experimental, aplicando cuestionarios a 383 habitantes de una población de 218,741 personas y una guía de análisis documental para obtener datos de entidades competentes sobre la contaminación atmosférica en Cajamarca. Los resultados confirmaron que el CO₂ y NO₂ son los contaminantes con alto impacto en la salud de los habitantes, especialmente debido a su relación con el cambio climático y su efecto como irritantes respiratorios. Se comprobó que la exposición prolongada a estos contaminantes alcanzó una sigma inferior a 0.050. Se concluyó que la salud de los habitantes presenta una tendencia media, con un valor representativo del 76.00 %.

1.2.3. A NIVEL REGIONAL

Flores et al. (2024), **determinó la incidencia del Parque Automotor en el Nivel de Contaminación por Dióxido de Carbono en la Ciudad de Puno.** Se cuantificaron las emisiones de combustión de vehículos utilizando un analizador de gases E-5500 en 16 puntos de monitoreo. El dióxido de carbono (CO₂) mostró niveles de 1.10 % a 18.70 %, con un promedio de 11.99%, mientras que el monóxido de carbono (CO) varió entre 100 ppm y 1088 ppm, con un promedio de 470.05 ppm. El promedio combinado de CO₂ y CO fue 12.03 %. Las emisiones de CO₂ en la ciudad de Puno se mantuvieron por debajo del límite máximo permisible (LMP), comparado con los estándares de países como Colombia y México. Se encontró que las concentraciones de CO₂ son significativamente diferentes de las concentraciones de O₂, con niveles de O₂ siendo más altos, lo que indica que el nivel de contaminación es tolerable para la salud humana. La información obtenida es útil para crear un mapa de monitoreo de emisiones, que podría ayudar en la regulación de las emisiones vehiculares y promover el uso de tecnologías menos contaminantes, apoyando la descarbonización.

Quispe D. (2024), **evaluó el espacio-temporal de gases contaminantes en la región Puno utilizando imágenes sentinel-5p en Google earth engine periodo 2018-2024.**

Se utilizaron herramientas analíticas como Google Earth Engine, RStudio y QGIS para analizar concentraciones de contaminantes en diversas provincias, aplicando mapas temáticos, series de tiempo y pruebas estadísticas como el test de Mann-Kendall y la correlación de Spearman. Los resultados mostraron concentraciones de SO₂ de hasta 511.339 µmol/m², especialmente en Puno, San Román, Lampa y Yunguyo de mayo a julio, con una correlación negativa significativa (-0.834) con las precipitaciones. El NO₂ alcanzó picos de hasta 59.57 µmol/m² en septiembre de 2022, con una correlación positiva (0.656) con las precipitaciones. El CO presentó valores de hasta 0.049 mol/m² en Sandia en septiembre y octubre de 2020, mientras que el CH₄ subió a 1881 ppb en San Román en 2024, un incremento del 4 % respecto a 2019. El HCHO mostró picos de 201.398 µmol/m² en octubre de 2023 en varias provincias. El análisis estadístico no detectó tendencias significativas en las concentraciones. Las provincias más afectadas por SO₂ y NO₂ fueron San Román, Puno y Yunguyo, mientras que Sandia y Carabaya enfrentaron problemas de HCHO y CO durante el período de septiembre a octubre.

Angles (2024), **estableció un modelo de estimación de contenidos de CO₂ en áreas urbanas específicas de Puno**, Este estudio cuantifica las emisiones del transporte público mediante un análisis de tráfico de tres meses utilizando la técnica indirecta del IPCC. Se recopilieron datos sobre los kilómetros recorridos por los vehículos y el uso de combustible. Los resultados demuestran la importante contribución del transporte público a la contaminación atmosférica de Puno, con unas emisiones anuales de CO₂ de 330,7 tCO₂e para el Alcance 1 y de 969.981,2 tCO₂e para el Alcance 3. El estudio subraya la urgencia de establecer normativas de movilidad sostenible para reducir las emisiones de CO₂, mejorar la calidad del aire y proteger la salud de los ciudadanos.

Quispe R. (2024), **analizó el nivel de contaminación de monóxido de carbono (CO) generado por los vehículos, Puno– 2023.** Con un diseño transversal, descriptivo, correlacional y no experimental, el estudio fue simple. Se compararon los datos de

monóxido de carbono (CO) de 357 automóviles que llegaron al Centro de Inspección Técnica Vehicular S & M E.I.R.L. Puno con los Límites Máximos Permisibles D.S. 0010-2017-MINAM. Los tipos de combustible difirieron significativamente, según los datos, los vehículos a gasolina generaron más CO que los vehículos a GLP. Además, se encontró una correlación negativa ($R = -0,804$) entre el año de fabricación de los coches y las emisiones de CO, lo que sugiere que las emisiones disminuyen a medida que aumenta el año de fabricación. En resumen, en la mayoría de los casos, los niveles de CO no superaron los límites máximos permitidos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los niveles de contaminación del aire ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, 2025

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar la concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, 2025
- ❖ Determinar la influencia de la antigüedad de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.
- ❖ Determinar la influencia del tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. CALIDAD DEL AIRE

Determinar, medir y evaluar los contaminantes generados por las operaciones del sector urbano e industrial que tienen un impacto en la salud humana y/o el medio ambiente es el objetivo de la calidad del aire. Además, muestra el grado de contaminación del aire y si es seguro respirarlo (Davila, 2020).

La calidad del aire está determinada por los contaminantes de origen químico, pero la Dirección General de Calidad Ambiental (DGCA) señala que «existen muchos factores que afectan la calidad del aire que respiramos» (MINAM, 2020), entre ellos la presencia de sustancias contaminantes como gases o partículas generadas natural o antropogénicamente (Justo, 2021).

Así, el monitoreo y la determinación de índices de calidad se utilizan tanto para la evaluación como para la vigilancia de la calidad del aire, con el objetivo de salvaguardar la salud pública y la calidad de vida (Malpartida, 2024).

2.1.2. CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Es fundamental destacar que un contaminante es cualquier sustancia química que no está presente naturalmente en el medio ambiente o cuya concentración es superior a la permitida y tiene el potencial de impactar negativamente en la salud humana y ambiental (INAGEP, 2020).

La presencia de gases y partículas en el aire causa contaminación química, la radiación electromagnética causa contaminación energética y las ondas generadoras de vibración

causan contaminación mecánica. Por lo tanto, la contaminación atmosférica es una alteración del equilibrio atmosférico provocada por la contaminación química, energética y mecánica (INAGEP, 2020).

Por tener en cuenta contaminantes físicos y químicos, incluyendo ruidos, vibraciones, radiaciones ionizantes y no ionizantes y contaminantes biológicos, la contaminación atmosférica tiene una perspectiva amplia (Justo, 2021).

Así mismo según Justo (2021), la mayoría de los contaminantes se distribuyen en la troposfera inferior, donde interactúan con otros compuestos transportados por el aire y entre sí antes de depositarse; algunos ascienden y son transportados a lugares distantes; y otros son capaces de atravesar la tropopausa y alcanzar la estratosfera; a continuación se describe el proceso de dispersión de la contaminación:

- ❖ **Emisión:** Es el proceso por el cual los contaminantes son liberados a la atmósfera desde una fuente estacionaria o móvil como humo, polvo, gases o cualquier mezcla de éstos.
- ❖ **Difusión:** Es el movimiento y dispersión de los contaminantes, el cual está influenciado por la topografía y geografía de la región, la dirección y velocidad del viento y la estabilidad atmosférica.
- ❖ **Transformación:** Las interacciones químicas y fotoquímicas combinan los contaminantes primarios para producir contaminantes secundarios.
- ❖ **Inmisión:** La concentración de contaminantes en un lugar determinado (como receptor) es lo que hace que la deposición de contaminantes vuelva a la superficie terrestre y se mezcle con el suelo y los mares. Además, la cantidad de contaminación inhalada se evalúa y a menudo se notifica como unidad de masa por volumen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

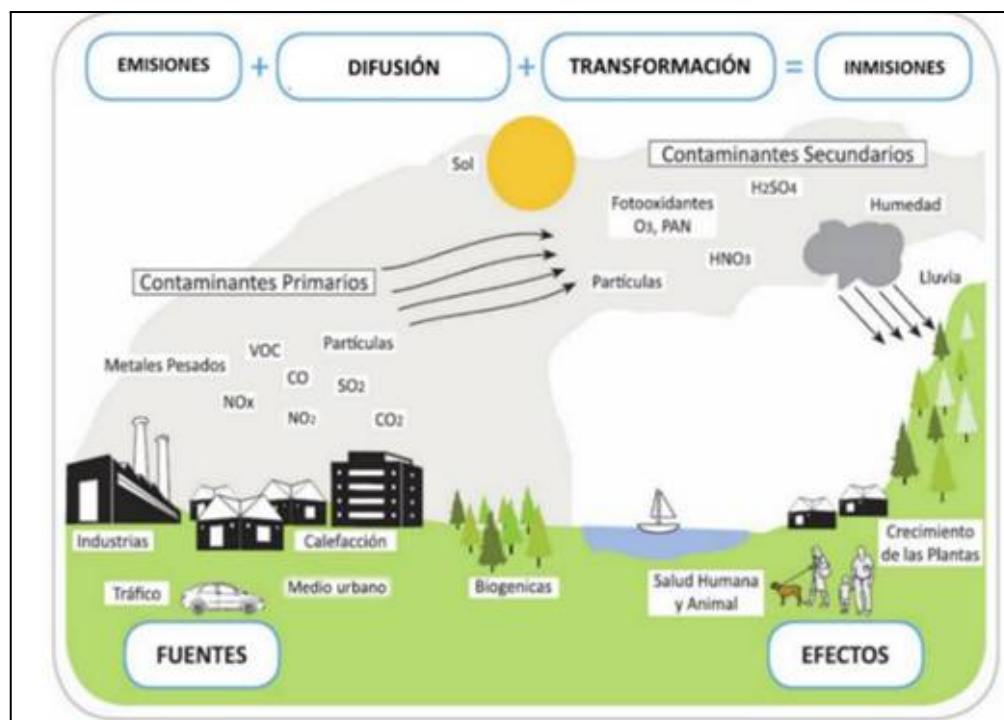


Figura 01: Dispersión de los contaminantes

Fuente: Obtenido de (Justo, 2021).

a) Fuentes de contaminación del aire

Según Guor & Song (2022), las dos causas principales de la contaminación atmosférica son:

- ❖ **Naturales:** Estos contaminantes son producidos por procesos naturales, como incendios, polen, gases sulfurosos, polvo, humos y salpicaduras de agua salada.
- ❖ **Antropogénicas:** Estos contaminantes proceden de actividades humanas, como la combustión, que puede producirse como consecuencia de operaciones mineras, químicas, nucleares o de generación de energía eléctrica, emisiones de automóviles o procesos industriales de calefacción y tostado, entre otros.

Los gobiernos locales y sus organismos deben aplicar medidas reguladoras para limitar las emisiones de contaminantes procedentes de la industria y del público en general (Islam, 2015).

b) Tipos de contaminación del aire

Numerosos elementos, como los fenómenos meteorológicos específicos, la temperatura,

las características geográficas y, por supuesto, las fuentes de emisión, influyen en los tipos de contaminantes que se encuentran en el aire y en su calidad (Balcázar, 2023), Existe un conjunto de sustancias en la atmósfera que dan lugar a la contaminación atmosférica; estas sustancias se enumeran a continuación:

- ❖ Material particulado.
- ❖ Compuestos que contienen azufre.
- ❖ Compuestos orgánicos.
- ❖ Compuestos que contienen nitrógeno.
- ❖ Monóxido de carbono.
- ❖ Compuestos halogenados.
- ❖ Compuestos radiactivos.

Contaminantes primarios y secundarios son los dos grupos en los que se encuadran los contaminantes mencionados anteriormente. El término «contaminantes primarios» se refiere a los contaminantes que se originan directamente de una fuente, como los óxidos de azufre, el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, las partículas y los hidrocarburos. Estos contaminantes se producen al quemar combustibles fósiles, quemar azufre, producir fertilizantes, utilizar disolventes químicos, etc. (Desamparados, 2022).

Por otro lado, los contaminantes secundarios -como el ozono, la lluvia ácida y los contaminantes fotoquímicos- se crean en la atmósfera como resultado de los cambios y reacciones químicas que sufren los contaminantes primarios (García, 2016).

c) Efectos a la salud de la contaminación del aire

Dada la velocidad potencial, la distancia y la extensión aérea a la que los contaminantes pueden ser transportados en el medio ambiente, el transporte aéreo es posiblemente el más notable de los métodos primarios de transporte de contaminantes cuando se analiza de acuerdo con los riesgos potenciales que representan para la salud humana y el medio ambiente (Juárez & Osorio, 2018). De acuerdo con investigaciones epidemiológicas realizadas por la Secretaría de Salud de México, la incidencia de afecciones respiratorias se eleva cuando ocurre una contingencia atmosférica (Palacios, 2020).

Cuando las concentraciones de contaminación atmosférica superan los niveles de tolerancia humana o cuando una exposición prolongada provoca una intoxicación, pueden observarse los siguientes efectos: cambios en las constantes vitales (temperatura, presión, respiración), color y olor anormales de la piel, efectos oculares (contracción o dilatación excesiva, conjuntivitis), efectos gastrointestinales (dolor, vómitos) y efectos en el sistema nervioso central (convulsiones, parálisis o alucinaciones) (Guor & Song, 2022).

2.1.3. VEHÍCULOS CON MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los motores de combustión interna (MCI), que se utilizan en el transporte peruano tanto de personas como de carga, pueden funcionar con gasolina o diésel. Los vehículos que funcionan con gasolina tienen una cilindrada menor que los que funcionan con diésel. El motor de combustión interna es el encargado de convertir la energía química que se encuentra en los combustibles fósiles en energía mecánica para que los motores puedan moverse. Como resultado de este proceso, el aire se deteriora y la capa de ozono se reduce debido a los residuos que liberan estos motores (Vilema & Villa, 2024).

Existen varios tipos de motores de combustión interna, clasificados según diferentes criterios (Vilema & Villa, 2024).

- **Motor a gasolina (Otto)-.** Usa gasolina como combustible, Ciclo de 4 tiempos u 2 tiempos, Utiliza bujías para la ignición y como fuente principal una chispa en el encendido.
- **Motor diésel-.** Usa gasóleo (diésel) como combustible; Ciclo de 4 o 2 tiempos; No usa bujías, sino que comprime el aire para provocar la ignición del combustible.
- **Motor a gas-.** Funciona con GNV (Gas Natural Vehicular) o GLP (Gas Licuado de Petróleo); Puede ser un motor adaptado desde uno a gasolina.
- **Motor de ciclo Otto-.** Funcionamiento en cuatro tiempos: Admisión, compresión, explosión y escape.
- **Motor de ciclo Diésel-.** Similar al ciclo Otto, pero la ignición es por compresión, no por chispa.

- **Motor de ciclo Atkinson o Miller-**. Variaciones del ciclo Otto, más eficientes en consumo, usados en híbridos.
- **Motor de 2 tiempos-**. Realiza el ciclo completo en 2 movimientos del pistón (1 vuelta del cigüeñal), más ligero, más potencia por peso, pero menos eficiente y más contaminante.
- **Motor de 4 tiempos-**. Ciclo completo en 4 movimientos del pistón (2 vueltas del cigüeñal); Más eficiente, duradero y menos contaminante.
- **Motor en línea-**. Cilindros alineados uno tras otro.
- **Motor en V-**. Cilindros dispuestos en forma de V (usado en autos de alto rendimiento).
- **Motor bóxer (horizontalmente opuestos)-**. Cilindros enfrentados horizontalmente. Estable y usado en vehículos Subaru y Porsche.
- **Motor en W, radial, en estrella, etc.-**. Tipos especiales, usados en aviación o aplicaciones específicas.
- **Motor rotativo (Wankel):** Usa un rotor en lugar de pistones. Compacto y liviano.
- **Motores híbridos (combinados):** MCI + motor eléctrico.

2.1.4. GASES GENERADOS POR VEHÍCULOS CON MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

El tema de las emisiones de gases contaminantes de los automóviles contemporáneos ha atraído mucha atención en todo el mundo en los últimos años. Para saber más sobre cómo se producen estos gases en los motores de combustión interna y cómo atenuar sus efectos, siempre se realizan nuevas investigaciones. Para reducir las emisiones contaminantes, los fabricantes de automóviles han dedicado departamentos enteros de sus plantas de producción a mejorar los procesos de combustión (Arroyo et al, 2020)

Los tipos de combustible, los ciclos de conducción, el tráfico, la eficiencia del motor, el terreno y las condiciones del aire en la zona donde funciona el motor de combustión interna son los aspectos más significativos que están directamente relacionados con las emisiones de los vehículos. El tipo de combustible que utiliza un coche y la altura sobre el

nivel del mar a la que circula se consideran los dos elementos más importantes entre los descritos anteriormente (Vilema & Villa, 2024).

a) Monóxido de Carbono (CO)-. Las emisiones de monóxido de carbono tienden a aumentar ligeramente con la altitud. Esto se debe a que el contenido de oxígeno de la mezcla de combustión estequiométrica se ve afectado. El motor funciona con una mezcla más rica como resultado de la pérdida de oxígeno provocada por la caída de la presión atmosférica, lo que da lugar a combustiones incompletas y a un aumento de las emisiones de CO. Es importante señalar que el 80 % de la generación de monóxido de carbono procede de la industria del automóvil, que es un subconjunto del sector industrial (Barrionuevo, 2022).

Este gas es especialmente mortífero cuando entra en contacto con el ser humano debido a sus características principales: no tiene olor, lo que significa que no es detectable por la nariz humana, y no causa irritación (Barrionuevo, 2022).

b) Dióxido de carbono (CO₂)-. Numerosos procesos naturales e inducidos por el hombre liberan dióxido de carbono a la atmósfera. Sin embargo, la principal causa de contaminación atmosférica en las ciudades son las fuentes móviles, concretamente el parque automovilístico, en rápida expansión. La combustión interna del motor produce CO₂, un gas de efecto invernadero que se vierte al medio ambiente como gas de escape y contribuye al cambio climático y al calentamiento global (Moncayo, 2023).

Las emisiones de dióxido de carbono se deben principalmente al uso de energía y a la producción de combustibles fósiles, y son responsables de una parte importante del calentamiento global. Según el Alternative Fuels Data Center (AFDC) de Estados Unidos, un galón de gasolina, que pesa alrededor de 6,3 libras, emite 20 libras de CO₂ cuando se quema, lo que es directamente proporcional al peso del oxígeno (Huaman, 2023).

c) Hidrocarburos- Proceden de partes del combustible que no se han quemado del todo y pueden ser peligrosos porque se mezclan con los óxidos de nitrógeno y la luz solar para producir ozono, un gas altamente oxidante que puede irritar la piel (Montero y Alcázar, 2018). Además, la evaporación de la gasolina en el depósito y en el sistema de

combustible libera algunos hidrocarburos. Cuando los vapores del combustible se evaporan y se vierten a la atmósfera, este proceso se conoce como emisiones evaporativas (Vilema & Villa, 2024).

Las fugas en el sistema de ventilación del cárter y en el sistema de combustible que permiten la descarga de vapor de gasolina y aceite a la atmósfera son otra fuente de emisiones de hidrocarburos. Las juntas defectuosas, el sellado incorrecto de mangueras o válvulas o los daños en el sistema pueden provocar estas fugas. Según un estudio sobre la calidad del aire realizado en 2003 por el Ministerio de Medio Ambiente, los automóviles que utilizan gasolina liberan el 40 % de los hidrocarburos en el aire del país, y la evaporación del combustible es responsable del 25 % de estas emisiones (Vilema & Villa, 2024).

d) Óxidos de nitrógeno (NOx)-. Un grupo de contaminantes conocidos como óxidos de nitrógeno incluye el óxido nítrico (NO), el dióxido nítrico (NO₂) y otros subproductos producidos durante la combustión. La mezcla de estas sustancias químicas se denomina NOx. La cantidad de NOx creada durante la combustión de cualquier combustible fósil depende de una serie de variables, como la temperatura y la cantidad de oxígeno y nitrógeno presentes en el combustible y el aire (García, 2018).

La temperatura afecta directamente a los gases NOx porque las altas temperaturas provocan la oxidación del nitrógeno del aire de combustión. La temperatura y la duración de la exposición a esa temperatura determinan la velocidad a la que se forma el NOx térmico. Se generan niveles significativos de NOx a temperaturas superiores a 1300°C, y su producción crece exponencialmente con la temperatura (García, 2018). Crucialmente, el NOx puede contribuir a crear smog y lluvia ácida, que dañan el ecosistema y la calidad del aire en ciudades y áreas cercanas a fuentes de emisión intensas, como zonas industriales o lugares con mucho tráfico (Vilema & Villa, 2024).

Tabla 01: Vehículos de categoría M y N con motor encendido por chispa a gasolina, GLP O GNV como combustible u otros combustibles alternos

Año de fabricación	CO % de volumen	HC	CO + CO ₂ % (mínimo)
Hasta 1995	3.0	400	10
1996 – 2002	2.5	300	10
2003 – 2012	0.5	100	12
2013 en adelante	0.35	70	12

Fuente: DS 0047 – 2001 - MTC

2.1.5. CENTRO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR

Un centro de inspección técnica de vehículos es una instalación autorizada por el gobierno para realizar pruebas e inspecciones de automóviles con el fin de garantizar que cumplen los requisitos legales de seguridad y emisiones. Los vehículos se someten a pruebas exhaustivas en estas instalaciones para examinar su estado mecánico, sistemas de frenado, dirección, suspensión, iluminación y emisiones de gases contaminantes (Vilema & Villa, 2024)..

Los automóviles que cumplen los requisitos son certificados, lo que les permite circular legalmente por todo el país (Checa, 2015). Para obtener información precisa sobre el estado mecánico y las emisiones contaminantes de los automóviles, las instalaciones de inspección técnica de vehículos deben contar con un sistema de inspección flexible y fiable que haga uso de las tecnologías de diagnóstico del automóvil (Angles, 2024).

Asimismo, el Decreto Supremo N° 025-2008-MTC utiliza instrucciones específicas de acuerdo a las normas para este método (Quispe, 2024)

a) El objeto principal de la RNITV

La verificación de la operación, mantenimiento y cumplimiento de las condiciones y normas técnicas señaladas en las normas nacionales tiene por objeto preservar la protección del medio ambiente, la seguridad y la salud.

b) Procedimiento inicial.- Después de confirmar que la información de registro (marca,

modelo, carrocería, motor y matrícula) corresponde con los datos del vehículo, el coche es reconocido. El propietario y el conductor del coche no están presentes durante el examen.

c) Inspección técnica- Al realizar las pruebas de emisiones contaminantes se siguen las normas vigentes en materia de emisiones contaminantes de gases o partículas, ruido, iluminación, frenos y pruebas de gálibo.

d) Inspección visual- Una inspección visual implica observar los componentes de la zona de pruebas que el operador considera importantes para confirmar su funcionalidad y emitir juicios sobre su estado. Aspectos a tener en cuenta en cada coche En el examen técnico sólo se evalúan los aspectos del vehículo que son relevantes para él; todos los demás aspectos se evalúan en función de la construcción del vehículo y de las mediciones de fábrica.

2.1.6. MONITOREO AMBIENTAL DE GASES ATMOSFÉRICOS

Uno de los instrumentos más cruciales para el control ambiental es el monitoreo. Se realiza para confirmar la existencia de contaminantes en el ambiente y determinar su concentración durante un periodo de tiempo específico (Córdova, 2019).

Con el objetivo de estandarizar los criterios técnicos del monitoreo ambiental del aire en el Perú para «generar información de calidad, comparable, compatible, confiable y representativa», el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire Ambiental, aprobado mediante D. S. N° 010-2019-MINAM, regula la forma de monitorear la calidad del aire. Asimismo, establece métodos de referencia y equivalentes.

En consecuencia, se utiliza para evaluar los efectos que la exposición a los contaminantes atmosféricos tiene sobre el ecosistema y la salud humana, así como para medir el cumplimiento de las Normas de Calidad Ambiental y los Índices de Calidad Ambiental del Aire (Justo, 2021).

Del mismo modo, una estación de monitoreo de punto crítico es un lugar donde pueden estar presentes cantidades significativas de gases nocivos como resultado de la exposición directa (Justo, 2021).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Calidad del aire- Encontrar, medir y evaluar los contaminantes creados por las operaciones del sector urbano e industrial que tienen un impacto en la salud humana y/o en el medio ambiente es el objetivo de la calidad del aire (Justo, 2021).

Contaminación del aire- Dado que el aire es esencial para la vida, su uso debe regirse por normativas que impidan que un uso indebido o insuficiente degrade su calidad y mantengan su pureza dentro de unos márgenes que no interfieran en el crecimiento natural de los seres vivos.

Emisiones de gases por el escape del motor- Además de numerosas moléculas, partículas y materiales liberados a la atmósfera por los gases de escape de los motores de combustión interna, los principales gases descargados son el dióxido de carbono (CO_2), el monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos (HC) (Díaz, 2002)

Combustión- Un proceso químico con una importante producción de calor se denomina combustión. Por otro lado, la combustión es un proceso de oxidación rápido que genera calor. Para que la combustión se produzca y se mantenga estable son necesarias altas temperaturas, y existen tres formas diferentes de combustión: completa, estequiométrica e incompleta (López, 2016).

Monóxido de Carbono (CO)- Es un gas inodoro e incoloro que se produce cuando los combustibles fósiles se queman de forma incompleta. Una exposición elevada al CO puede provocar intoxicación e incluso la muerte. El uso de datos satelitales para rastrear los niveles de CO en diferentes partes del mundo se trata en una investigación (Duncan et al., 2014).

Dióxido de carbono (CO_2)- Dos átomos de oxígeno y uno de carbono forman el gas incoloro, inodoro y ligeramente ácido conocido como dióxido de carbono (CO_2). Es un elemento natural de la atmósfera terrestre y es crucial para muchos procesos físicos y biológicos.

hidrocarburos (HC)-. Estos compuestos químicos están formados únicamente por átomos de carbono (C) e hidrógeno (H). Sirven de base para varios productos químicos y combustibles.

2.3. MARCO NORMATIVO

Ley N° 27181- Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre:

Los objetivos de la intervención del Estado en materia de tránsito y transporte son preservar el medio ambiente, la comunidad en general y las exigencias de los usuarios, garantizando al mismo tiempo su seguridad y su salud.

Ley N° 29237- Sistema Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares:

Con el fin de garantizar la seguridad del tránsito y el transporte seguro, manteniendo al mismo tiempo un medio ambiente sano, certifica que los vehículos funcionan y se mantienen correctamente y que cumplen las especificaciones técnicas y los requisitos establecidos en la normativa.

Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente

Crea la base jurídica para el crecimiento sostenible de la nación y la preservación del medio ambiente. En cuanto a la contaminación atmosférica, la legislación establece medidas para prevenir, controlar y sancionar la contaminación atmosférica, al tiempo que reconoce que toda persona tiene derecho a vivir en un medio ambiente sano.

Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM - Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisiones atmosféricas

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisiones atmosféricas para las diferentes operaciones industriales en el Perú son aprobados por el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Con el fin de salvaguardar el medio ambiente y la salud pública, buscan controlar la emisión de contaminantes atmosféricos.

Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM - Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisiones atmosféricas para vehículos automotores

Se encargan de regular y limitar la cantidad de contaminantes que los automóviles pueden emitir a la atmósfera. Para disminuir la contaminación atmosférica y sus efectos

perjudiciales sobre el medio ambiente y la salud humana, estas leyes fijan niveles máximos para determinados gases y partículas contaminantes.

Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire

Se encarga de establecer y actualizar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire en el Perú. Su objetivo principal es proteger la salud de la población y el medio ambiente, fijando límites máximos de contaminantes en el aire que deben cumplirse a nivel nacional.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El nivel de contaminación del aire ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilaya es elevada

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- ❖ La concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilaya superan los LMP de emisiones atmosféricas para vehículos automotores
- ❖ La antigüedad de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilaya, influyen significativamente en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.
- ❖ El tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilaya, influyen significativamente en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, de la provincia de El Collao, departamento de Puno situada en las coordenadas UTM; 432315.38 m E y 8221597.18 m S, a una altitud de 3859 m.s.n.m.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Una población es una colección de elementos que tienen características similares (Hernández & Mendoza, 2018); ante ello la población en estudio está representada por 300 vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, logrando tener 29 datos por cada contaminante (CO, CO + CO₂, HC), en el periodo de fabricación de vehículo entre 1988 - 2022.

3.2.2. MUESTRA

Una muestra es una porción de la población que se utiliza para representarla. (Hernández & Mendoza, 2018); en este caso se ha seguido un muestreo a juicio del investigador, ante ello la muestra en estudio está representada por 202 vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, logrando tener 29 datos por cada contaminante (CO, CO + CO₂, HC), en el periodo de fabricación 1988 al 2022.

3.3. METODOS Y TECNICAS

3.3.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación, es **DESCRIPTIVO** debido a que los estudios descriptivos pretenden describir los atributos y componentes de ideas, acontecimientos, variables o sucesos dentro de un contexto en específico (Hernández & Mendoza, 2018).

3.3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Así mismo es **APLICADA**, porque es un tipo de investigación orientada a resolver problemas específicos o prácticos, enfocados en la implementación de los conocimientos teóricos para resolver problemas concretos en diversos campos, como la industria, la medicina, la educación, la tecnología, entre otros (Hernández & Mendoza, 2018).

3.3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño es **NO EXPERIMENTAL** porque las variables no se modificarán a propósito en la investigación para determinar cómo afectan a otros factores (Hernández & Mendoza, 2018).

3.3.4. MÉTODO

Se empleó el método **DEDUCTIVO**.

Según [Hernández & Mendoza \(2018\)](#), es un enfoque de razonamiento lógico en el que se parte de principios o premisas generales para llegar a conclusiones específicas. Es un método tradicionalmente asociado con la lógica formal y las matemáticas, aunque también se aplica en diversas áreas del conocimiento científico

3.3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La **técnica de recolección de datos** de esta investigación son aquellos procedimientos que son empleados para regular y controlar todo el proceso de la investigación (Hernández & Mendoza, 2018), en este estudio, se empleó las siguientes técnicas:

- Observación
- Monitoreo de contaminantes de la combustión del motor mediante el opacímetro y analizador de gases.

Es fundamental tener en cuenta que cada enfoque de investigación tiene su propio

instrumento. Por ejemplo, el formulario de recogida de datos es un instrumento utilizado en la técnica de observación, mientras que el cuestionario es un instrumento utilizado en la técnica de encuesta (Hernández & Mendoza, 2018); por ello en este estudio se empleó los siguientes instrumentos para recopilar información:

- Certificado de Inspección.
- Datos de contaminantes de la combustión del motor mediante el opacímetro y analizador de gases debidamente calibrados (**anexo 2 y 3**)

3.3.6. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS

Metodología para el objetivo específico N° 01:

Determinar la concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, 2025

Para determinar la concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, se analizó los vehículos que acuden al área en estudio según la R.D.N° 0181-2025-MTC/17.03 , desde el año 1988 al año 2022 con un muestreo aleatorio simple al azar, es decir cualquier vehículo que acudió al centro de revisión técnica será seleccionado según la tabla 04.

Tabla 02: Línea de inspección vehiculares

Línea de inspección	Descripción
Tipo liviano	Con peso bruto vehicular máximo de hasta 3,500 kg.
Tipo pesado	Con peso bruto vehicular superior a los 3,500 kg.
Tipo mixta	Revisión alternada de vehículos livianos y pesados.
Tipo combinado	Destinada a la revisión alternada de vehículos menores y livianos.

Fuente: (SUTRAN, 2020)

Para realizar la medición de la concentración de CO, CO + CO₂, HC se empleó el Opacímetro de marca AVL DITEST DISMOKE 480 debidamente calibrado (**Anexo 2**),

desde el año 1988 al año 2022, en paralelo conectado con un analizador de gases marca AVL DITEST DISMOKE 480 debidamente calibrado (**Anexo 3**).

Primeramente se colocó el Opacímetro la cual cumple la función de medir la opacidad de los gases de escape en motores diésel.

Posteriormente fue medido por el analizador de gases que estuvo colocado directamente al tubo de escape para motores Otto.

Además se tomó en cuenta las recomendaciones descritas por Quispe (2024), en donde indica la toma de muestras de hollín del escape de motores, en dos momentos (ralentí y acelerado) de cada automóvil tomando en cuenta los gases CO, CO + CO₂, HC, posteriormente se pasaron los datos a un documento excel para su ordenamiento.

Seguidamente las concentraciones analizadas fueron comparadas con los Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisiones atmosféricas para vehículos automotores (D.S. 010-2017-MINAM, 2017, 010).

Tabla 03: Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores

Vehículos de categorías M y N con motor de encendido por chispa a gasolina, GLP o GNV como combustible u otros combustibles alternos					
Año de fabricación	Altitud [msnm]	CO [%]	HC [ppm]	CO + CO₂ [%]	
Hasta 1995	0 a 1800	3.0	400	10 [8 ⁽¹⁾]	
	> 1800	3.0	450	8	
1996 a 2002	0 a 1800	2.5	300	10 [8 ⁽¹⁾]	
	> 1800	2.5	350	8	
2003 adelante	en A cualquier altitud	0.5	100	12[8(1)]	

Fuente: (D.S. 010-2017-MINAM, 2017, 010)

Metodología para el objetivo específico N° 02:

Determinar la influencia de la antigüedad de vehículos que acuden al centro de

inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.

En paralelo a la determinación de la concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave, se realizó el registro de la **antigüedad** que posee en el periodo evaluado, para conocer la influencia que presenta en la concentración de los contaminantes atmosféricos

Seguidamente se anotó los datos, para analizarlos en una prueba de normalidad de tipo la Shapiro Wilk, el cual es aplicado para muestras temporales inferiores a 50 unidades y permite medir si las variables presentan una distribución normal o no normal; para seguidamente realizar el análisis de la correlación a través de la **prueba estadística** de correlación de Spearman en acuerdo a la normalidad de datos, y medir el nivel de significancia de la correlación. Para tal propósito y para aseguramiento de la precisión se utilizo el programa estadístico SPSS v26, logrando generar si existe una relación de la antigüedad de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC; siendo la prueba de decisión en este análisis, el valor p-value, el cual debe ser inferior a 0.05 y esto indicará la existencia de una influencia significativa.

Metodología para el objetivo específico N° 03:

Determinar la influencia del tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.

Igualmente al anterior objetivo se realizó el registro del **tipo de vehículos** que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave en el periodo evaluado, para conocer la influencia que presenta en la concentración de los contaminantes atmosféricos

Seguidamente se anotó los datos, para analizarlos en una prueba de normalidad de tipo la Shapiro Wilk, el cual es aplicado para muestras temporales inferiores a 50 unidades y

permite medir si las variables presentan una distribución normal o no normal; para seguidamente realizar el análisis de la correlación a través de la **prueba estadística** de correlación de Spearman en acuerdo a la normalidad de datos, y medir el nivel de significancia de la correlación. Para tal propósito y para aseguramiento de la precisión se utilizo el programa estadístico SPSS v26, logrando generar si existe una relación del tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilaye en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC; siendo la prueba de decisión en este análisis, el valor p-value, el cual debe ser inferior a 0.05 y esto indicará la existencia de una influencia significativa.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente		Vehículos Nuevos (0 a 3 años)	años
Antigüedad y tipo de vehículos	Antigüedad de vehículos	Vehículos Seminuevos (4 a 9 años)	años
		Vehículos Usados (10 a 19 años)	años
		Vehículos Antiguos o Clásicos (+20 años)	años
	Tipos de vehículos	M1	---
		M2	---
		M3	---
		N1	---

		N2	---
		N3	
Dependiente	Contaminantes del aire a evaluar	Monóxido de	%
		Carbono (CO)	
		Hidrocarburos (HC)	ppm
		Monóxido de	%
Niveles de contaminación del aire		Carbono + Dióxido de carbono (CO + CO2)	

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilks, que se aplica para muestras temporales menores a 50 unidades y permitió medir si las variables tienen una distribución normal o no normal.

Luego se determinó la relación empleando la correlación de Spearman; el valor p, que es la prueba de decisión en este análisis, debe ser menor a 0,05 para sugerir la presencia de una correlación significativa.

P-valor $\leq \alpha$, Se rechaza la H_0 y Se acepta la H_1

P-valor $> \alpha$, Se acepta la H_0 y Se rechaza la H_1

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CO, CO + CO₂, HC OCASIONADO POR LOS VEHÍCULOS QUE ACUDEN AL CENTRO DE INSPECCIÓN VEHICULAR HUERTALINO S.A.C. DE LA CIUDAD DE ILAVE, 2025

4.1.1. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

En la tabla 5, se observa que el promedio o media (0.81 %) de monóxido de carbono supera el Límite Máximo Permitido (LMP) de 0.5%, indicando que los vehículos, que acudieron al centro de inspección vehicular, emiten más CO del permitido; Sin embargo, la mediana (0.41 %) está por debajo del LMP, por lo que se infiere que más de la mitad de los vehículos cumplen con la normativa vigente, pero unos pocos registran emisiones muy altas; también, se detalla que el 22.90 % de los vehículos excede el valor permitido por la normativa, lo que representa un nivel de incumplimiento significativo.

Tabla 05: Análisis descriptivo de CO en ralentí

% CO RALENTI	
Estadístico	Valor
Media	0.81
Mediana	0.41
Mínimo	0.05
Máximo	2.98
Desviación estándar	0.91
% que excede LMP	22.90

En la figura 2 se observa que la concentración promedio de CO en ralentí supera el límite permitido, lo que indica que, en general, los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilaye, presentan un nivel de emisiones elevado cuando el motor está en funcionamiento sin carga (ralentí). Esto puede deberse a diversos factores, ya sea por malas condiciones de mantenimiento del sistema de escape, antigüedad de los vehículos, que suelen carecer de tecnologías modernas de control de emisiones, generando así mayores niveles de monóxido de carbono si no se regula correctamente.

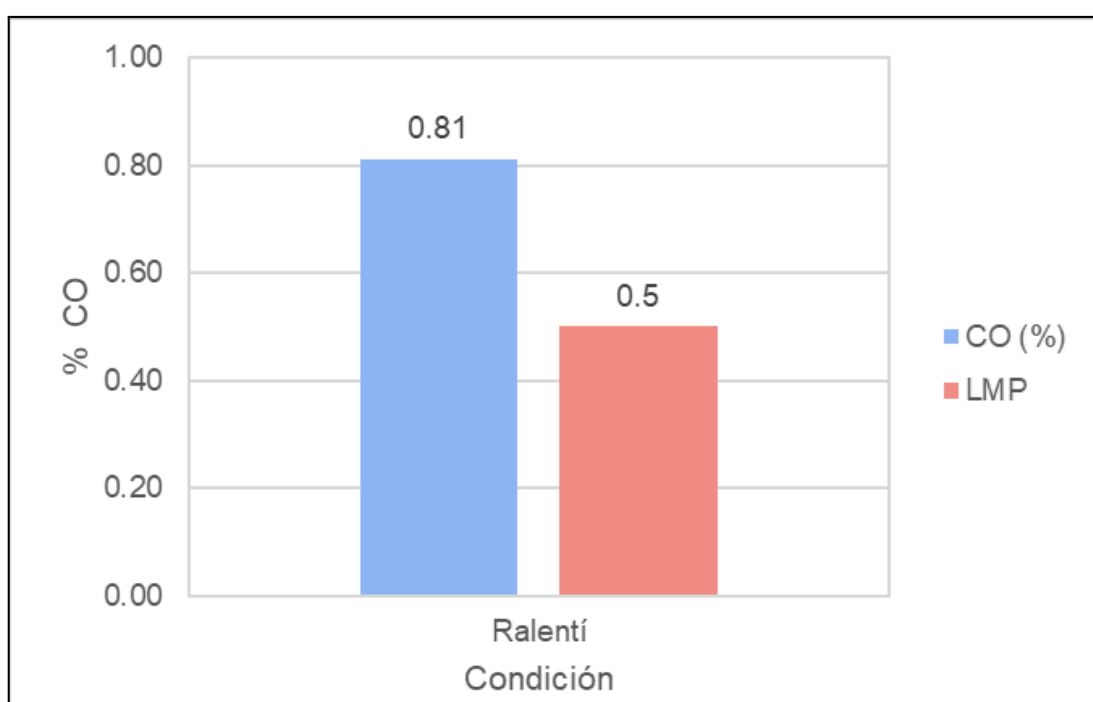


Figura 02: Comparación de la concentración promedio de CO en ralentí frente al LMP

En la tabla 6, se exhibe el valor promedio (0.77 %) de monóxido de carbono emitido por los vehículos, que acudieron al centro de inspección vehicular, el cual se encuentra dentro del Límite Máximo Permitido (LMP) de 2.5 %, indicando que el valor de la mediana (0.36 %) del nivel de concentración de CO emitidos por los vehículos se encuentran por debajo del LMP. También, se detalla que el 9.92 % de los vehículos excede el valor permitido por la normativa.

Tabla 06: Análisis descriptivo de CO en crucero

% CO CRUCERO	
Estadístico	Valor
Media	0.77
Mediana	0.36
Mínimo	0.04
Máximo	2.92
Desviación estándar	0.91
% que excede LMP	9.92

En la figura 3 se observa que la concentración promedio de CO en crucero se encuentra dentro del valor límite permitido, indicando que los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilaye, la mayoría de dichos vehículos cumplen con la normativa. Esto puede deberse a cuando el vehículo se encuentra en movimiento constante, el motor trabaja con mayor eficiencia y quema mejor el combustible, generando menos emisiones de monóxido de carbono.

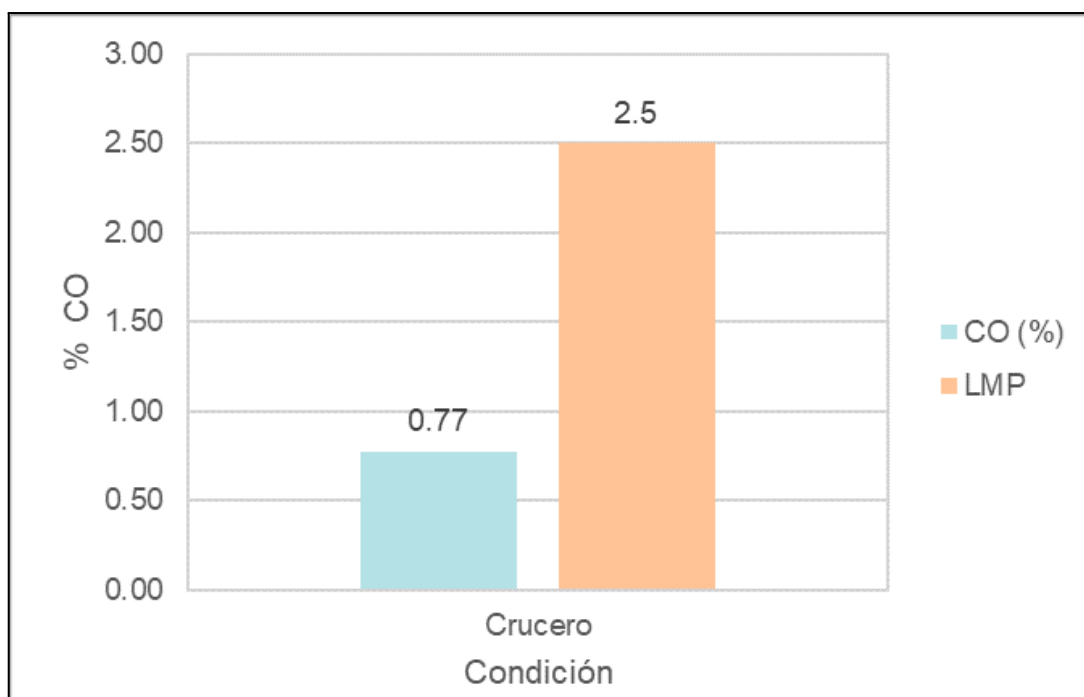


Figura 03: Comparación de la concentración promedio de CO en crucero frente al LMP

4.1.2. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO MÁS DIÓXIDO DE CARBONO (CO + CO₂)

En la tabla 7, se exhibe el valor promedio (14.42 %) de CO + CO₂ en crucero emitido por los vehículos, que acudieron al centro de inspección vehicular, el cual supera el valor Límite Máximo Permitido (LMP) de 12 %; además el valor mínimo registrado fue de 12.30 %, y el máximo, 16.80 %, donde se indica que el 100 % de los vehículos evaluados que acudieron a la inspección vehicular excede el rango permitido de la normativa vigente.

Tabla 07: Análisis descriptivo de CO en crucero

% CO + CO ₂ CRUCERO	
Estadístico	Valor
Media	14.42
Mediana	14.30
Mínimo	12.30
Máximo	16.8
Desviación estándar	0.75

En la figura 4 se observa que la concentración promedio de CO + CO₂ en crucero supera el límite permitido con un valor de 14.42 %, lo que indica que, en general, los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilaye, presentan un nivel de emisiones elevado cuando el motor está en funcionamiento sin carga (ralentí).

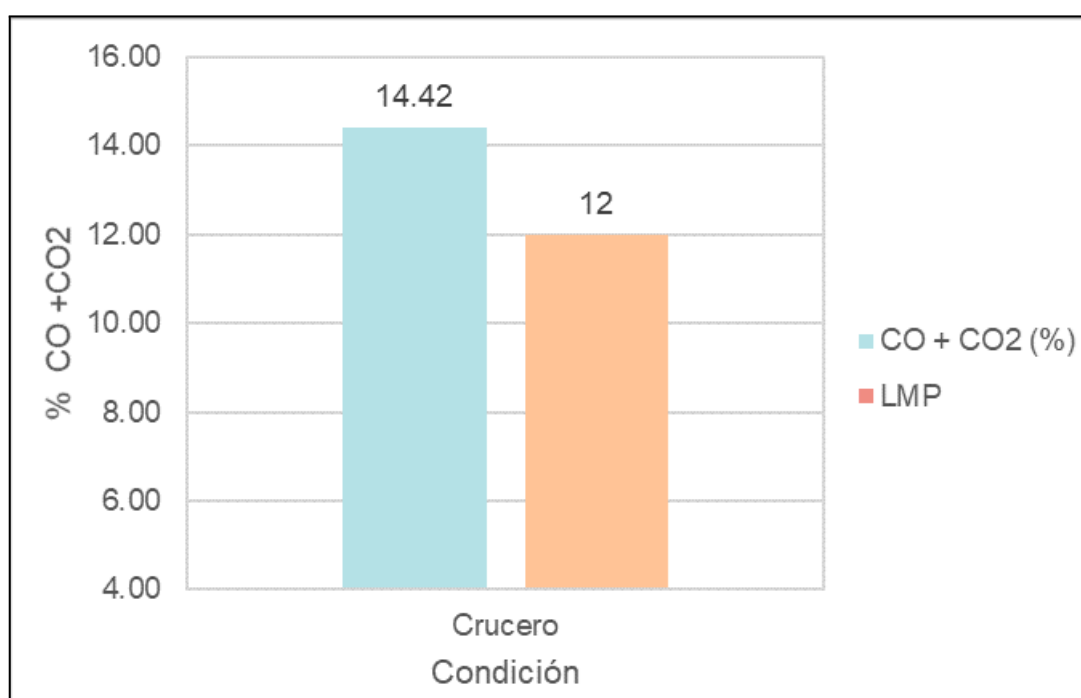


Figura 04: Comparación de la concentración promedio de CO + CO₂ en crucero frente al LMP

4.1.3. CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBURO (HC)

En la tabla 8, se observa que el valor promedio de hidrocarburo emitido por los vehículos fue de 57.73 ppm, el cual se encuentra dentro del Límite Máximo Permitido (LMP) de 100 %. Sin embargo, se observa que el 15.38 % de los vehículos que acudieron al centro de inspección vehicular superan el valor del límite permisible, esto puede deberse a que los vehículos presentan un mantenimiento deficiente o problemas mecánicos específicos que afectan directamente las emisiones.

Tabla 08: Análisis descriptivo de HC en ralentí

ppm HC RALENTI	
Estadístico	Valor
Media	57.73
Mediana	43
Mínimo	9
Máximo	175
Desviación estándar	39.10
% que excede LMP	15.38

En la figura 5 se observa que la concentración promedio de HC en ralentí, manifestando que se encuentra dentro del valor límite permitido con 57.73 ppm, esto indica que los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, la mayoría cumplen con el LMP establecido.

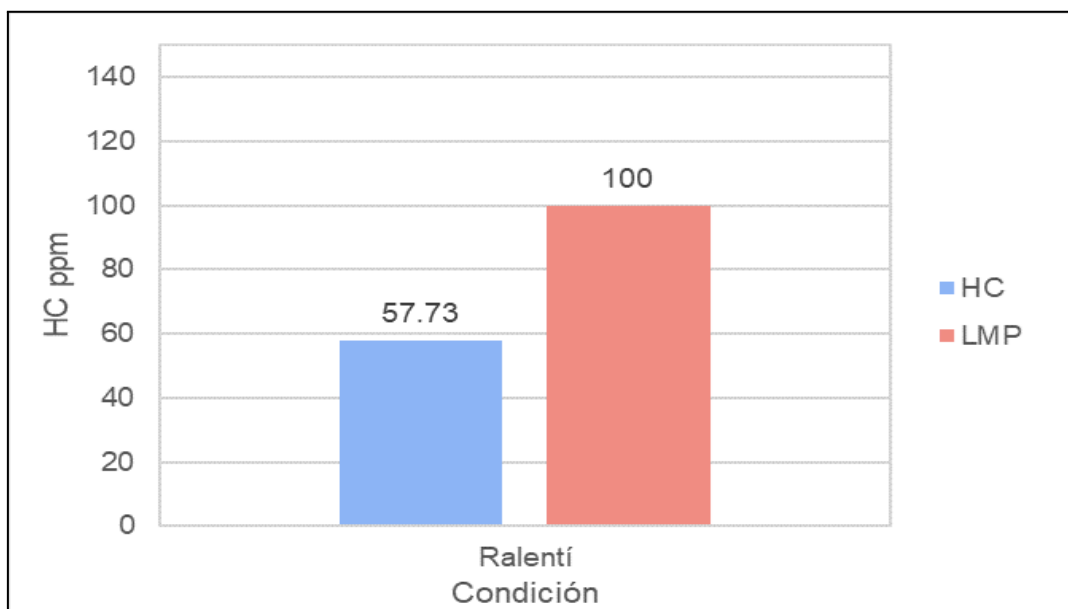


Figura 05: Comparación de la concentración promedio de HC en ralentí frente al LMP

En la tabla 9 se da a conocer el valor promedio de emisiones de HC en cruce de 54.07 ppm, donde la mediana es de 41 ppm, lo que indica que al menos la mitad de los vehículos presentan valores moderados, no obstante, ninguno de los vehículos evaluados

supera el Límite Máximo Permitido (LMP) en esta condición, infiriendo que los motores, al operar a velocidades constantes y bajo carga, alcanzan una combustión más eficiente, lo que reduce significativamente la emisión de hidrocarburos no quemados.

Tabla 09: Análisis descriptivo de HC en crucero

ppm HC CRUCERO	
Estadístico	Valor
Media	54.07
Mediana	41
Mínimo	8
Máximo	167
Desviación estándar	38
% que excede LMP	0

En la figura 6 se observa que la concentración promedio de HC en ralentí, manifestando que se encuentra dentro del valor límite permitido con 54.07 ppm, esto indica que los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilaya cumplen con el LMP establecido.

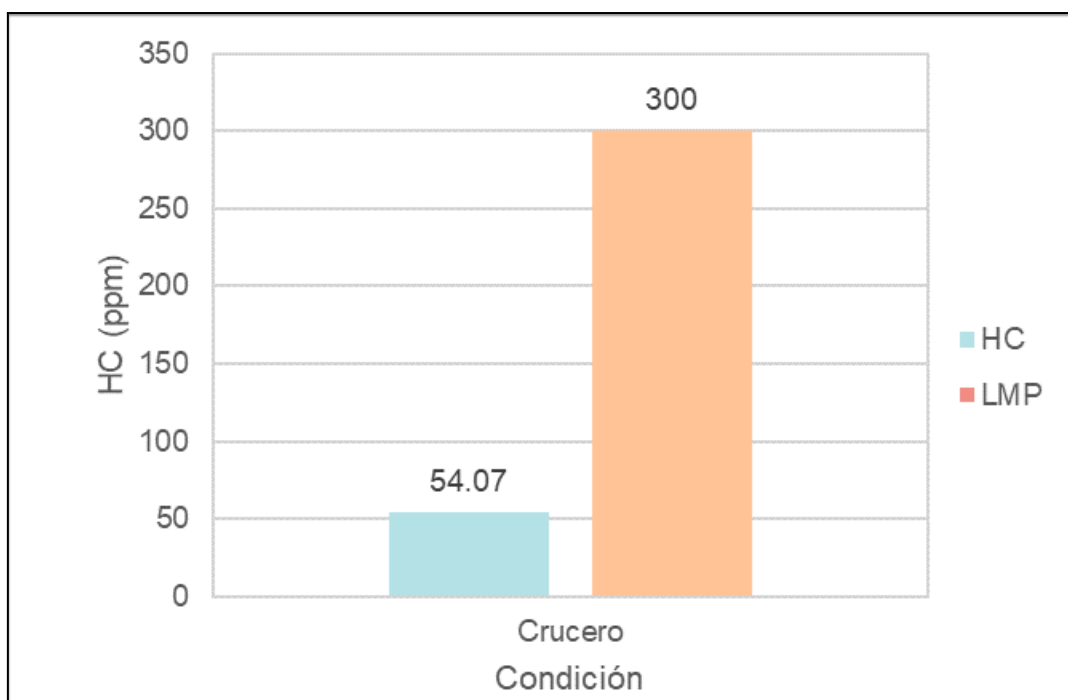


Figura 06: Comparación de la concentración promedio de HC en cruceo frente al LMP

4.2. DETERMINAR LA INFLUENCIA DE LA ANTIGÜEDAD DE VEHÍCULOS QUE ACUDEN AL CENTRO DE INSPECCIÓN VEHICULAR HUERTALINO S.A.C. DE LA CIUDAD DE ILAVE EN LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE DE CO, CO + CO₂, HC.

4.2.1. ANTIGÜEDAD DE LOS VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

A continuación, se muestra la influencia de la antigüedad de vehículos en el volumen de la emisión de gases monóxido de carbono en condición ralenti y cruceo, de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave.

En la tabla 10 se da a conocer la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en condiciones de ralenti y cruceo, en la cual se observa, que los vehículos fabricados en 1988 registraron una mayor emisión de CO con un valor promedio de 2.89 % y 2.85 % en condición ralenti y cruceo, respectivamente; sin embargo, todos los valores de CO registrados se mantienen por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 3.00 %, según el D.S. 047-2001-MTC; de igual forma se indica que los vehículos fabricados hasta

el año 1995 que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. tampoco sobrepasan los límites normativos establecidos.

Tabla 10: Análisis comparativo de los valores de CO % por año de fabricación (hasta 1995) en relación a los LMP

Año de fabricación	Media CO % en ralenti	Media co % (crucero)	LMP
1988	2.89	2.85	3.00
1990	2.76	2.65	3.00
1995	2.77	2.70	3.00

En la figura 7 se exhiben las concentraciones promedio de monóxido de carbono en condición ralenti de los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. en relación al año de fabricación hasta 1995. Al realizar una comparación de las concentraciones de emisión los resultados indican que estos valores se encuentran por debajo del valor permitido en la normativa. No obstante, la concentración más alta se registró en el vehículo fabricado en 1988 con 2.89 % CO, seguidamente de 1990 y 1995. Por lo que se infiere que estos resultados pueden estar asociado a las condiciones operativas durante la inspección vehicular.

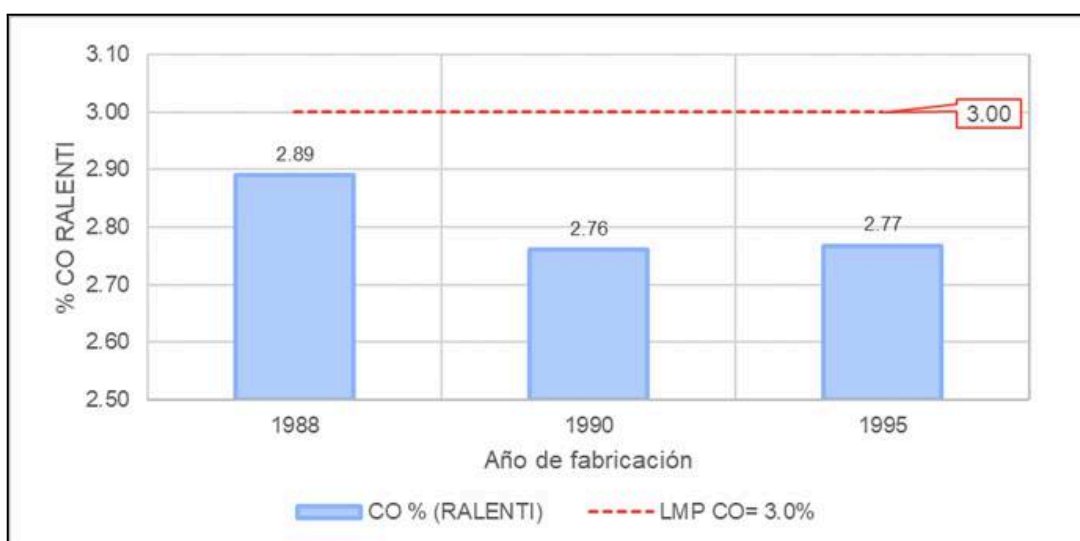


Figura 07: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995

La figura 8 muestra que valores promedio de monóxido de carbono (CO) en cruceo en base al año de fabricación de los vehículos correspondientes a los años 1988, 1990 y 1995, indicando que no superan el valor límite máximo permisible, establecido por el D.S. No. 047-2001-MTC, además se aprecia que la concentración más alta en los vehículos con año de fabricación de 1988 presentan un valor de 2.85 % seguido de 1995 con 2.77 % y un mínimo valor en los vehículos fabricados en 1990 con 2.76 %, estos resultados indican que, a pesar de la antigüedad de los vehículos evaluados, las emisiones promedio de CO se mantienen dentro de los límites permitidos.

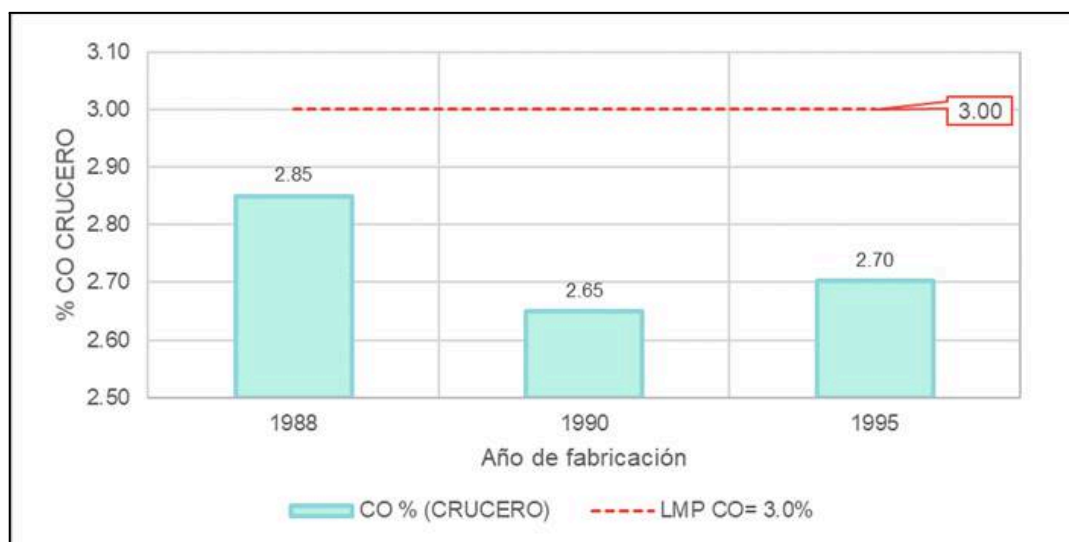


Figura 08: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (cruceo) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995

En la tabla 11 se da a conocer los valores promedio de monóxido de carbono (CO) en condiciones de ralentí y cruceo por vehículos, fabricados en los años 1996 al 2002. Donde se observa, que los vehículos fabricados en 1996 registraron la mayor concentración de CO con 2.70 % y 2.65 % en condición ralentí y cruceo, superando el rango establecido por la norma. En cambio, los vehículos fabricados en el 2002 registraron la menor concentración, Asimismo, se observa que los vehículos fabricados en los años 1997, 1999, 2000, 2001, 2002 que acudieron al centro de inspección

vehicular HUERTALINO S.A.C registraron valores que se encuentran por debajo de 2.50 %, cumpliendo así con la normativa vigente, según el D.S. 047-2001-MTC.

Tabla 11: Análisis comparativo de los valores de CO % por año de fabricación (1996 a 2002) en relación a los LMP

Año de fabricación	Media CO % (ralentí)	Media CO % (cruceiro)	LMP
1996	2.70	2.65	2.50
1997	2.49	2.45	2.50
1999	2.45	2.41	2.50
2000	1.72	1.67	2.50
2001	1.67	1.64	2.50
2002	1.30	1.26	2.50

En la figura 09 se observa una tendencia decreciente en las emisiones de CO en condición ralentí a medida que disminuye la antigüedad del vehículo, por otro lado, la concentración más alta se registró en los vehículos fabricados en el año 1996 con 2.70 % CO, siendo los únicos vehículos que sobrepasan el Límite Máximo Permitido (LMP) de 2.5 %. En cambio, el menor valor se registró con 1.30 % CO en los vehículos del 2002, esto da a conocer que, en los vehículos más antiguos, se incrementa la emisión de contaminantes en el aire.

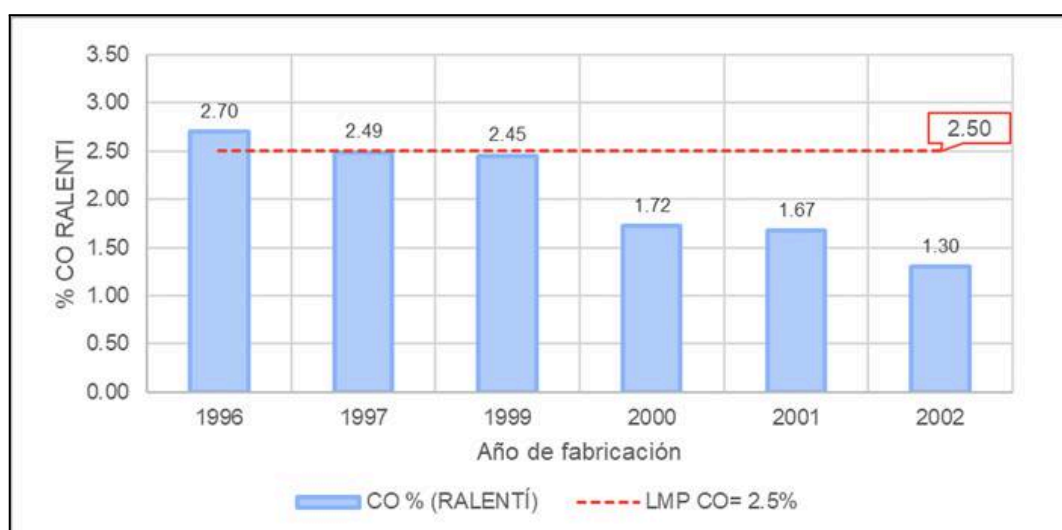


Figura 09: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002

En la figura 10, se presentan los valores promedio de emisión de monóxido de carbono (CO) en condición de cruce por año de fabricación, en donde se aprecia una disminución progresiva de las emisiones en base al año de fabricación más reciente, los datos indican que los vehículos fabricados en 1996 registraron un valor de 2.65 % el cual excede el valor mínimo permitido (2.50 %) en la normativa; en cambio, en los vehículos de los años 1997 hasta el 2002 se registran que las concentraciones de CO van disminuyendo, alcanzando un valor mínimo de 1.26 % en 2002, muy por debajo del límite establecido.

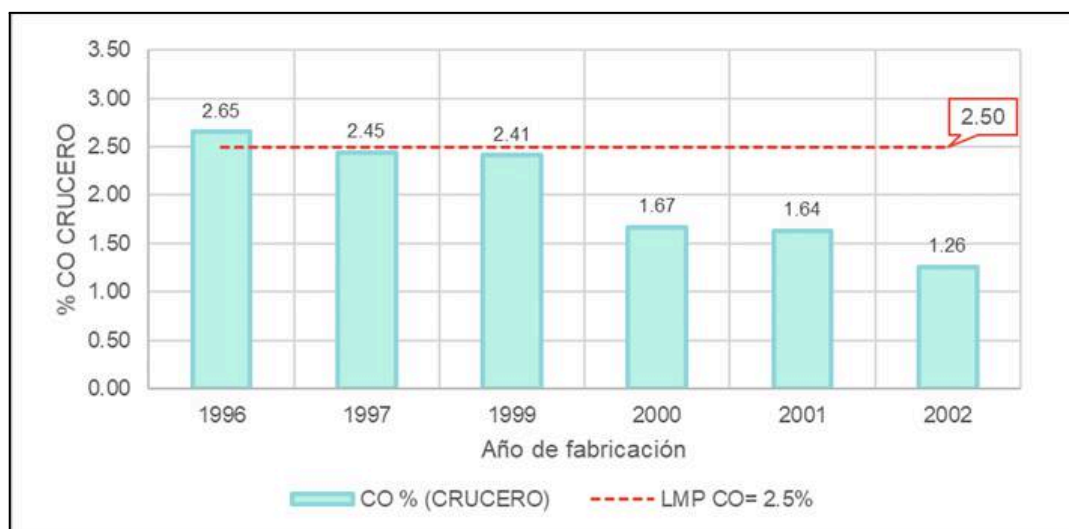


Figura 10: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002

En la tabla 12, se presenta la concentración de las emisiones de monóxido de carbono (CO) en condiciones de ralentí y cruce en función del año de fabricación de los vehículos del año 2003 hasta el 2022. En ambos casos se observa una tendencia descendente a lo largo del tiempo, esto indica una mejora constante en el control de emisiones vehiculares: Entre los años de fabricación de 2003 y 2006, en varios vehículos se registraron valores de CO cercanos o superiores al límite máximo permisible, particularmente con los datos en ralentí. A partir de 2007, las emisiones disminuyen de

forma constante, y los valores tanto en ralentí como en cruce se mantienen por debajo del límite, ya desde el año 2015 en adelante, las emisiones presentan cifras considerablemente bajas, destacando los vehículos fabricados entre 2020 y 2022, con niveles de CO inferiores al 0.15 % en ralentí y 0.10 % en cruce.

Tabla 12: Análisis comparativo de los valores de CO % por año de fabricación (2003 en adelante) en relación a los LMP

Año de fabricación	Media CO % (ralentí)	Media CO % (cruce)	LMP
2003	0.43	0.37	0.50
2004	0.36	0.32	0.50
2005	0.38	0.35	0.50
2006	0.59	0.55	0.50
2007	0.42	0.38	0.50
2008	0.40	0.34	0.50
2009	0.42	0.38	0.50
2010	0.38	0.33	0.50
2011	0.41	0.36	0.50
2012	0.36	0.32	0.50
2013	0.29	0.25	0.50
2014	0.32	0.29	0.50
2015	0.26	0.23	0.50
2016	0.20	0.16	0.50
2017	0.09	0.04	0.50
2018	0.19	0.14	0.50
2019	0.22	0.19	0.50
2020	0.13	0.10	0.50
2021	0.14	0.11	0.50

2022

0.05

0.04

0.50

En la figura 11 se observa el comportamiento del porcentaje de monóxido de carbono (CO) emitido en condición de ralentí por los vehículos fabricados desde el año 2003 hasta 2022, comparado con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 0.5 %, indicando que algunos vehículos fabricados entre 2006 superan el valor de los límites máximos permisibles con 0.59 % CO, por otro lado, se muestra que la mayoría de los vehículos fabricados a partir del 2010 presentan emisiones por debajo del límite, con una tendencia descendente clara en los valores promedio conforme avanza el año de fabricación.

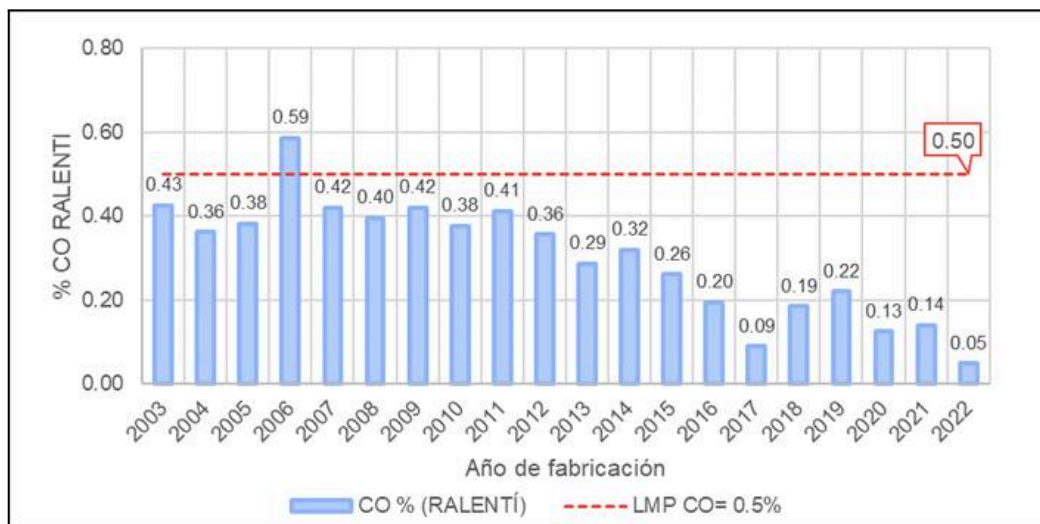


Figura 11: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante

En la figura 12 se observa el porcentaje de monóxido de carbono (CO) en cruceo por los mismos vehículos fabricados entre 2003 y 2022, también en comparación con el LMP de 0.5 %, indicando que al igual que en condición de ralentí, se observa una disminución continua en las emisiones de CO conforme aumenta la antigüedad vehicular, este caso se da después de 2006, donde los valores permanecen dentro del rango del LMP; por lo que se infiere una mejora en la eficiencia de combustión o en los sistemas de control de emisiones en vehículos más modernos.

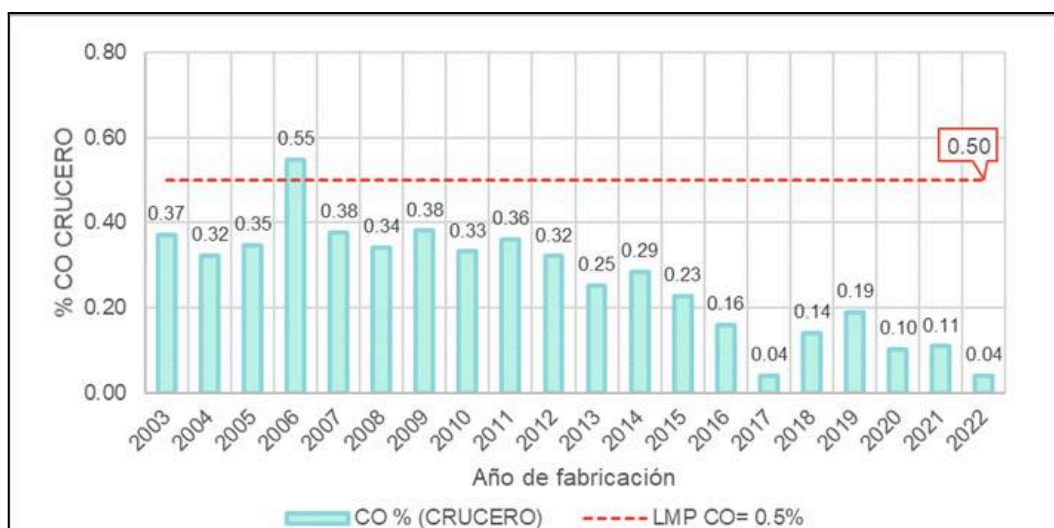


Figura 12: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante

4.2.2. ANTIGÜEDAD DE LOS VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO MÁS DIÓXIDO DE CARBONO (CO + CO₂)

A continuación, se muestra la influencia de la emisión de gases monóxido de carbono más dióxido de carbono en condición ralenti y cruce por parte de los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilaye.

En la tabla 13 se detallan los valores de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) más dióxido de carbono (CO₂) en condiciones de ralenti y cruce, donde se muestra, que los vehículos con una mayor emisión de CO + CO₂ fueron fabricados en 1995 con un valor promedio de 13.70 % y 13.25 % en condición ralenti y cruce, respectivamente. Asimismo, se puede observar que los vehículos fabricados en los años 1988, 1990 y 1995 sus concentraciones promedio de CO + CO₂ registrados superan el valor permisible de 10 %, según el D.S. 047-2001-MTC; lo que indica que estos vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. no cumplen con la normativa establecida en la emisión del contaminante CO + CO₂.

Tabla 13: Análisis comparativo de los valores de CO +CO₂ por año de fabricación (hasta 1995) en relación a los LMP

Año de fabricación	Media CO+CO ₂ %	Media CO+CO ₂ %	LMP
	ralenti	crucero	
1988	13.30	12.90	10
1990	13.20	13.10	10
1995	13.70	13.25	10

La figura 13 muestra una comparación de la concentración de emisiones por el año de antigüedad del vehículo; en donde, se registraron valores que superan el Límite Máximo Permissible (LMP) del 10 %, siendo 13.30 % en 1988, 13.20 % en 1990 y 13.70 % en 1995.

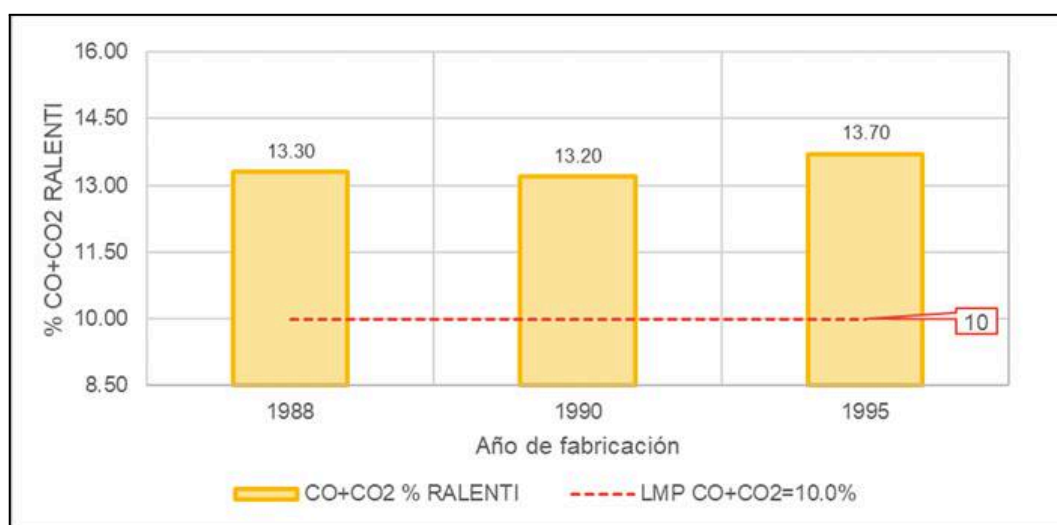


Figura 13: Comparación de emisiones de CO +CO₂ (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995

En la figura 14 se observa que al comparar el porcentaje de emisiones de CO + CO₂ en condición de crucero para vehículos fabricados hasta 1995; dichos datos evidencian una constante superación del límite permitido para todos los años evaluados, de forma similar a la condición de ralentí, los niveles observados (12.90 % en 1988, 13.10 % en 1990 y 13.25 % en 1995) también sobrepasan el LMP de 10 %.

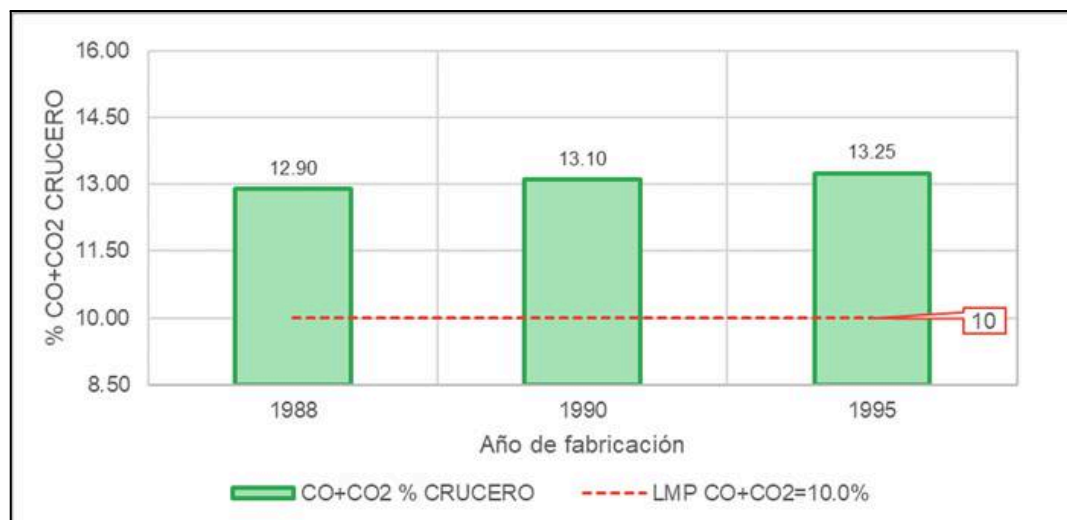


Figura 14: Comparación de emisiones de monóxido de carbono (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995

En la tabla 14 se exhiben las concentraciones promedio de CO + CO₂ que se registraron, tanto en condición de ralentí como de cruce en base al año de fabricación de los vehículos entre los años 1996 y 2002; en el cual, se observa que todas las concentraciones de CO + CO₂ que se registraron de los vehículos que acuden al centro de inspección HUERTALINO S.A.C., superan ampliamente el LMP establecido; Asimismo, en ambos casos (ralentí y cruce) muestran tendencia ligeramente creciente con los años; estos datos reflejan una problemática relacionada con la antigüedad vehicular el cual influye en la calidad del aire debido a emisiones de CO + CO₂ por encima de lo permitido en la normativa D.S. 010-2017-MINAM.

Tabla 14: Análisis comparativo de los valores de CO +CO₂ por año de fabricación (1996 a 2002) en relación a los LMP

Año de fabricación	Media CO+CO ₂ %	Media	LMP
	ralenti	CO+CO ₂ % crucero	
1996	13.68	13.43	8.0
1997	13.48	13.23	8.0
1999	14.10	13.70	8.0
2000	14.20	14.10	8.0
2001	14.36	14.21	8.0
2002	14.38	14.22	8.0

En la figura 15, se muestra que al realizar una comparación de las concentraciones de CO + CO₂ de vehículos fabricados entre 1996 y 2002, en condiciones de ralenti, estos sobrepasan el límite máximo permisible (8.0 %), donde las emisiones registradas de los vehículos que acuden al centro de inspección HUERTALINO S.A.C oscilan entre 13.48 % (1997) y 14.38 % (2002), estos datos indican una deficiente combustión del motor, que incrementa la liberación de contaminantes cuando los vehículos están detenidos.

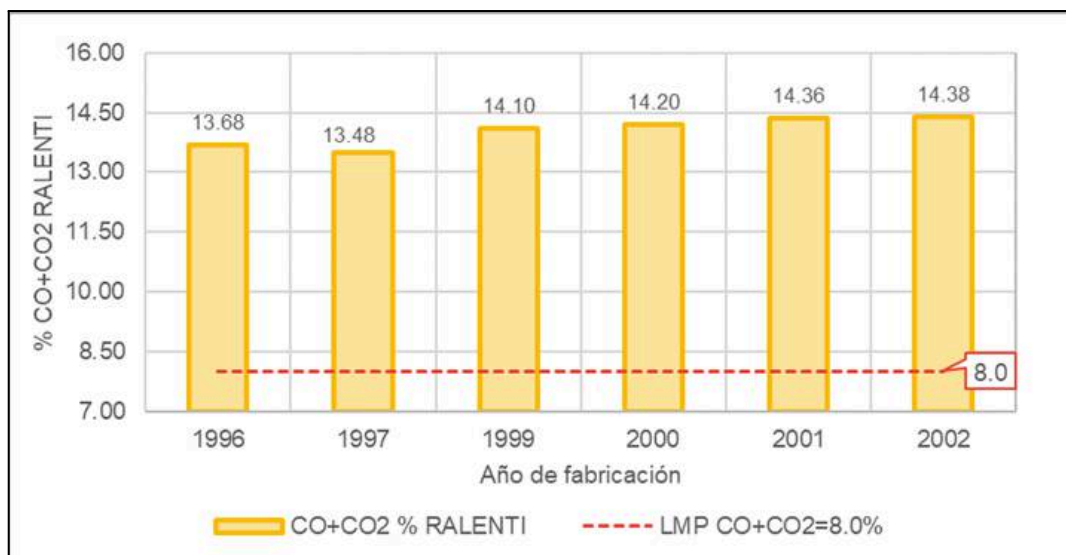


Figura 15: Comparación de emisiones de CO +CO₂ (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002

En la figura 16 se indica que al realizar la comparación de concentración de CO + CO₂ en condiciones de cruce con los LMP por año de fabricación de los vehículos (1996 a 2002) que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C., todas las emisiones por año exceden el valor de 8.0 %, con valores que van desde 13.23 % (1997) hasta 14.22 % (2002), observándose una tendencia creciente, influyendo en el deterioro de la calidad del aire.

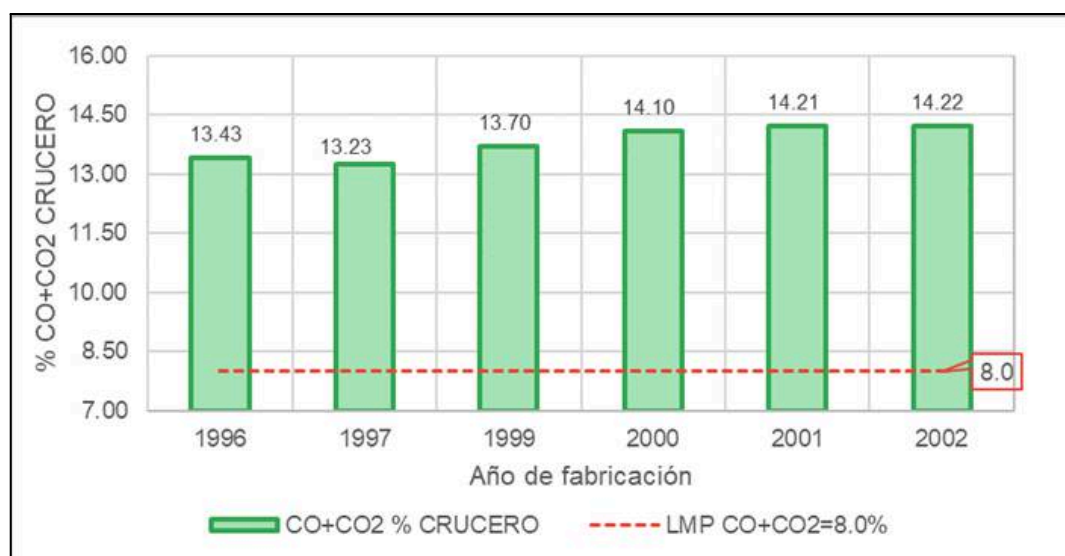


Figura 16: Comparación de emisiones de CO +CO₂ (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002

En la tabla 15 se presentan los valores promedio de CO + CO₂ en condiciones de ralentí y crucero por vehículos fabricados en los años 1996 al 2002, los cuales acudieron al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C., apreciándose una tendencia ascendente en ambas condiciones, donde la concentración más alta se registró en los vehículos del 2022 y menor emisión en el año 2003, además a partir del año de fabricación 2016, se observa un aumento en las concentraciones alcanzando picos en 2018, 2020 y 2022; no obstante, en ningún año las emisiones cumplen con el límite establecido de 12.0 % según la normativa D.S. 010-2017-MINAM.

Tabla 15: Análisis comparativo de los valores de CO +CO₂ por año de fabricación (2003 en adelante) en relación a los LMP

Año de fabricación	Media CO+CO ₂ %	Media CO+CO ₂ %	LMP
	ralentí	crucero	
2003	14.44	14.22	12
2004	15.08	14.83	12
2005	14.45	14.25	12
2006	14.55	14.25	12
2007	14.49	14.40	12
2008	14.56	14.44	12
2009	14.49	14.30	12
2010	14.67	14.47	12
2011	14.75	14.58	12
2012	14.57	14.28	12
2013	14.55	14.38	12
2014	15.05	14.85	12
2015	14.89	14.77	12
2016	15.40	15.22	12
2017	15.30	15.20	12

2018	16.50	16.25	12
2019	16.10	16.00	12
2020	15.92	15.74	12
2021	15.90	15.60	12
2022	16.60	16.50	12

La figura 17 muestra una tendencia ascendente al comparar la concentración de CO + CO₂ en condición de ralentí emitida por vehículos fabricados entre 2003 y 2022 que acudieron al centro de inspección vehicular; asimismo, se observa que todos los valores sobrepasan el rango límite establecido de 12 % para CO + CO₂, además se aprecia que los vehículos del año 2003 registraron un mínimo valor con 14.44 % CO + CO₂ y registro que los vehículos del 2022, por lo que se infiere un posible deterioro en la eficiencia de combustión o falta de control efectivo de emisiones en los vehículos fabricados más recientes.

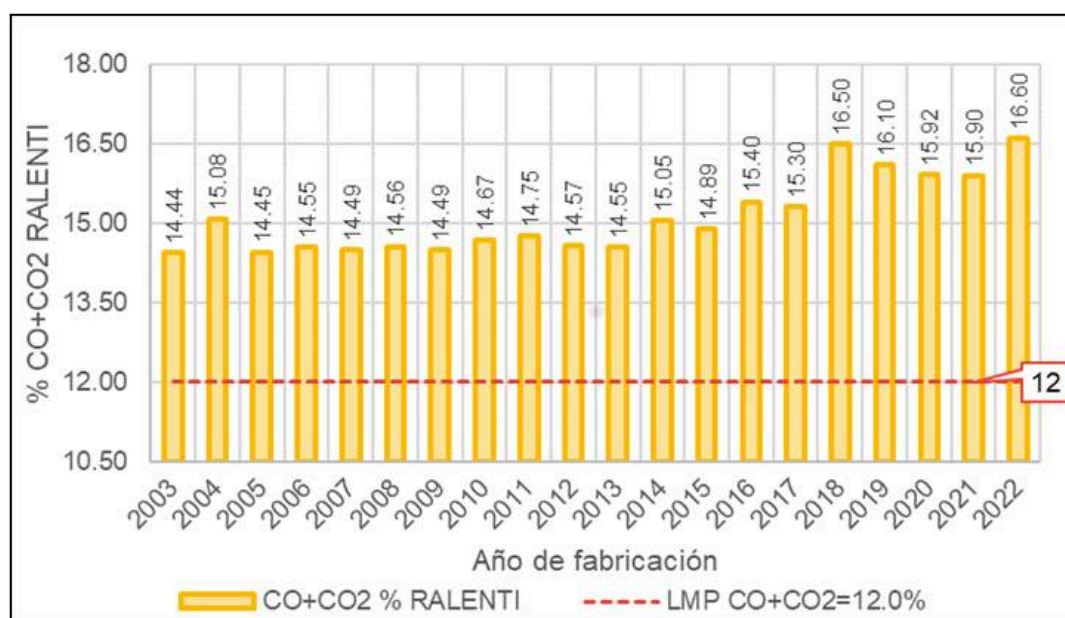


Figura 17: Comparación de emisiones de CO +CO₂ (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante

La figura 18 compara las concentraciones de CO + CO₂ en condición de cruce para vehículos del periodo 2003–2022; al igual que en ralentí, estos valores registrados

sobrepasan el límite permisible de 12 % en todos los años analizados; obteniendo el valor más bajo en vehículos fabricados en 2003 con 14.22 %, y el más alto en 2022 con 16.50 %.

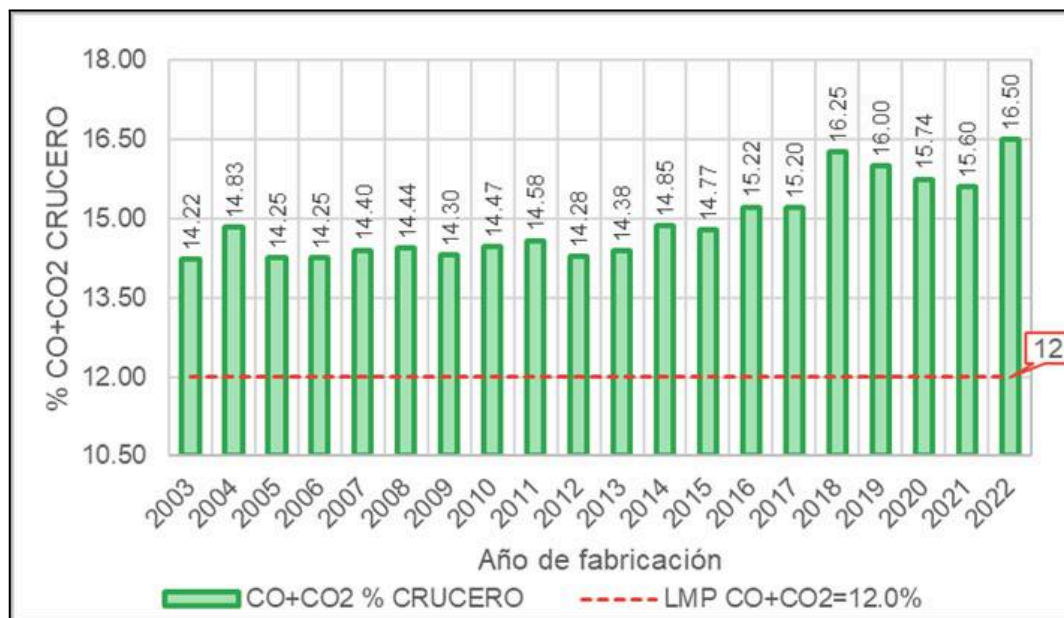


Figura 18: Comparación de emisiones de CO +CO2 (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante

4.2.3. ANTIGÜEDAD DE LOS VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS (HC)

En las siguientes tablas y gráficos se muestra la influencia de la emisión de hidrocarburos en condición ralentí y cruce por parte de los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. en relación al año de fabricación del vehículo.

En la tabla 16 se exhibe la concentración de hidrocarburos (HC) en partes por millón (ppm) emitidos por los vehículos fabricados en los años 1988, 1990 y 1995, que acudieron al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. indicando que los vehículos fabricados en 1955 registraron una concentración más alta a diferencia de los demás vehículos; sin embargo, en todos los casos, se registraron que las emisiones se encuentran muy por debajo del LMP, indicando un buen comportamiento en cuanto a emisiones de hidrocarburos para estos vehículos; las emisiones en cruce son

ligeramente menores que en ralentí, lo que indica un mejor rendimiento del sistema de combustión cuando el motor está en movimiento continuo.

Tabla 16: Análisis comparativo de los valores de HC por año de fabricación (hasta 1995) en relación a los LMP

Año de fabricación	Media HC (ppm) ralenti	Media HC (ppm)	LMP
		crucero	
1988	129.00	121.00	450.0
1990	112.00	108.00	450.0
1995	134.75	130.25	450.0

La figura 19 compara los niveles de hidrocarburos emitidos en ralentí por vehículos fabricados en 1988, 1990 y 1995 en relación a los LMP, donde se aprecia que todos los valores se encuentran muy por debajo del límite permisible de 450 ppm según el D.S. 047-2001-MTC, dichas concentraciones oscilan entre 112 ppm a 134.75 ppm lo que se infiere, que existe una adecuada combustión del combustible y una baja emisión de contaminantes en estado estacionario para estos vehículos.

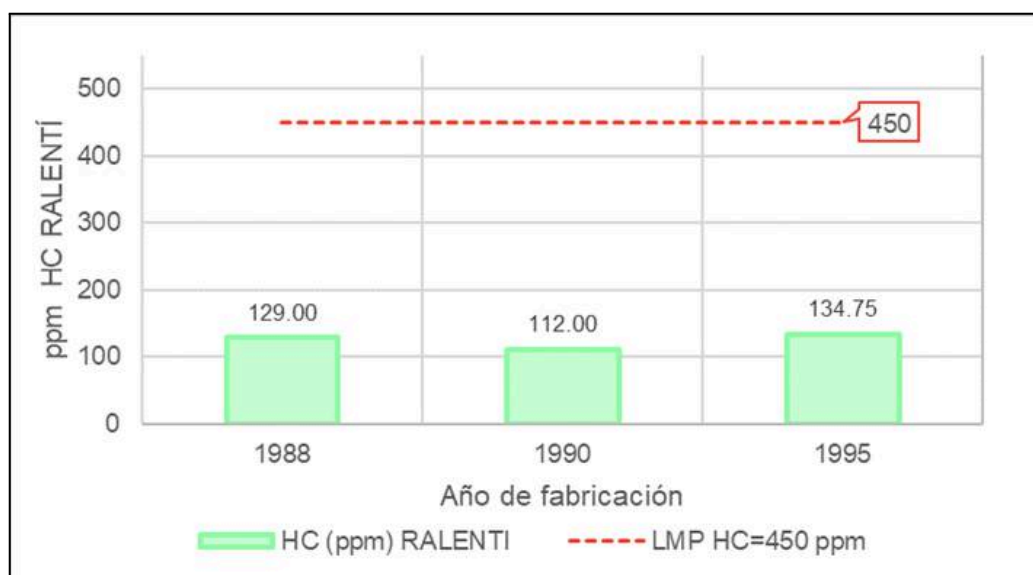


Figura 19: Comparación de emisiones de HC (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995

La figura 20 muestra una comparación de los niveles de hidrocarburos emitidos en crucero por vehículos fabricados en 1988, 1990 y 1995 en relación a los LMP, donde se aprecia que al igual que en la condición ralentí todos los valores registrados cumplen con el límite permisible de 450 ppm según el D.S. 047-2001-MTC. Estos valores oscilan entre 108 ppm a 130.25 ppm; por lo que se infiere, que existe una adecuada combustión del combustible y una baja emisión de contaminantes en estado estacionario para estos vehículos.

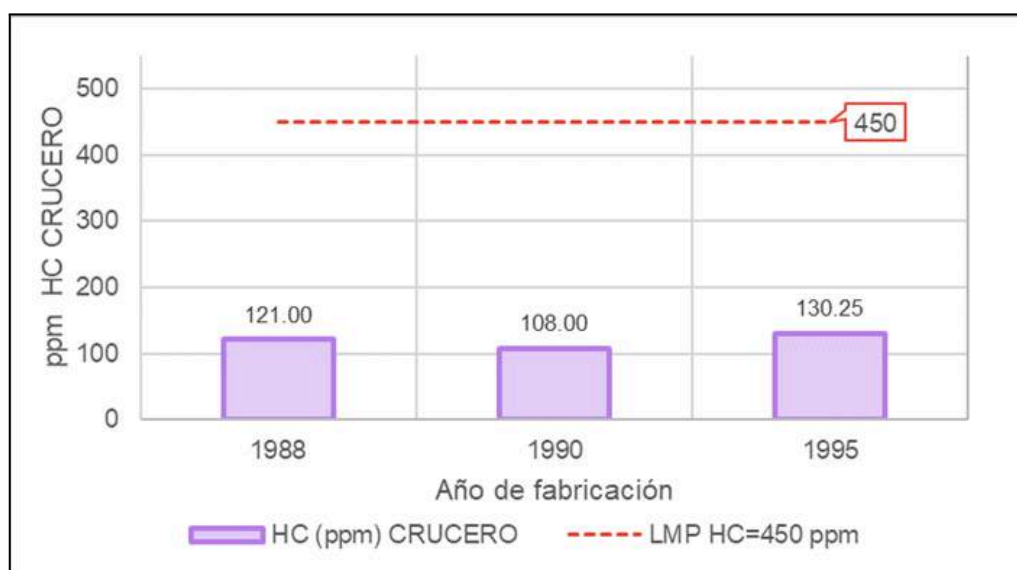


Figura 20: Comparación de emisiones de HC (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular hasta 1995

La tabla 17 compara las emisiones de hidrocarburos en partes por millón (ppm) para vehículos fabricados entre 1996 y 2002, evaluados tanto en ralentí como en crucero, con el límite máximo permisible (LMP) que es de 350 ppm según el D.S. 047-2001-MTC, donde se aprecia que todos los valores se encuentran por debajo del rango permisible; asimismo, mostrando una tendencia decreciente a medida que avanza el año de fabricación, lo que indica un adecuado control de emisiones en los vehículos fabricados en estos años.

Tabla 17: Análisis comparativo de los valores de HC por año de fabricación (1996 a 2002) en relación a los LMP

Año de fabricación	Media HC (ppm)	Media HC (ppm)	LMP
	ralenti	crucero	
1996	148.25	143.00	350
1997	122.00	115.00	350
1999	111.00	105.00	350
2000	110.67	104.33	350
2001	71.44	68.22	350
2002	82.60	78.00	350

La figura 21 muestra que los niveles de emisión de hidrocarburos en ralenti generados por vehículos fabricados entre 1996 y 2002, los cuales acudieron al centro de inspección, presentaron una disminución progresiva de las emisiones con el paso del tiempo, en donde se registra que los vehículos fabricados en 1996 obtuvieron la concentración más alta con 148.25 ppm y el más bajo se registró en el vehículo fabricado en el 2001 con 71.44 ppm; no obstante, se aprecia que las concentraciones en condición ralenti que se registraron se mantienen muy por debajo del LMP de 350 ppm, reflejando mejoras en los sistemas de combustión y control de emisiones de los vehículos fabricados en dichos años.

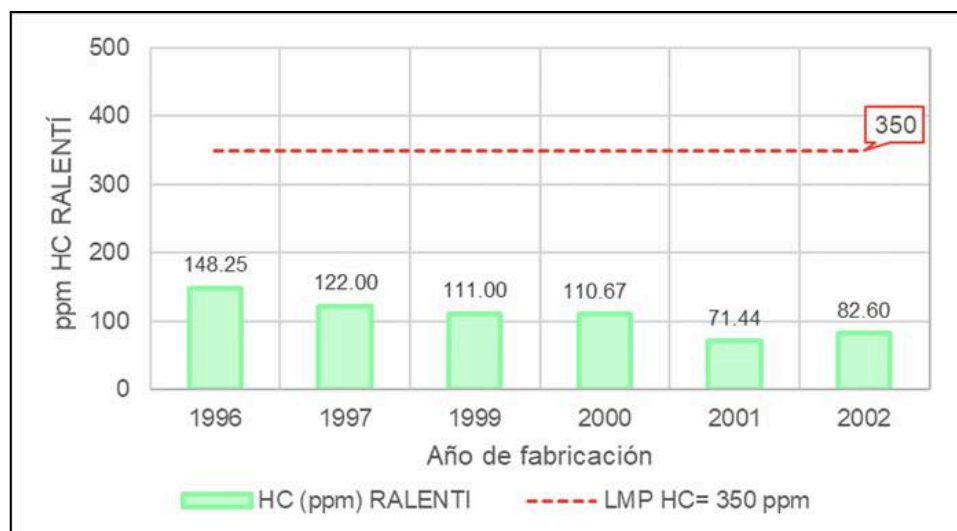


Figura 21: Comparación de emisiones de HC (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002

En la figura 22 se observa que las emisiones de hidrocarburos en condición de crucero para los vehículos fabricados en el año de 1996 al 2002, presentan una disminución en la emisión del contaminante hidrocarburo a lo largo del tiempo. Los valores fluctúan entre 143.00 ppm que se registró en el vehículo fabricado en 1996 y 68.22 ppm del 2001; cabe señalar que, las concentraciones de hidrocarburos emitidos por dichos vehículos no superan el límite permisible de 350 ppm, lo que sugiere un adecuado desempeño ambiental en condiciones de marcha.

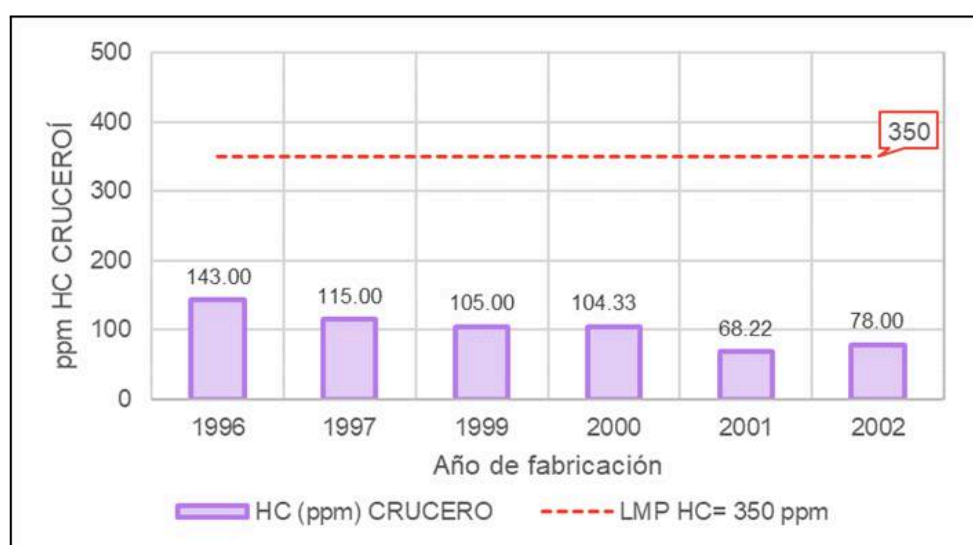


Figura 22: Comparación de emisiones de HC (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular de 1996 a 2002

En la tabla 18 se aprecia que al comparar las concentraciones de hidrocarburos (HC) para vehículos fabricados entre 2003 y 2022, tanto en condición de ralentí como de crucero, indicando que no sobrepasan el límite máximo permisible (100 ppm) para estos vehículos, también se observa que estos valores registrados presentan una tendencia descendente; sin embargo, se registró una mayor concentración en los vehículos fabricados en el 2021

Tabla 18: Análisis comparativo de los valores de HC por año de fabricación (2003 en adelante) en relación a los LMP

Año de fabricación	Media HC (ppm)		LMP
	ralenti	crucero	
2003	50.00	46.60	100
2004	63.00	59.75	100
2005	47.75	44.00	100
2006	55.45	51.09	100
2007	47.57	43.57	100
2008	42.80	39.00	100
2009	41.38	38.13	100
2010	42.10	38.80	100
2011	43.83	40.83	100
2012	49.83	46.33	100
2013	36.25	31.75	100
2014	32.00	30.00	100
2015	29.00	26.33	100
2016	21.33	19.17	100
2017	15.00	14.00	100
2018	16.50	14.50	100
2019	15.00	13.00	100

2020	14.40	13.40	100
2021	67.00	65.00	100
2022	9.00	8.00	100

La figura 23 da a conocer que las concentraciones de hidrocarburos emitidas por vehículos fabricados desde el 2003 en adelante, en condición ralentí, muestran una tendencia descendente significativa; obteniendo la concentración más alta en 2021 con 67.00 ppm, y el más bajo en 2022 con 9.00 ppm de hidrocarburo. No obstante, se aprecia que todos los registrados de los vehículos fabricados en dichos años se encuentran por debajo del LMP de 100 ppm, lo que indica una mejora progresiva en la eficiencia de combustión en ralentí.

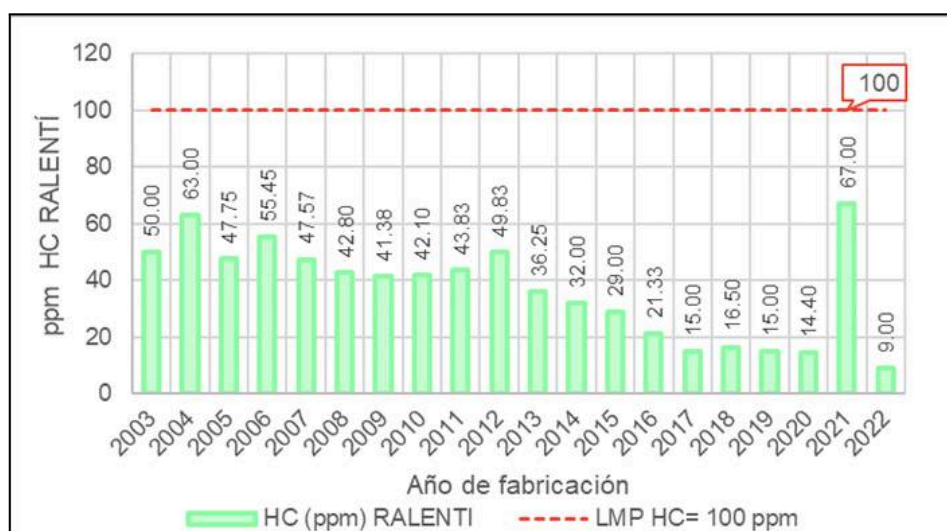


Figura 23: Comparación de emisiones de HC (ralentí) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante

En la figura 24 se observa que las emisiones de HC durante la condición de cruce para vehículos fabricados en 2003 y 2022, mantienen una tendencia de reducción constante, manifestando que los resultados registrados indican una mayor concentración en vehículos fabricados en 2021 con 65.00 ppm y una menor con 8.00 ppm en vehículos fabricados en 2022; al igual que en ralentí, todas las emisiones no superan los LMP, lo que indica un comportamiento ambientalmente adecuado en marcha.

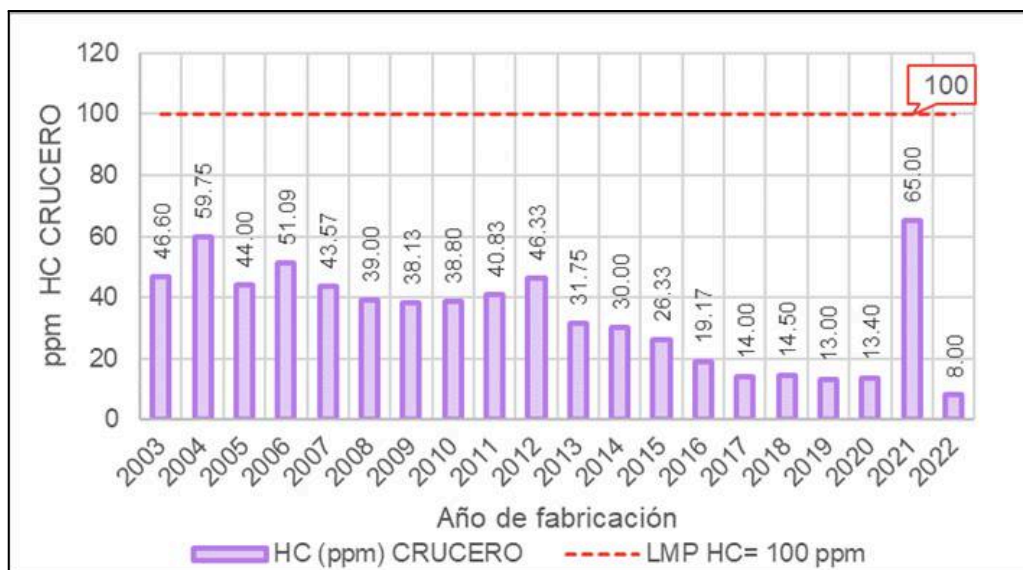


Figura 24: Comparación de emisiones de HC (cruce) con los LMP por antigüedad vehicular de 2003 en adelante

4.3. DETERMINAR LA INFLUENCIA DEL TIPO DE VEHÍCULOS QUE ACUDEN AL CENTRO DE INSPECCIÓN VEHICULAR HUERTALINO S.A.C. DE LA CIUDAD DE ILAVE EN LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AIRE DE CO, CO + CO₂, HC.

4.3.1. TIPO DE VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

En la tabla 19 se detallan los valores obtenidos de monóxido de carbono (CO) en vehículos fabricados en 1988, 1990 y 1995, diferenciando entre la categoría vehicular correspondiente (M1). Los resultados obtenidos indican que la mayoría de los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular cumplen con el LMP de emisión de CO; asimismo, se aprecia una tendencia decreciente en las concentraciones de CO a medida que avanza el año de fabricación.

Tabla 19: Concentración de monóxido de carbono (CO) en ralentí y crucero por categoría vehicular y año de fabricación (hasta 1995).

AÑO DE FABRICACIÓN	CATEGORÍA TIPO	CO% (RALENTI)	CO % (CRUCERO)	LMP
1988	M1	2.89	2.85	3.00
1990	M1	2.76	2.65	3.00
1995	M1	2.77	2.70	3.00

En la figura 25 se muestra que en la categoría M1 en los vehículos fabricados en 1988, 1990 y 1995 las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en ralentí (%) se encuentran por debajo del valor Límite Máximo Permitido (LMP) de 2.5 %. Asimismo, se observa una reducción progresiva en la concentración de CO a lo largo del tiempo. Sin embargo, se registra una mayor concentración en el tipo de vehículo M1 fabricado en 1988 con 2.89 %, a diferencia del tipo M1 fabricado en 1990 que presentan una concentración mínima de 2.76 %CO.

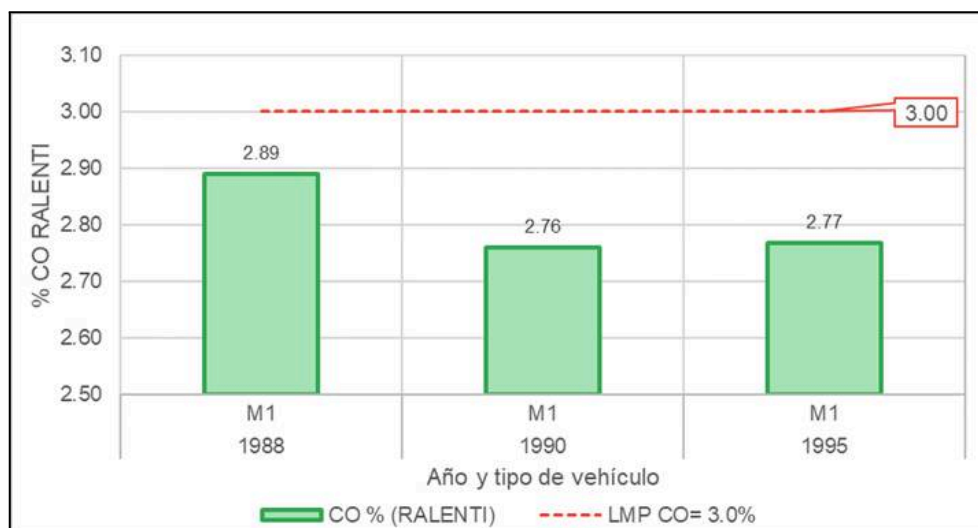


Figura 25: Comparación de la concentración de CO en ralentí (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)

En la figura 26 se aprecia que la categoría M1 de los vehículos fabricados en 1988, 1990 y 1995 registra concentraciones de monóxido de carbono (CO) en crucero que se

encuentran por debajo del valor Límite Máximo Permitido (LMP) de 2.5 %. Asimismo, se registra una mayor concentración en el tipo de vehículo M1 fabricado en 1988 con 2.85 %, a diferencia del vehículo fabricado en 1990 de la misma categoría que presenta una concentración mínima de 2.65 % CO.

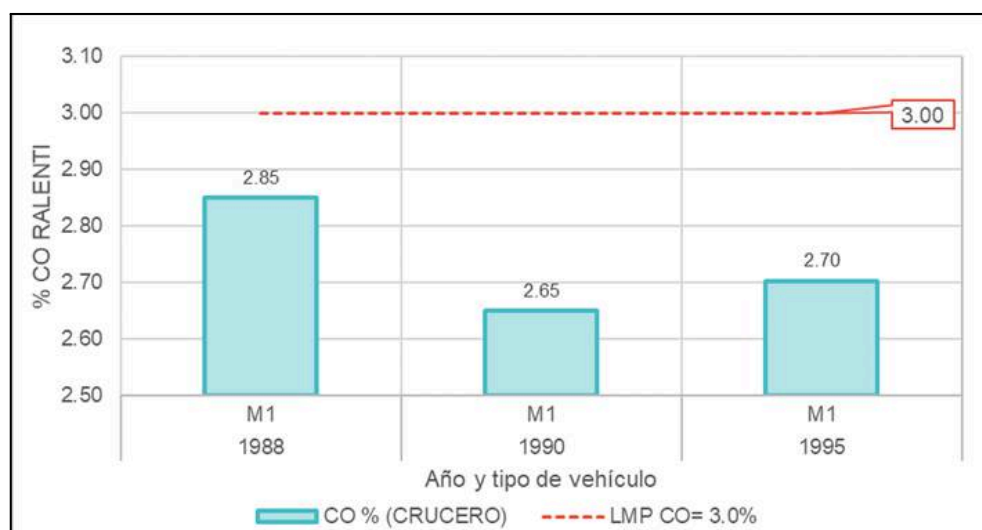


Figura 26: Comparación de la concentración de CO en crucero (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)

La tabla 20 presenta las concentraciones de monóxido de carbono (CO) registradas en los vehículos (fabricados entre 1996 y 2002) que acudieron al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C., diferenciando concentraciones en condición ralentí y crucero. Además, se muestra la categoría vehicular correspondiente (M1 y N1) en dichos años; en donde se observa que la mayoría de los vehículos cumplen con el LMP (2.5 %), presentando una tendencia decreciente en las concentraciones de CO a medida que avanza el año de fabricación del vehículo, por lo que se infiere que existe una mejora tecnológica en los sistemas de control de emisiones.

Tabla 20: Concentración de monóxido de carbono (CO) en ralentí y crucero por categoría vehicular y año de fabricación (1996–2002).

AÑO DE FABRICACIÓN	CATEGORÍA TIPO	CO% RALENTI	CO % CRUCERO	LMP
1996	M1	2.70	2.65	2.50
1997	M1	2.49	2.45	2.50
1999	M1	2.45	2.41	2.50
2000	M1	1.72	1.67	2.50
2001	M1	1.74	1.70	2.50
	N1	1.53	1.50	2.50
2002	M1	1.30	1.26	2.50

La figura 27 exhibe la concentración de CO en ralentí en relación a las categorías M1 y N1 de vehículos fabricados entre 1996 y 2002; en donde, se observa una mayor concentración en vehículos del año 1966 con 2.70 %, el cual supera el valor límite permisible. En cambio, se registra una menor concentración en 2002 con 1.30 %; no obstante, se observa una reducción progresiva en la concentración de CO a lo largo del tiempo, destacando que, a partir del año 2000, todos los vehículos analizados se encuentran por debajo del límite establecido.

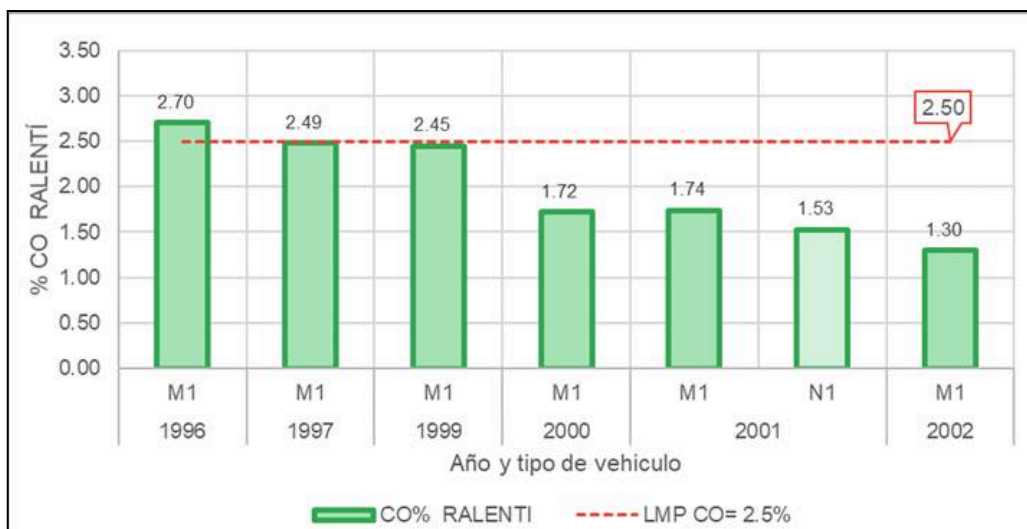


Figura 27: Comparación de la concentración de CO en ralentí (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (1996 a 2002)

La figura 28 exhibe la concentración de CO en cruceo en relación a la categoría de los vehículos que se fabricaron entre 1996 al 2002. Se registra una mayor concentración de CO con 2.65 % en los vehículos de categoría M1 fabricados en 1996, el cual al ser comparado con los LMP (2.5 %) supera el rango permisible, a diferencia de los vehículos fabricados en 2002 que presentaron una de las concentraciones menores con 1.26 % en la misma categoría, así como en la categoría N1 con 1.5 % en 2001.

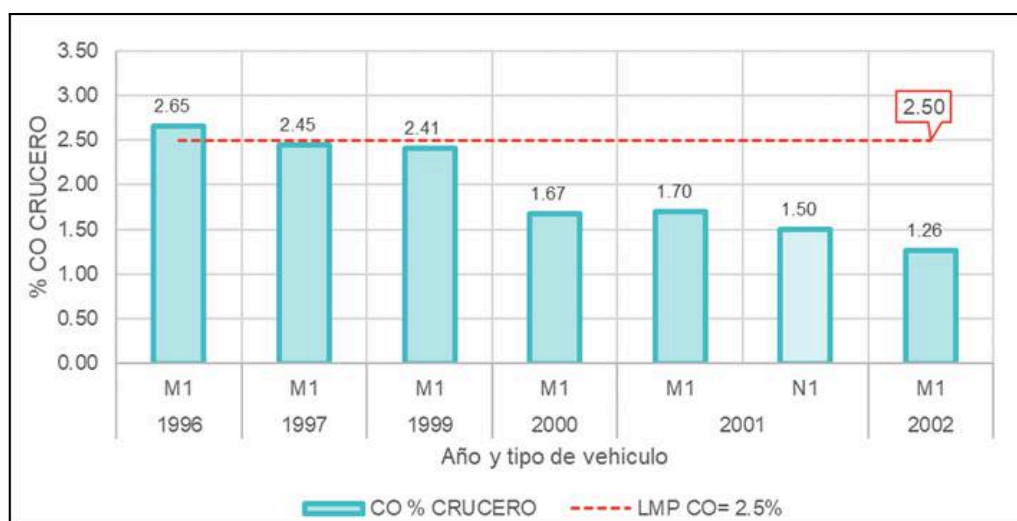


Figura 28: Comparación de la concentración de CO en cruceo (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (1996 a 2002)

La tabla 21 presenta las concentraciones de monóxido de carbono (CO) emitidas por los vehículos (fabricados desde 2003 y 2022) que acudieron al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C., diferenciando concentraciones en condición ralentí y crucero. Además, se muestra la categoría vehicular correspondiente (M1, N1, M2 y M2-C3) en dichos años. Se observa una tendencia decreciente en las concentraciones de CO conforme avanzan los años de fabricación, evidenciando mejoras en los sistemas de control de emisiones de los vehículos más recientes. Los valores más altos en el tipo de vehículo M1 que registran en el 2006 y en el mismo año el vehículo N1, en M2 en el 2010). No obstante, a partir del año 2015, todos los vehículos presentan valores considerablemente por debajo del LMP.

Tabla 21: Concentración de monóxido de carbono (CO) en ralentí y crucero por categoría vehicular y año de fabricación (1996–2002).

AÑO DE FABRICACIÓN	CATEGORÍA TIPO	CO%		LMP
		RALENTI	CRUCERO	
2003	M1	0.43	0.37	0.5
2004	M1	0.36	0.32	0.5
2005	M1	0.38	0.35	0.5
2006	N1	0.97	0.93	0.5
	M1	0.44	0.40	0.5
2007	M1	0.42	0.38	0.5
2008	M1	0.42	0.36	0.5
	M2	0.31	0.28	0.5
2009	M1	0.44	0.40	0.5
	M2	0.31	0.28	0.5
2010	M2	0.45	0.42	0.5
	M1	0.37	0.32	0.5
2011	M1	0.41	0.36	0.5

2012	M1	0.36	0.32	0.5
2013	M1	0.29	0.25	0.5
2014	M1	0.32	0.29	0.5
2015	M1	0.26	0.23	0.5
2016	M1	0.20	0.16	0.5
2017	M1	0.09	0.04	0.5
2018	M1	0.19	0.14	0.5
2019	M1	0.22	0.19	0.5
2020	M1	0.10	0.08	0.5
	M2-C3	0.14	0.12	0.5
2021	M1	0.14	0.11	0.5
2022	M1	0.05	0.04	0.5

La figura 29 ilustra que el tipo de vehículo N1 fabricado en 2006 presenta la mayor concentración en ralentí con 0.97 %CO, superando el valor límite admisible en la normativa; a diferencia de los demás vehículos que sus valores se mantienen por debajo del LMP de 0.5 %, principalmente a partir del año 2015, donde se evidencia una mejora significativa. Por otro lado, el tipo de vehículo M2 alcanzó su valor más alto de registro en el 2010.

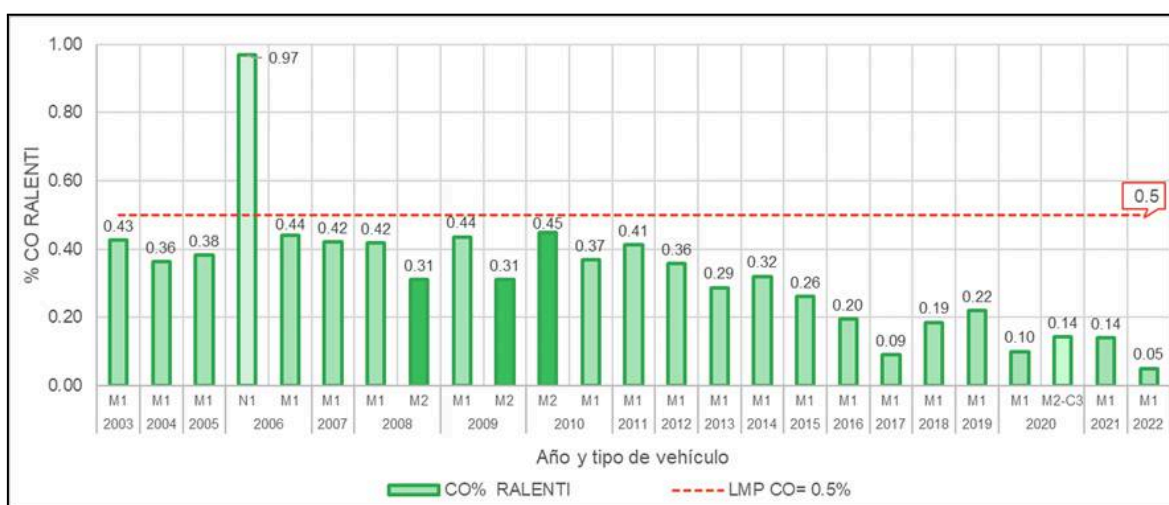


Figura 29: Comparación de la concentración de CO en ralentí (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (2003 en adelante)

La figura 30 ilustra que la mayor concentración en condición crucero se registra en el tipo de vehículo N1 fabricado en 2006 con 0.93 %CO, encontrándose por encima del valor limite admisible en la normativa. En cambio, al comparar el LMP con los demás valores de las otras categorías de vehículos (M1, M2, M2-C3) estos se encuentran por debajo de 0.5 %, principalmente se registró la concentración más baja con 0.04 % CO en la categoría M1 en los años 2017 y 2022. Por otro lado, el tipo de vehículo M2 su valor más alto de registro en el 2010.

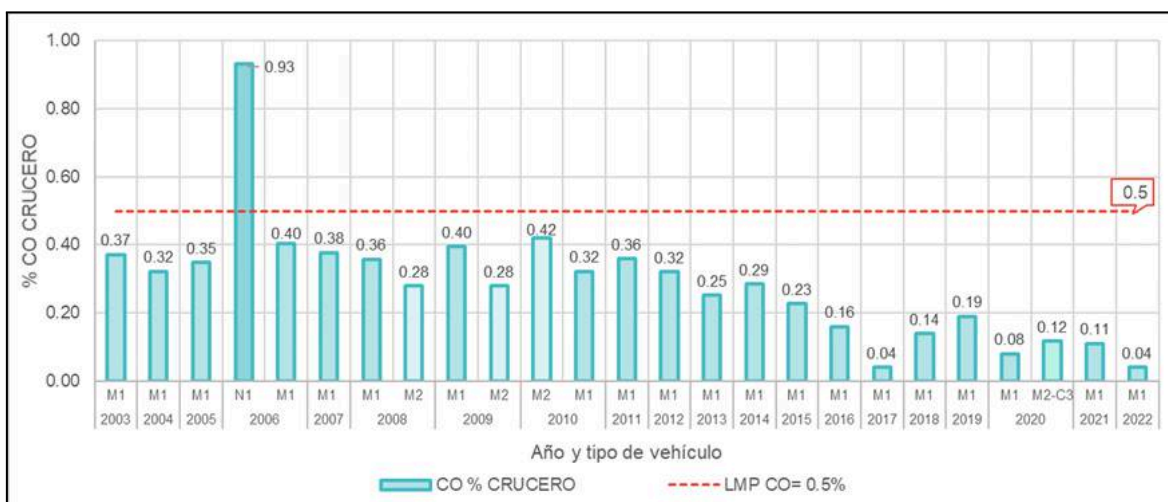


Figura 30: Comparación de la concentración de CO en crucero (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (2003 en adelante)

4.3.2. TIPO DE VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO MÁS DIÓXIDO DE CARBONO (CO + CO₂)

La tabla 22 muestra las concentraciones de monóxido de carbono (CO) más dióxido de carbono (CO₂) emitidas por los vehículos fabricados en 1988, 1990 y 1995, los cuales acudieron al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C., diferenciando concentraciones en por categoría vehicular correspondiente (M1). Al realizar la comparación con los LMP, las concentraciones registradas en ambas condiciones, estas superan el límite máximo permisible de 10 % según el D.S. 047-2001-MTC.

Tabla 22: Concentración de monóxido de carbono (CO) más dióxido de carbono (CO₂) en ralentí y cruceo por categoría vehicular y año de fabricación (hasta 1995).

AÑO DE FABRICACIÓN	TIPO DE VEHÍCULOS	CO+CO ₂ % RALENTI	CO+CO ₂ % CRUCERO	LMP
1988	M1	13.30	12.90	10
1990	M1	13.20	13.10	10
1995	M1	13.63	13.25	10

En la figura 31 se muestra que al comparar las concentraciones de monóxido de carbono más dióxido de carbono en condición ralentí, de acuerdo a la categoría M1 en los vehículos fabricados en 1988, 1990 y 1995, estos valores superan el Límite Máximo Permitido (LMP) de 10 %. También, se aprecia una ligera tendencia creciente de CO + CO₂ a lo largo del tiempo. Sin embargo, se presenta una mayor concentración en el tipo de vehículo M1 fabricado en 1995 con 13.63 %, en contraste se tiene el vehículo tipo M1 fabricado en 1990 que presentan una concentración mínima de 13.20 % CO+CO₂.

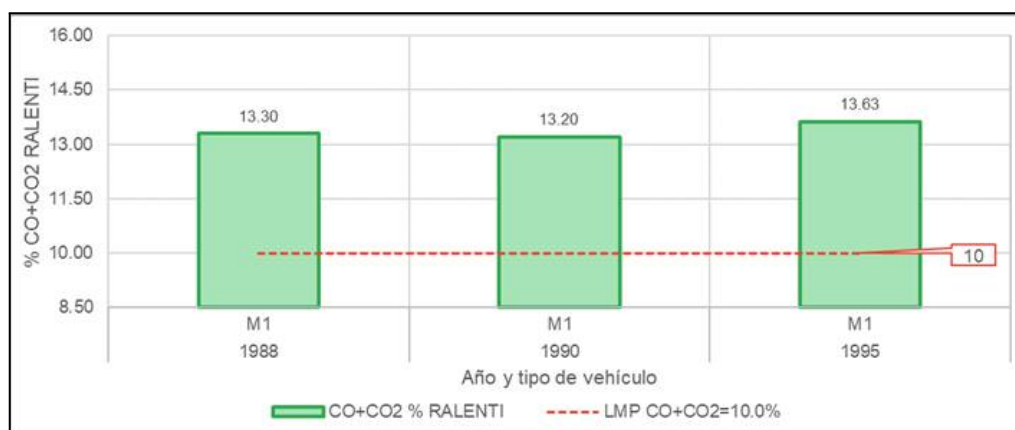


Figura 31: Comparación de la concentración de CO + CO₂ en ralentí (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)

En la figura 32 se muestra una comparación de las concentraciones de monóxido de carbono más dióxido de carbono en condición cruceo en base a la categoría M1 en vehículos fabricados en 1988, 1990 y 1995. Estas concentraciones se encuentran por encima del valor Límite Máximo Permitido (LMP) de 10 %. Asimismo, se aprecia una

ligera tendencia creciente de CO + CO₂ a lo largo del tiempo. No obstante, se obtuvo una concentración mayor en la categoría M1 del vehículo de 1955 con 13.25 %, en contraste con el vehículo de 1990 de la misma categoría, el cual presenta una concentración mínima de 12.90 %CO+CO₂.

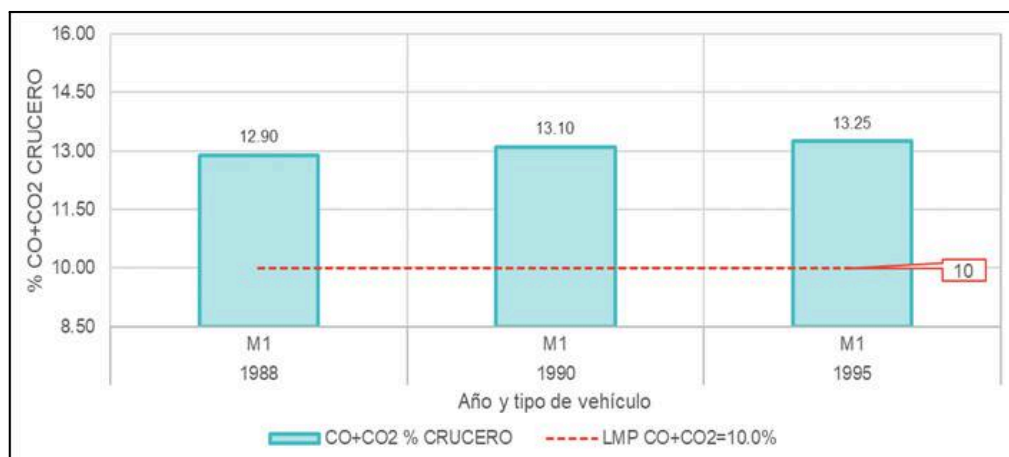


Figura 32: Comparación de la concentración de CO + CO₂ en cruceo (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)

La tabla 23 da a conocer sobre las concentraciones de monóxido de carbono más dióxido de carbono (CO + CO₂) emitidas por los vehículos (fabricados entre 1996 y 2002) que acudieron al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C., presentando valores tanto en condición ralentí y cruceo. Además, se observa una la categoría vehicular correspondiente (M1 y N1) en dichos años; donde las concentraciones registradas de los vehículos se encuentran por encima del LMP (8.0 %), esto se presenta en ambas condiciones.

Tabla 23: Concentración de monóxido de carbono (CO) más dióxido de carbono (CO₂) en ralentí y cruceo por categoría vehicular y año de fabricación (2003 en adelante).

AÑO DE FABRICACIÓN	TIPO VEHICULO	CO+CO ₂ %	CO+CO ₂ %	LMP
		RALENTI	CRUCERO	
2003	M1	14.44	14.22	12
2004	M1	15.08	14.83	12
2005	M1	14.45	14.25	12
2006	N1	14.50	14.13	12
	M1	14.56	14.30	12
2007	M1	14.49	14.40	12
2008	M1	14.63	14.43	12
	M2	14.60	14.50	12
2009	M1	14.53	14.33	12
	M2	14.20	14.10	12
2010	M2	14.70	14.60	12
	M1	14.67	14.46	12
2011	M1	14.75	14.58	12
2012	M1	14.57	14.28	12
2013	M1	14.55	14.38	12
2014	M1	15.05	14.85	12
2015	M1	14.99	14.77	12
2016	M1	15.40	15.22	12
2017	M1	15.30	15.20	12
2018	M1	16.50	16.25	12
2019	M1	16.10	16.00	12
2020	M1	16.10	15.85	12
	M2-C3	15.80	15.67	12

2021	M1	15.90	15.60	12
2022	M1	16.60	16.50	12

La figura 33 exhibe la concentración de CO+CO₂ en condición ralenti en base a las categorías M1 y N1 de vehículos fabricados entre 1996 y 2002, de los cuales puede apreciar que estos superan los límites máximos permisible se 8.0 %, según la normativa vigente. Se observa que en los vehículos del año 2002 se registraron los niveles más altos de CO + CO₂ con un valor de 14.40 %. En cambio, se registra una menor concentración en 2002 con 13.78 % en la misma categoría; en la categoría N1 se registra una concentración de 14.33 %

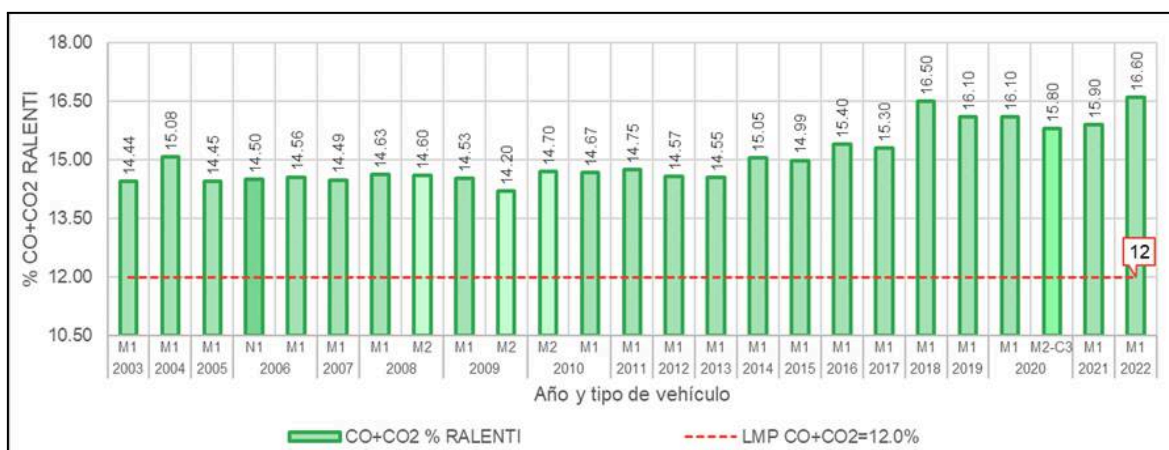


Figura 33: Comparación de la concentración de CO + CO₂ en cruceo (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)

La figura 34 exhibe la concentración de CO+CO₂ en condición cruceo en base a las categorías M1 y N1 de vehículos fabricados entre 1996 y 2002, de los cuales puede apreciar que estos superan los límites máximos permisible se 8.0 %, según la normativa vigente. Se observa que en los vehículos de tipo M1 los niveles más altos de CO + CO₂ se registraron en el 2002 con un valor de 14.22 %. En cambio, en la misma categoría se registra un mínimo valor 1996 con 13.43 %. Para el tipo de vehículo N 1 presenta una de las concentraciones más altas con 14.20 % CO+CO₂.



Figura 34: Comparación de la concentración de CO + CO₂ en crucecero (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (2003 en adelante)

4.3.3. TIPO DE VEHÍCULOS VS. CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS (HC)

La tabla 24 muestra las concentraciones de hidrocarburos (HC) emitidas por los vehículos (fabricados hasta 1995) que acudieron al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C.. Se observa que la categoría vehicular correspondiente (M1) presenta un mayor valor en el vehículo fabricado en 1995, en cambio el menor valor se registra en 1990 en la misma categoría. Al realizar la comparación con los LMP, las concentraciones registradas en ambas condiciones, estas superan límite máximo permisible se 450 ppm según el D.S. 047-2001-MTC.

Tabla 24: Concentración de hidrocarburos (HC) en ralentí y crucecero por categoría vehicular y año de fabricación (hasta 1995).

AÑO DE FABRICACIÓN	TIPO VEHICULO	HC (ppm) RALENTI	HC (ppm) CRUCECERO	LMP
1988	M1	129.00	121.00	450
1990	M1	112.00	108.00	450
1995	M1	134.75	130.25	450

En la figura 35 se muestra que en la categoría M1 los vehículos fabricados en 1988, 1990 y 1995 las concentraciones en ppm de hidrocarburos se encuentran muy por debajo del

valor Límite Máximo Permitido (LMP) de 450 ppm. Sin embargo, se registra una mayor concentración en el tipo de vehículo M1 fabricado en 1995 con 134.75 ppm, a diferencia del tipo M1 fabricado en 1990 que presentan una concentración mínima de 112 ppm.

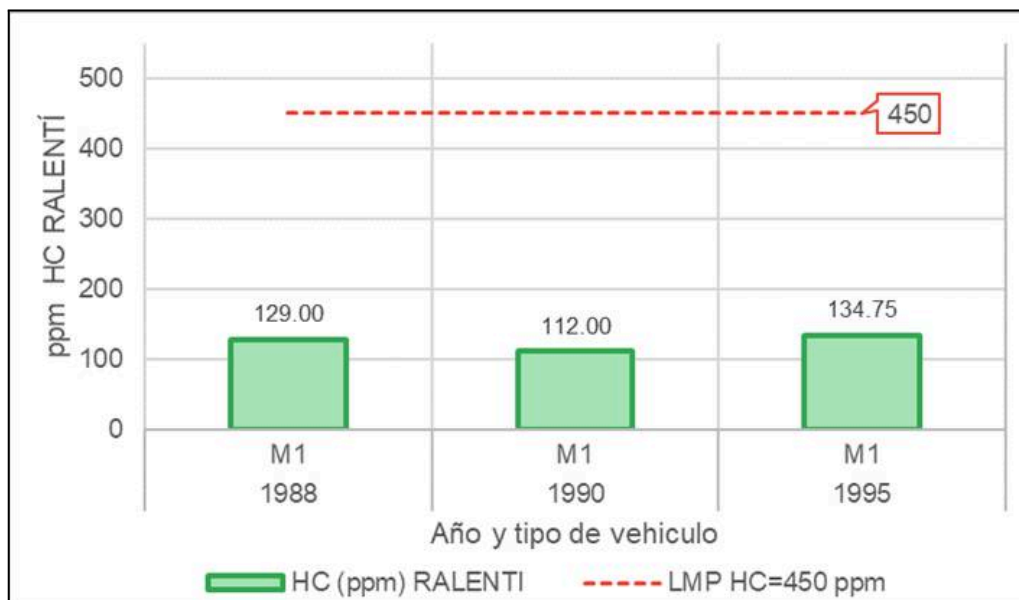


Figura 35: Comparación de la concentración de HC en ralentí (ppm) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)

En la figura 36 se exhibe que en la categoría M1 los vehículos fabricados en 1988, 1990 y 1995 al igual que en la condición ralentí las concentraciones en ppm de hidrocarburos no superan el valor Límite Máximo Permitido (LMP) de 450 ppm. Por otro lado, se registra una mayor concentración en el tipo de vehículo M1 fabricado en 1995 con 130.25 ppm, seguidamente en la misma categoría se encuentra el vehículo de 1988 con 121.0 ppm y una concentración mínima de 118 ppm se registra en 1990.

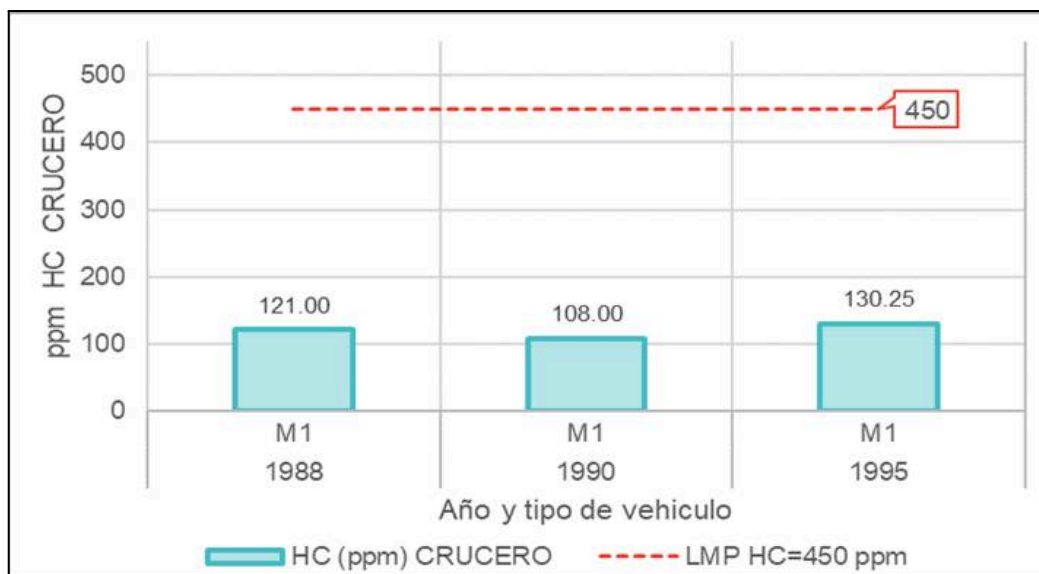


Figura 36: Comparación de la concentración de HC en crucero (ppm) con el LMP en base al tipo de vehículo (hasta 1995)

La tabla 25 da a conocer sobre las concentraciones de hidrocarburos (HC) emitidas por los vehículos (fabricados entre 1996 al 2002) que acudieron al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C., presentando valores tanto en condición ralentí y crucero. Además, se observa una la categoría vehicular correspondiente (M1 y N1) en dichos años; donde las concentraciones registradas de los vehículos no superan el valor de los LMP (350 ppm), esto se presenta en ambas condiciones. Asimismo, se observa una mayor concentración en el tipo de vehículo M1 en el año 1996 y la menor concentración en la misma categoría se da en vehículos de 2001, también el mismo año una de las concentraciones mínimas se registran el tipo de vehículo N 1.

Tabla 25: Concentración de hidrocarburo (ppm) en ralentí y cruceo por categoría vehicular y año de fabricación (1996 a 2002).

AÑO DE FABRICACIÓN	TIPO VEHICULO	HC (ppm) RALENTI	HC (ppm) CRUCERO	LMP
1996	M1	148.25	143.00	350
1997	M1	122.00	115.00	350
1999	M1	111.00	105.00	350
2000	M1	110.67	104.33	350
2001	M1	68.17	64.33	350
	N1	78.00	76.00	350
2002	M1	82.60	78.00	350

La figura 37 ilustra las concentraciones de HC en condición ralentí en base a las categorías M1 y N1 de vehículos fabricados entre 1996 y 2002, de los cuales puede apreciar que estos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de 350 ppm, según la normativa vigente. Se observa que el tipo de vehículo M1 en 1996 se registraron los niveles más altos de HC con un valor de 148.25 ppm. En cambio, se registra una menor concentración en 2001 con 68.17 ppm en la misma categoría; en la categoría N1 se registra una concentración de 78.0 ppm HC.

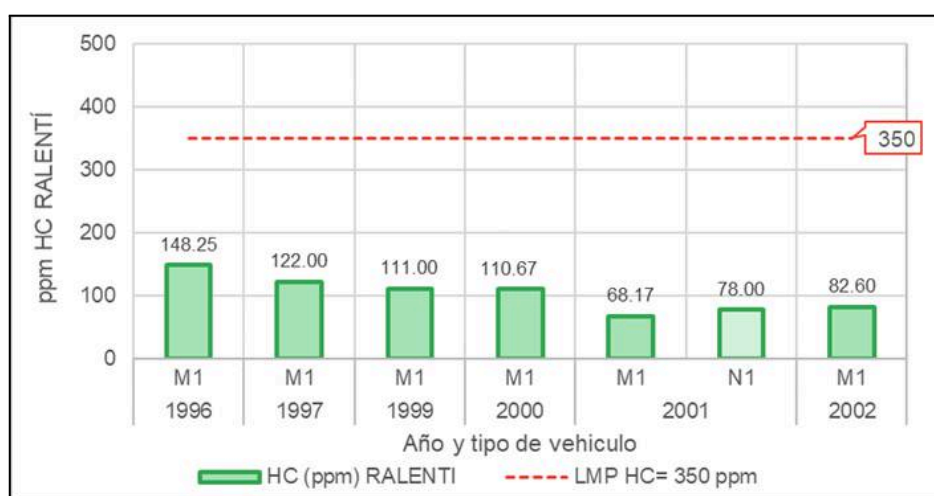


Figura 37: Comparación de la concentración de HC en ralentí (ppm) con el LMP en base al tipo de vehículo (1996 a 2002)

La figura 38 ilustra las concentraciones de HC en condición crucero en relación a las categorías M1 y N1 de vehículos fabricados entre 1996 y 2002, de los cuales puede apreciar que estos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de 350 ppm, según la normativa vigente. Se observa que el tipo de vehículo M1 en 1996 se registraron los niveles más altos de HC con un valor de 143 ppm. En cambio, se registra una menor concentración en 2001 con 64.33 ppm en la misma categoría; en la categoría N1 se registra una concentración de 76.0 ppm HC.

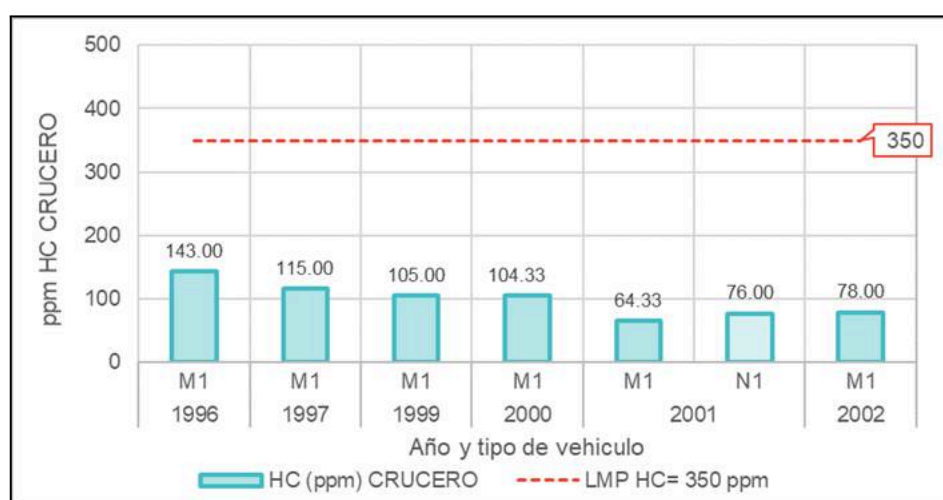


Figura 38: Comparación de la concentración de HC en crucero (ppm) con el LMP en base al tipo de vehículo (1996 a 2002)

La tabla 26 da a conocer los niveles de concentración de hidrocarburos (ppm) en condiciones de ralentí y crucero en vehículos de categorías M1, N1, M2 y M2-C3, los cuales se fabricaron entre los años 2003 y 2022. Al realizar la comparación de las concentraciones con el Límite Máximo Permitido (LMP) del 100 ppm, se registra que estos valores se encuentran dentro del valor límite, cumpliendo así con la normativa vigente. Por otro lado, se presenta una tendencia decreciente en los valores de emisión, registrándose así que el mayor valor en tipo de vehículo M1 se da en 2006 y en el mínimo valor en el 2001 en la misma categoría, lo mismo se observa en el tipo M2 su máximo valor se registra en vehículos fabricado en 2008 y en 2009 su valor disminuye.

Tabla 26: Concentración de hidrocarburo (ppm) en ralentí y crucero por categoría vehicular y año de fabricación (2003 en adelante).

AÑO DE FABRICACIÓN	TIPO VEHÍCULO	HC (ppm)		LM P
		RALENTI	CRUCERO	
2003	M1	50.00	46.60	100
2004	M1	63.00	59.75	100
2005	M1	47.75	44.00	100
2006	N1	65.67	60.00	100
	M1	51.63	47.75	100
2007	M1	47.57	43.57	100
2008	M1	44.50	40.75	100
	M2	36.00	32.00	100
2009	M1	41.43	38.14	100
	M2	41.00	38.00	100
2010	M2	56.00	54.00	100
	M1	40.56	37.11	100
2011	M1	43.83	40.83	100
2012	M1	49.83	46.33	100
2013	M1	36.25	31.75	100
2014	M1	32.00	30.00	100
2015	M1	29.00	26.33	100
2016	M1	21.33	19.17	100
2017	M1	15.00	14.00	100
2018	M1	16.50	14.50	100
2019	M1	15.00	13.00	100
2020	M1	16.50	15.50	100
	M2-C3	13.00	12.00	100

2021	M1	67.00	65.00	100
2022	M1	9.00	8.00	100

La figura 39 exhibe una mayor concentración mayor en condición ralentí en el tipo de vehículo M1 fabricado en 2021 con 67 ppm, encontrándose dentro del valor límite permisible en la normativa. La concentración más alta se en la categoría M1 se registró en el vehículo fabricado en el 2021 con 67 ppm y el mínimo valor con 9 ppm en el 2022; seguidamente se sitúa la categoría N1 con una concentración 65.67 ppm en 2006 y en la categoría M2-C3 se registra también uno de los valores más bajos con 13 ppm en el vehículo del 2020. No obstante, en todas las concentraciones en ralentí de las categorías de vehículos N1, M2, M2-C3 con el LMP (100 PPM), estos se encuentran por debajo del valor límite establecido.

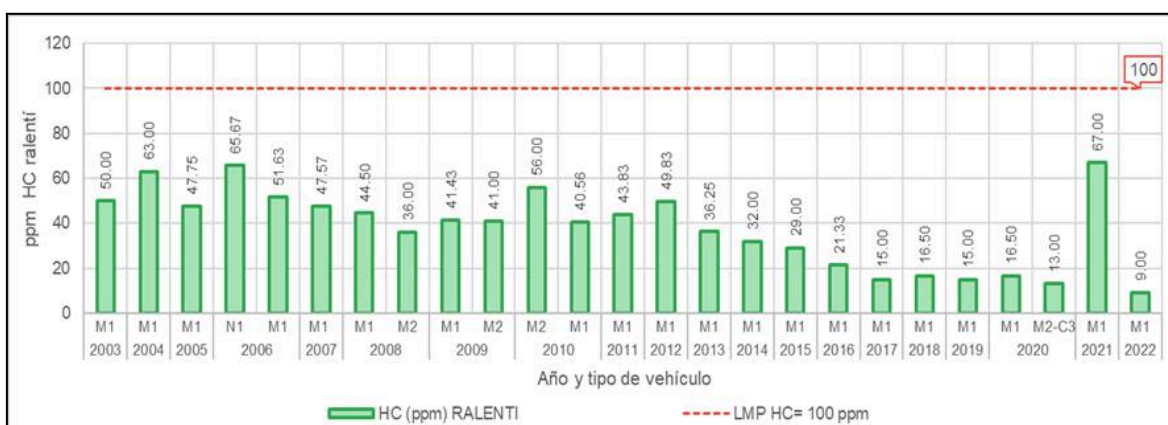


Figura 39: Comparación de la concentración de HC en ralentí (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (2003 en adelante)

La figura 40 ilustra que la mayor concentración en condición cruce se registra en el tipo de vehículo M1 fabricado en 2021 con 65 ppm, encontrándose por debajo del valor límite permisible de la normativa. La concentración más alta se registró en la categoría M1 en el 2021 con 65 ppm seguidamente se sitúa la categoría N1 con una concentración 60 ppm en 2006, el valor más bajo se registra en la misma categoría con un valor de 8 ppm en 2022 y la categoría M2-C3 también obtuvo uno de los valores más bajos con 12 ppm en el vehículo del 2020. No obstante, al comparar el LMP con todas las concentraciones en

crucero de las categorías de vehículos (N1, M2, M2-C3) estos se encuentran por debajo del valor límite establecido de 100 ppm.

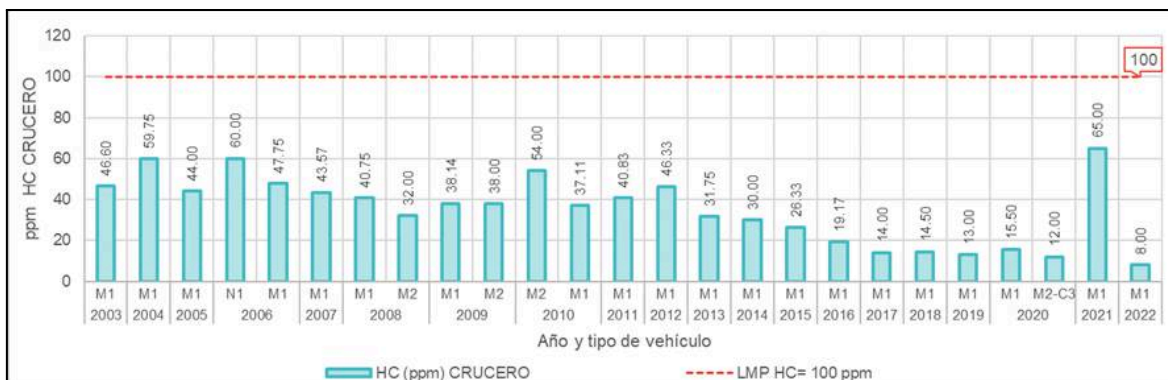


Figura 40: Comparación de la concentración de HC en crucero (%) con el LMP en base al tipo de vehículo (2003 en adelante)

4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.4.1. PRUEBA DE NORMALIDAD

- Nivel de significancia = 5 %
- Nivel de confianza = 95 %
- Prueba de normalidad: Shapiro- Wilk
- Estimador:

Si P valor => 0.05, = presenta distribución normal de los datos

Si P valor < 0.05, = no presenta distribución normal de los datos

En la tabla 27, se aprecia la prueba de normalidad Shapiro – Wilk, indicando que hay menos de 50 datos (29) para cada parámetro (CO, CO + CO₂ y HC), por ello se utilizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, en donde los hallazgos evidenciaron un nivel de significancia de 0.44, 0.045, 0.049, lo que indica que las variables mantienen una distribución de carácter no normal, ya que el p-valor es < alfa (0,05), a partir de ello se aplicará la prueba de Rho de Spearman para cuantificar la correlación de las variables

Tabla 27: Prueba de normalidad Shapiro – Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CO	,955	29	,044
CO + CO ₂	,938	29	,045
HC	,946	29	,049

Fuente: Matriz de datos SPSS

4.4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.4.2.1. Comprobación de la hipótesis específica 1

Ha: La concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave **superan** los LMP de emisiones atmosféricas para vehículos automotores

Ho: La concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave **no superan** los LMP de emisiones atmosféricas para vehículos automotores

De acuerdo a lo expuesto en el apartado 4.1. donde se indica que la concentración de monóxido de carbono (CO) supera el LMP en algunos años, con respecto a la concentración de monóxido de carbono más dióxido de carbono (CO + CO₂) la excede en todos los periodos evaluados, mientras que la concentración de hidrocarburos (HC), no exceden el LMP de emisiones atmosféricas para vehículos automotores, por ende se acepta la hipótesis alterna **H_a** y se rechaza la hipótesis nula **H_o**.

4.4.2.2. Comprobación de la hipótesis específica 2

Ha: La antigüedad de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, **influyen** significativamente en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.

Ho: La antigüedad de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, **no influyen** significativamente en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.

De acuerdo con los datos mostrados en la tabla 28, la correlación de Spearman fue de 0,572**, con un nivel de significancia (Sig.) de < 0,00, lo que indica una correlación positiva considerable entre las variables estudiadas, en mención se indica que se acepta la hipótesis H_a : La antigüedad de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, **influyen** significativamente en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC; y se rechaza la hipótesis nula H_0 .

Tabla 28: Correlación entre la antigüedad de vehículos vs. concentración de contaminantes presentes en el aire (CO, CO + CO₂, HC)

		Antigüedad	Contaminantes (CO, CO + CO ₂ , HC)
Rho	Coeficiente de correlación	1,000	,572**
	Sig. (bilateral)	.	,000
de	N	29	29
	Coeficiente de correlación	,750**	1,000
Spearman	Contaminantes		
	(CO, CO + CO ₂ , HC)	Sig. (bilateral)	,000
	N	29	29

4.4.2.3. Comprobación de la hipótesis específica 3

H_a: El tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, **influyen** significativamente en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.

H₀: El tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, **no influyen** significativamente en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.

De acuerdo con los datos mostrados en la tabla 29, la correlación de Spearman fue de ,226**, con un nivel de significancia (Sig.) de < 0,00, lo que indica una correlación positiva media entre las variables estudiadas, en mención se indica que se acepta la hipótesis **H_a**: El tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de Ilave, **influyen** significativamente en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC; y se rechaza la hipótesis nula **H₀**.

Tabla 29: Correlación entre el tipo de vehículos vs. concentración de contaminantes presentes en el aire (CO, CO + CO₂, HC)

		Tipo	Contaminantes (CO, CO + CO ₂ , HC)	
Rho de Spearman	Tipo	Coeficiente	1,000	
		de	,226**	
		correlación		
		Sig. (bilateral)	.	,000
	Contaminantes	N	29	
		Coeficiente	,750**	
		de	1,000	
		correlación		
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	29	29

4.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Estos resultados con respecto a Maldonado & Siavichay (2024), presentan cierta similitud, donde encontró que el CO₂ es el contaminante predominante, seguido del CO y los NO_x en la ciudad de Azogues mediante el uso del Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE). Esta información es fundamental para diseñar políticas efectivas de control y reducción de emisiones en la ciudad; así mismo con respecto a Sánchez (2024), encontró que el CO₂ fue el contaminante principal (86,48 % del total, equivalente a 31,558.37 Ton/año), con la zona Norte del cantón siendo la más afectada. Los camiones fueron la principal fuente de emisiones, con 18,295.79 Ton/año, seguidos por las camionetas con 8,458.48 Ton/año, de igual forma con respecto a Ticona & Díaz (2024), utilizando un analizador de gases de combustión en 19 paraderos de diversas rutas, encontró las siguientes emisiones promedio: 19.5042 g/mi de CO₂, 0.2113 g/mi de NO, 0.1068 g/mi de NO₂, 0.006 g/mi de SO₂ y 0.3156 g/mi de NO_x. El gas evaluado en relación con los límites máximos permisibles fue NO_x, y se encontró que la emisión promedio de 0.3831 g/mi supera el límite permitido de 0.07 g/mi establecido por el Decreto Supremo N° 029-2021-MINAM. Este exceso en las emisiones llevó a proponer medidas de mitigación, como la implementación de normativas para el control de emisiones y la mejora del mantenimiento de los vehículos para reducir la contaminación en el transporte público de Tacna.

De igual forma con respecto a Malpartida (2024), encontró que en el distrito de Callería, el promedio de INCA por CO fue de 39.2 µg/m³, con el mayor valor registrado en el Centro de Pucallpa (47.2 µg/m³). En Yarinacocha, el promedio fue de 36.4 µg/m³, con el valor más alto en Miraflores (42.7 µg/m³). Para PM₁₀, Callería tuvo un promedio de 78.4 µg/m³, con el valor más alto en el Centro de Pucallpa (106 µg/m³), mientras que en Yarinacocha el promedio fue de 49.0 µg/m³. En general, la calidad del aire fue "BUENA" en la mayoría de los puntos, excepto en el Centro de Pucallpa, donde fue "MALA", de igual forma con respecto a Flores et al. (2024), encontró que el dióxido de carbono (CO₂) mostró niveles de 1.10 % a 18.70 %, con un promedio de 11.99 %, mientras que el monóxido de carbono

(CO) varió entre 100 ppm y 1088 ppm, con un promedio de 470.05 ppm. El promedio combinado de CO₂ y CO fue 12.03 %. Las emisiones de CO₂ en la ciudad de Puno se mantuvieron por debajo del límite máximo permisible (LMP), comparado con los estándares de países como Colombia y México. Se encontró que las concentraciones de CO₂ son significativamente diferentes de las concentraciones de O₂, con niveles de O₂ siendo más altos, lo que indica que el nivel de contaminación es tolerable para la salud humana, también Angles (2024), indica un importante contribución del transporte público a la contaminación atmosférica de Puno, con unas emisiones anuales de CO₂ de 330,7 tCO₂e para el Alcance 1 y de 969.981,2 tCO₂e para el Alcance 3. y finalmente con respecto a Quispe R. (2024), según los datos, los vehículos a gasolina generaron más CO que los vehículos a GLP. Además, se encontró una correlación negativa ($R = -0,804$) entre el año de fabricación de los coches y las emisiones de CO, lo que sugiere que las emisiones disminuyen a medida que aumenta el año de fabricación. En resumen, en la mayoría de los casos, los niveles de CO no superaron los límites máximos permitidos.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La concentración de CO en el periodo de evaluación presenta una media de 0.81 % en ralenti, y 0.77 % en crucero, cumpliendo en mayor medida con los LMP para vehículos automotores, mientras que la concentración de CO + CO₂, presenta una media de 15.21 % en ralenti, y 14.42 % excediendo los LMP, y finalmente la concentración de HC presenta una media de 57.73 % en ralenti, y 54.07 %; donde la mayoría de vehículos cumplen con los LMP

SEGUNDA: Existe una influencia significativa entre la antigüedad de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC, por que a medida que los vehículos son menos antiguos las emisiones de CO, CO + CO₂, HC son menores, esto se apoya en el valor de correlación de Spearman de 0,572 y un valor p de 0,00 (<0,05).

TERCERA: Existe una influencia significativa entre el tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC, por que a medida que el tipo de vehículos (M1, N1, M2 - C3), es más nuevo, existe un decrecimiento de las emisiones de CO y HC, mientras que ocurre lo contrario con el CO + CO₂ (aumentó), esto se apoya en el valor de correlación de Spearman de 0,226 y un valor p de 0,00 (<0,05).

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la Municipalidad de la ciudad de Ilaye en específico a la gerencia de transportes y de medio ambiente en el ámbito de sus competencias, emplear el 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 superan los límites máximos permisibles.

SEGUNDA: A la Municipalidad de la ciudad de Ilaye en específico a la gerencia de transportes y de medio ambiente, tomar medidas preventivas y/o acciones correctivas por que los vehículos que circulan en su jurisdicción, sobrepasan los rangos permitidos por la normativa; sensibilizando 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.

TERCERA: A la Municipalidad de la ciudad de Ilaye, disponga mediante ordenanza que los vehículos con más de 10 años de antigüedad sean retirados de circulación vial, pues, por su antigüedad contaminan mucho más el medio ambiente, así mismo, debe incidir con mayor frecuencia controles periódicos del estado técnico de los vehículos a fin de evitar excesos de emanaciones tóxicas.

QUINTA: A los futuros proyectos de investigación, investigar más a profundo, tomando en consideración el impacto que causa los contaminantes atmosféricos hacia la salud pública y emplear esa información para desarrollar e implementar políticas públicas que regulen adecuadamente las emisiones contaminantes del parque automotor, y así mejorar las condiciones de salud de los habitantes de la ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

- Angles, O. (2024). Contaminación del aire por emisiones de co2 de los vehículos de servicio de transporte público en la ciudad de Puno. *Ciencia Latina Sociales*, 8(4), 1-15.
- Balcázar, D. (2023). *Análisis del nivel de contaminación atmosférica ocasionado por la emisión de gases de escape del parque automotor en la ciudad de Loja* [Tesis]. Universidad del Azuay.
- Barrionuevo, R. (2022). *Análisis de la correlación de la concentración de CO y CO2 en el habitáculo de vehículos tipo SUV con la temperatura y humedad relativa en el interior de los vehículos* [Tesis]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Berrosipi, L., & Mamani, W. (2024). *El parque automotor y la contaminación del aire en el tramo de la avenida Alfredo Mendiola—Urbanización pro, Lima 2024* [Tesis]. Universidad Nacional del Callao.
- Checa, E. (2015). *Evaluación a la exposición laboral a monóxido de carbono en el centro de revisión y control vehicular la florida alta del Distrito Metropolitano de Quito y propuesta de medidas de prevención y control*. [Tesis]. Universidad Internacional SEK, Facultad de ciencias del trabajo y comportamiento humano.
- Córdova, J. (2019). *Índice de la calidad de aire de combustión del monóxido de carbono y dióxido de azufre del flujo vehicular en Pariachi y Huaycán* [Tesis]. Universidad Peruana Unión.
- Davila, G. (2020). *Optimización del proceso de incineración mediante análisis de parámetros de operación del incinerador pirolítico PV-100 para residuos sólidos, Chiclayo*. [Tesis]. Universidad César Vallejo.
- Desamparados, R. (2022). *Contaminantes atmosféricos particulados: Evaluación de las fuentes de origen y de su contribución a la contaminación atmosférica en el clúster cerámico de Castellón*. [Tesis]. Universidad JAUME.
- D.S. 010-2017-MINAM. (2017). *Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisiones atmosféricas para vehículos automotores*. Ministerio del Ambiente.

- Flores, R., Ginez, P., Alfaro, R., Flores, E., & Condori, E. (2024). Efecto del parque automotor en el nivel de contaminación por dióxido de carbono en la ciudad de Puno. *Ciencia Latina Internacional*, 8(1). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9937
- Garcia, A. (2018). *Estudio sobre la reducción de emisiones NOx y SOx (Study about NOx and SOx reduction)* [Tesis]. Universidad De Cantabria, Escuela Técnica Superior De Náutica.
- García, R. (2016). *Análisis del incremento de la emisión de gases y humos Análisis del incremento de la emisión de gases y humos ciudad de Cajamarca* [Tesis]. Tesis Mag. Sc. UNC.
- Guor, F., & Song, H. (2022). Apply woods model in the predictions of ambient air particles and metallic elements (Mn, Fe, Zn, Cr, and Cu) at industrial, suburban/coastal, and residential sampling sites. *The Scientific World Journal*, 1-7.
- Hernández, S., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación*. McGrawHill Education.
- Huaman, V. (2023). Descripción de los efectos de los óxidos de carbono (CO₂ y CO) en ambientes interiores y exteriores. *Revista de Investigación Universitaria*, 4(1), 1-23.
- INAGEP. (2020). *Programa de especialización en monitoreo de aire*. Instituto Autónomo de Gestión Pública.
- IQAir. (2023). *World Air Quality Report*. IQAir Report.
- Islam, F., Majumder, S., Al Mamun, A., & Khan, B. (2015). Trace metals concentrations at the atmosphere particulate matters in the southeast Asian mega city (Dhaka, Bangladesh). *Journal of Air Pollution*, 86-98.
- Jiménez, F., Santos, M., & Santillan, N. (2024). Emisiones vehiculares de dióxido de carbono al cruzar una zona fronteriza al noroeste de México antes y durante la incidencia del COVID-19. *Ciencia ergo-sum*, 31, 1-17.
- Juárez, D., & Osorio, R. (2018). *Modelamiento de la dispersión del plomo en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca* [Tesis]. Tesis Parcial.

- Justo, J. (2021). *Evaluación de la calidad del aire según los niveles de concentración de SO₂, NO₂, CO y O₃ en puntos críticos de la ciudad de Juliaca*. [Tesis]. Universidad Nacional de Juliaca.
- Lamb, W., Wiezdmann, T., Pongratz, J., Andrew, R., Crippa, M., Olivier, J., Wiedenhofer, D., Mattioli, G., & Minx, J. (2023). A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018. *Environmental Research Letters*, 16, 1-10.
- Maldonado, M., & Siavichay, M. (2024). *Estimación de un inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Azogues mediante el modelo internacional de emisiones (IVE)* [Tesis]. Universidad de Azuay.
- Malpartida, L. (2024). *Análisis comparativo de los niveles de calidad del aire por monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM₁₀) en zonas comerciales de Pucallpa (Calleería) y puerto Callao (Yarinacocha)-2023* [Tesis]. Universidad Nacional de Ucayali.
- MINAM. (2016). *Índice de calidad del aire*. Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2020). *Informe nacional del estado del ambiente*. Ministerio del ambiente.
- Molina, D., & Morales, P. (2024). *Contaminación ambiental por smog y su influencia en la agudización de asma bronquial Arequipa 2022* [Tesis]. Universidad José Carlos Mariategui.
- Moncayo, V. (2023). Emisión de dióxido de carbono de vehículo automotor en la ciudad de Loja, Ecuador. *Revista CEDAMAZ*, 8(23), 23-29.
- Montalvo, K. (2024). *Efectos de la contaminación atmosférica y su impacto en la salud debido a emisiones del parque automotor en la ciudad de Cajamarca* [Tesis]. Universidad Cesar Vallejo.
- Montero, J., & Alcazar, J. (2018). *La contaminación atmosférica por fuentes móviles: Caso Milagro* [Tesis]. Universidad Estatal De Milagro.
- OMS. (2023). *Organizacion Mundial De La Salud*. Organizacion Mundial De La Salud. https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab_1.


- Palacios, F. (2020). *Medidas de Inmisión para Partículas Totales Suspendidas y Metales Pesados en Muestras de Aire av. Mariscal Sucre, sector el tejlar, Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador* [Tesis]. Universidad Internacional SEK.
- Picado, P., Rodríguez, J., & Sibaja, J. (2024). Comparación de dos metodologías de cálculo de emisiones de gases efecto invernadero para vehículos en Costa Rica, 2014. *Tecnología en Marcha*, 37(4), 1-11.
- Quispe, D. (2024). *Análisis espacio-temporal de gases contaminantes en la región Puno utilizando imágenes sentinel-5p en Google earth engine periodo 2018-2024* [Tesis]. Universidad Privada San Carlos de Puno.
- Quispe, R. (2024). *Determinación del nivel de contaminación de monóxido de carbono generado por vehículos, Puno-2023* [Tesis]. Universidad Privada San Carlos de Puno.
- R.D. 00224-2023-MTC. (2023). *Resolución Directoral N.º 0224-2023-MTC/10*. Miniterio de transportes y telecomunicaciones.
- Sánchez, L. (2024). *Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en el cantón Chambo*. [Tesis]. Universidad Nacional del Chimborazo.
- SUTRAN. (2020). *Resolución de superintendencia N°-2020-SUTRAN-SP*. Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías.
- Ticona, S., & Díaz, G. (2024). *Estimación de los niveles de contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos de transporte público urbano en los principales distritos de Tacna* [Tesis]. Universidad Privada de Tacna.
- Vilema, R., & Villa, H. (2024). *Análisis de la concentración de gases contaminantes en las fosas de revisión técnica vehicular de la empresa pública mancomunada de tránsito de tungurahua (EPMTT) para el diseño e implementación de un sistema de ventilación*. [Tesis]. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA
<p>General ¿Cuál es el nivel de contaminación del aire ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave?</p>	<p>General Determinar los niveles de contaminación del aire ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave, 2025.</p>	<p>General El nivel de contaminación del aire ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave es elevada</p>	<p>Independiente Antigüedad y tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular de llave.</p>	<p>Antigüedad de vehículos</p>	<p>Vehículos Nuevos (0 a 3 años) Vehículos Seminuevos (4 a 9 años) Vehículos Usados (10 a 19 años) Vehículos Antiguos o Clásicos (+20 años)</p>	<p>años años años años</p>	<p>Tipo de investigación Aplicativo Nivel de investigación Descriptivo</p>
<p>Específicas ¿Cuál es la concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave?</p>	<p>Específicas Determinar la concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave, 2025.</p>	<p>Específicas La concentración de CO, CO + CO₂, HC ocasionado por los vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave superan los LMP de emisiones atmosféricas para vehículos automotores.</p>	<p>Dependiente Niveles de contaminación del aire</p>	<p>Tipos de vehículos</p>	<p>M1 M2 M3 N1 N2</p>	<p>----- ----- ----- ----- -----</p>	<p>Diseño de investigación No experimental</p>
<p>¿Cuál es la influencia de la antigüedad de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC?</p>	<p>Determinar la influencia de la antigüedad de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.</p>	<p>La antigüedad de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave, influyen significativamente en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.</p>	<p>Contaminantes del aire a evaluar</p>	<p>Contaminantes del aire a evaluar</p>	<p>Monóxido de Carbono (CO) Hidrocarburos (HC)</p>	<p>% ppm</p>	<p>Técnicas de recolección de datos Monitoreo con el opacímetro de marca AVL DITEST DISMOKE 480 y analizador de gases.</p>
<p>¿Cuál es la influencia del tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC?</p>	<p>Determinar la influencia del tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.</p>	<p>El tipo de vehículos que acuden al centro de inspección vehicular HUERTALINO S.A.C. de la ciudad de llave, influyen significativamente en la concentración de contaminantes presentes en el aire de CO, CO + CO₂, HC.</p>					

Anexo 02: Certificado de calibración del Opacómetro AVL DITEST DISMOKE 480



**CALIBRACIONES
INTI S.A.C.**

CALIBRACIONES INTI S.A.C
RUC: 20610590111
EMAIL: calibraciones.inti@gmail.com
983090199


CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN

N°0000-122


<p>INFORMACIÓN GENERAL DEL SOLICITANTE</p> <p>Solicitante: AZPER PERU JC S.R.L. RUC: 20603672993 Dirección: CARRETERA PANAMERICANA SUR KM 1416 S/N CENTRO POBLADO DE SAN CRISTOBAL DE BALSABE Distrito/Provincia/Departamento: ILAVE- CALLAO - PUNO Celular: 927736267 Correo Electrónico: azperjculiaca24@hotmail.com plinicaro2@gmail.com Solicitud de servicio: CIS-00009-24</p> <p>INFORMACIÓN DEL EQUIPO/INSTRUMENTO CALIBRADO</p> <p>Equipo/Instrumento: OPACIMETRO Marca: AVL DITEST Modelo: DISMOKE 480 Número de Serie: 17811 Rango de Escala 0 - 100 % 0 - 99,99 1/m</p> <p>División de Escala 0.1% 0.01 1/m</p> <p>Fecha de Calibración: 11-03-2024</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El presente Certificado de Calibración es válido por seis (06) meses (DS-N° 047-2001 MTC). La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que este realiza en la Región.</p> <p>Este Certificado de Calibración, al estar en el marco de la acreditación de INACAL – DA, cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP – ISO/IEC 17025 (homologación nacional de la Norma Internacional ISO/IEC 17025 “Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración”). Los resultados consignados en el presente Certificado de Calibración se refieren únicamente al objeto sometido a calibración; al momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones. CALIBRACIONES INTI S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o del presente Certificado de Calibración.</p>
---	---

Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de CERTIFICACIONES INTI S.A.C.

RECOMENDACIÓN:
Es responsabilidad del usuario mantener el equipo en estado de calibración.
Libración



Técnico a Cargo



JULIO CESAR TITO CAÑAZACA

DIRECCIÓN: ASOCIACIÓN PRO-VIVIENDA
LAS FLORES ZONA 3 Mz. I LOTE 10
AREQUIPA-CERRO COLORADO



CALIBRACIONES INTI S.A.C
RUC: 20610590111
EMAIL: calibraciones.inti@gmail.com
983090199

CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN

N°0000-122

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se ha realizado por comparación directa de los patrones utilizados, efectuándose la determinación del error de condición del opacímetro, según la Norma ISO-11614 y el manual del fabricante.

LUGAR DE CALIBRACION

AZPER PERU JC S.R.L. - ILAVE

CONDICIONES AMBIENTALES DE CALIBRACION

Temperatura	16°C
Humedad Relativa	44%
Presión Atmosférica	1018hPa

Patrones de referencia utilizados

Patrones utilizados	Certificado de análisis	Trazabilidad
Filtro Patrón de Transmisión		Bundesamt für Eich-und Vermessungswesen

RESULTADOS DE CALIBRACION

Patrón K [1/m]	Lectura K [1/m]	Error		Incertidumbre K[1/m]
		Lectura K [1/m]	Relativo [%]	
3.19	3.20	0.01	0.03	0.200

Lente Patrón [1/m]	Lectura del equipo	Error Absoluto (%)	EMP [%]	Error mínimo (N = %)
52.09	52.10	0.1	±1	50.4

OBSERVACIONES

El Opacímetro presenta valores dentro de los límites de tolerancia.



Técnico a Cargo



JULIO CESAR TITO CAÑAZACA

DIRECCIÓN: ASOCIACIÓN PRO-VIVIENDA
LAS FLORES ZONA 3 Mz. I LOTE 10
AREQUIPA-CERRO COLORADO



CALIBRACIONES INTI S.A.C
RUC: 20610590111
EMAIL: calibraciones.inti@gmail.com
983090199

CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN

N°0000-122

INSPECCIÓN DEL EQUIPO/INSTRUMENTO

1. Comprobación de los componentes

- Sonda de medición
- Sistema de RPM
- Sonda de temperatura
- Válvula de tres Vías
- Prueba de impresora

Aprobado Desaprobado

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Comprobación del Funcionamiento

- Señal de Opacidad
- Periodo de Calentamiento
- Error menor a 5%
- Etiqueta anterior de Calibración

Aprobado Desaprobado

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES

Equipo apto para su funcionamiento.



Técnico a Cargo


JULIO CESAR TITO CAÑAZACA

DIRECCIÓN: ASOCIACIÓN PRO-VIVIENDA
LAS FLORES ZONA 3 M2. L LOTE 10
AREQUIPA-CERRO COLORADO

Anexo 03: Certificado de calibración del Analizador de gases AVL DITEST DISMOKE 480



CALIBRACIONES INTI S.A.C
RUC: 20610590111
EMAIL: calibraciones.inti@gmail.com
983090199

CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN

N°0000-121

INFORMACIÓN GENERAL DEL SOLICITANTE

Solicitante: **AZPER PERU JC S.R.L.**
RUC: 20603672993
Dirección: CARRETERA PANAMERICANA SUR
KM 1416 S/N CENTRO POBLADO DE
SAN CRISTOBAL DE BALSABE
Distrito/Provincia/Departamento: ILAVE- CALLAO - PUNO
Celular: 927736267
Correo Electrónico: azpericuliaca24@hotmail.com
plinioaro2@gmail.com
Solicitud de servicio: **CIS-00009-24**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El presente Certificado de Calibración es válido por seis (06) meses (DS-N° 047-2001 MTC).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que este realiza en la Región.

INFORMACIÓN DEL EQUIPO/INSTRUMENTO CALIBRADO

Equipo/Instrumento: **ANALIZADOR DE GASES**
Marca: AVL DITEST
Modelo: GAS 1000
Número de Serie: 25387
Rango de Escala
Hc: 0 a 20000 ppm
Co: 0.00 a 10 % vol
Co2: 0.00 a 20 % vol
Resolución de Escala
HC: 1ppm vol C3H8
CO: 0,01 % vol
CO2: 0,01 % vol
Fecha de Calibración: 11-03-2024

Este Certificado de Calibración, al estar en el marco de la acreditación de INACAL – DA, cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP – ISO/IEC 17025 (homologación nacional de la Norma Internacional ISO/IEC 17025 “Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración”)

Los resultados consignados en el presente Certificado de Calibración se refieren únicamente al objeto sometido a calibración; al momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones. CALIBRACIONES INTI S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o del presente Certificado de Calibración.

Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de CERTIFICACIONES INTI S.A.C.

RECOMENDACIÓN:

Es responsabilidad del usuario mantener el equipo en estado de calibración.



Técnico a Cargo


JULIO CESAR TITO CAÑAZACA

DIRECCIÓN: ASOCIACIÓN PRO-VIVIENDA
LAS FLORES ZONA 3 Mz. L LOTE 10
AREQUIPA-CERRO COLORADO



CALIBRACIONES INTI S.A.C
RUC: 20610590111
EMAIL: calibraciones.inti@gmail.com
983090199

CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN

N°0000-121

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se ha realizado por comparación directa con los patrones utilizados, determinándose el error de indicación del analizador de gases. Tomado como referencia la Norma Metroológica Peruana NMP 024:2017 "Instrumentos de medición de gases de escape de vehículos" y el manual del fabricante.

LUGAR DE CALIBRACION

AZPER PERU JC S.R.L. - ILAVE

CONDICIONES AMBIENTALES DE CALIBRACION

Temperatura	16°C
Humedad Relativa	44%
Presión Atmosférica	1018hPa

Patrones de referencia utilizados

Patrones utilizados	Certificado de análisis	Trazabilidad
Gases de referencia con incertidumbres de hasta 1%	CC467736	Patrones de referencia del NIST

OBSERVACIONES

Equipo apto para su funcionamiento.



Técnico a Cargo


JULIO CESAR TITO CAÑAZACA

DIRECCIÓN: ASOCIACIÓN PRO-VIVIENDA
LAS FLORES ZONA 3 Mz. 1 LOTE 10
AREQUIPA-CERRO COLORADO



CALIBRACIONES INTI S.A.C
RUC: 20610590111
EMAIL: calibraciones.inti@gmail.com
983090199

CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN

N°0000-121

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Componente	Valor Convencional Verdadero	Indicación Del analizador	Error de Indicación		Incertidumbre	EMP.CLASE I	
			Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo
HC%ppm/vol	571.12	571.93	0.81	-0.13%	5.13	± 10	± 5%
CO%vol	2.11	2.13	0.02	-0.26%	0.02	± 0.02	± 5%
CO ₂ % vol	11.10	11.22	0.10	-0.48%	0.07	± 0.26	± 5%

Componente	Valor Convencional Verdadero	Indicación Del analizador	Error de Indicación		Incertidumbre	EMP.CLASE I	
			Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo
HC%ppm/vol	280.39	281.95	1.56	-0.30%	2.12	±9	± 5%
CO%vol	1.01	1.02	0.01	-1.16%	0.05	±0.02	± 5%
CO ₂ % vol	10.02	10.08	0.06	-0.82%	0.04	±0.31	± 5%

Componente	Valor Convencional Verdadero	Indicación Del analizador	Error de Indicación		Incertidumbre	EMP.CLASE I	
			Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo
HC%ppm/vol	83.01	83.12	0.11	-0.14%	0.02	±0.02	± 5%
CO%vol	0.45	0.47	0.02	-2.50%	0.08	±0.47	± 5%
CO ₂ % vol	4.41	4.49	0.08	-1.56%	1.19	±9	± 5%

El valor Convencional Verdadero (VCV) Resulta de la relación:
VCV = Indicación del analizador - Error

OBSERVACIONES:

Equipo apto para su funcionamiento.




Técnico a Cargo


JULIO CESAR TITO CAÑAZACA

DIRECCIÓN: ASOCIACIÓN PRO-VIVIENDA
LAS FLORES ZONA 3 Mz. L LOTE 10
AREQUIPA-CERRO COLORADO

Anexo 04: Certificado de inspección técnica vehicular del centro de inspección técnica vehicular HUERTALINO SAC



CENTRO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR HUERTALINO S.A.C.
R.D.N°0181-2025-MTC/17.03
Carretera Panamericana Sur Km. 1618 S/N Distrito de Ilava, Provincia El Collao, Departamento de Puno.
Cel. 908806630, Correo Electrónico: sachuertalino@gmail.com

CERTIFICADO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR
N°: C-2025-403-609-000145

Tipo de Inspección: ORDINARIA - COMPLEMENTARIA	Fecha Inspección: 28/05/2025	Informe de Inspección N°: 1222
--	------------------------------	--------------------------------

I.- CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO

1 Placa	Z2V88S	7 Combustible	DIESEL	13 Asientos / Pasajeros	2/1
2 Categoría	N2	8 VIN / N° de Serie	FK612K521846	14 Largo / Ancho / Alto	3.85 / 2.40 / 3.26
3 Marca	MITSUBISHI	9 N° de Motor	6D16851689	15 Color(es)	BLANCO AZUL
4 Modelo	FUSO	10 Carrocería	BARANDA	16 Peso Neto (Kg.)	5010
5 Año de Fabricación	1996	11 Marca de carrocería	MITSUBISHI	17 Peso Bruto (Kg.)	9190
6 Kilometraje	773490	12 N° ejes / N° ruedas	2/6	18 Cargo Útil (Kg.)	4180

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

CITY	Frenómetro		Alineador		Analizador u Opacímetro		Regloscopio Luxómetro		Banco de Suspensión		
Línea	L1-MIXTA	Equipo N°	R-L210235544	Equipo N°	BF0000723	Equipo N°	17811	Equipo N°	0892	Equipo N°	650431432

III.- RESULTADOS OBTENIDOS

PRUEBA DE FRENOS																			
FRENO DE SERVICIO					FRENO DE ESTACIONAMIENTO					FRENO DE EMERGENCIA									
EJE S	PESO (Kg.)	Fuerza de frenado (kN)		Desequilibrio (%)	Eficiencia (%)	Resultado	EJE S	PESO (Kg.)	Fuerza de frenado (kN)		Eficiencia (%)	Resultado	EJE S	PESO (Kg.)	Fuerza de frenado (kN)		Eficiencia (%)	Resultado	
		Der.	Izq.						Der.	Izq.					Der.	Izq.			
1	2600	7,58	7,42	2,11	53	A	1	2600			19	A	1						
2	2420	6,66	5,42	2,87			2	2420	4,28	5,12			2						
3							3						3						
4							4						4						
5							5						5						

PRUEBA DE ALINEAMIENTO			PROF. DE NEUMÁTICOS			PRUEBA DE LUCES					SUSPENSIÓN		
EJES	DESVIACIÓN (m/m)	Resultado	Medidas (mm)		Resultado	Tipo de LUZ	Medida (Lux ó C)		Alineamiento(1)		Resultado	Delantera (%)	Posterior (%)
			Der.	Izq.			Der.	Izq.	Der.	Izq.		Izq.	Izq.
1	5	A	5,14	5,25	A	Bajas	19	12	OK	OK	A		
2	1	A	5,12	5,21	A	Altas	34	37	OK	OK	A		
3						Alfa adicional							
4						Neblineras							
5													

(1) Indicar la desviación del haz de luz a la (20°-IDER+ / 90°-SUP+)

EMISIÓN DE GASES <small>(no aplica para vehículos eléctricos)</small>	T° Aceite (°C)	79	CO Ral (%)		CO Acel (%)		Resultado	A
	RPM	2528	CO + CO2 Retard (‰)		CO+CO2 Acel(‰)			
	Opac.(m-1)	1,67	HC Ral (ppm)		HC Acel (ppm)			

EMISIONES SONORAS	Sonómetro (dB)	Resultado
	78	A


IV.- OBSERVACIONES DETECTADAS

CÓDIGO	INTERPRETACIÓN DE DEFECTOS	CALIFICACIÓN
H.3.10.1	EN MAL ESTADO, DESGASTADOS O MAL FIJADAS (LAMINAS RETROREFLECTIVAS)	LEVE

Nota: Las observaciones efectuadas deben ser subsanadas antes de la siguiente inspección Técnica Vehicular.

V.- RESULTADO DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR

RESULTADO DE LA INSPECCIÓN	VIGENCIA DEL CERTIFICADO	FECHA PROXIMA INSPECCIÓN
APROBADO	12 Meses	28/05/2026



CENTRO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR HUERTALINO S.A.C.
Ing. Plinio Edwin Aro Chino
INGENIERO SUPERVISOR

Firma del Ingeniero Supervisor

CERTIFICACIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE MERCANCIAS GENERALES O ESPECIALES NO CONSIDERADAS COMO MATERIALES O RESIDUOS PELIGROSOS

CLASE DE AUTORIZACIÓN DE ÁMBITO NACIONAL




Z2V885 - 28/05/2025

MEDIANTE EL PRESENTE DOCUMENTO SE CERTIFICA QUE EL VEHÍCULO MATERIA DE INSPECCIÓN DESTINADO AL SERVICIO DE TRANSPORTE DE PÚBLICO DE MERCANCIAS GENERALES O ESPECIALES NO CONSIDERADAS COMO MATERIALES O RESIDUOS PELIGROSOS, HA APROBADO LA INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR COMPLEMENTARIA AL HABERSE VERIFICADO QUE SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES TÉCNICAS Y MECÁNICAS DE FUNCIONAMIENTO, QUE CUMPLE CON LAS CONDICIONES Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ESTABLECIDAS EN EL REGLAMENTO NACIONAL DE VEHÍCULOS APROBADO POR DECRETO SUPREMO N° 058-2003-MTC Y EN LOS ARTÍCULOS 19° Y 21° DEL REGLAMENTO NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TRANSPORTES APROBADO POR DECRETO SUPREMO N° 017-2009-MTC, SEGÚN CONSTA EN EL INFORME DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEICULAR N° 1222

OBSERVACIONES:

Fecha de Inspección	28/05/2025
----------------------------	------------

CENTRO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR LOS SAC

 Ing. Plinio Edwin Aro Chino
 INGENIERO SUPERVISOR
 O.P. N° 109829

Firma del Ingeniero Supervisor



CENTRO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR HUERTALINO S.A.C
R.D.N° 0181-2025-MTC/17.03

Carretera Panamericana Sur Km. 1618 S/N Distrito de Ilave, Provincia El Collao, Departamento de Puno.
Cel. 908004630. Correo Electrónico: sachuertalino@gmail.com

CERTIFICADO DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR
N°: C-2025-403-609-000147

Tipo de Inspección: ORDINARIA - COMPLEMENTARIA	Fecha Inspección: 28/05/2025	Informe de Inspección N°: 1225
--	------------------------------	--------------------------------

I.- CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO

1	Placa	Z1R644	7	Combustible	GASOLINA	13	Asientos / Pasajeros	5/4
2	Categoría	M1	8	VIN / N° de Serie	NCP510132949	14	Largo / Ancho / Alto	4,19 / 1,69 / 1,52
3	Marca	TOYOTA	9	N° de Motor	1N2C170526	15	Color(es)	BLANCO
4	Modelo	PROBOX	10	Carrocería	STATION WAGON	16	Peso Neto (Kg.)	1050
5	Año de Fabricación	2006	11	Marca de carrocería	TOYOTA	17	Peso Bruto (Kg.)	1720
6	Kilometraje	708726	12	N° ejes / N° ruedas	2/4	18	Carga Útil (Kg.)	670

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

CITY		Frenómetro		Alineador		Analizador u Opacímetro		Regloscopio Luxómetro		Banco de Suspensión	
Línea	L1-MIXTA	Equipo N°	R-L210235544	Equipo N°	BF0000723	Equipo N°	25337	Equipo N°	0892	Equipo N°	650431432

III.- RESULTADOS OBTENIDOS

FRENO DE SERVICIO										FRENO DE ESTACIONAMIENTO										FRENO DE EMERGENCIA									
EJE S	PESO (Kg.)	Fuerza de frenado (kN)		Desequilibrio (%)	Eficiencia (%)	Resultado	EJE S	PESO (Kg.)	Fuerza de frenado (kN)		Eficiencia (%)	Resultado	EJE S	PESO (Kg.)	Fuerza de frenado (kN)		Eficiencia (%)	Resultado											
		Der	Izq						Der	Izq					Der	Izq													
1	600	1,78	1,72	3,37	55	A	1	600			17	A	1																
2	450	1,18	1,02	13,56			2	460	0,93	0,82			2																
3							3						3																
4							4						4																
5							5						5																

PRUEBA DE ALINEAMIENTO			PROF. DE NEUMÁTICOS			PRUEBA DE LUCES				SUSPENSIÓN					
EJES	DESVIACION (m/m)	Resultado	Medidas (mm)		Resultado	Tipo de Luz	Medida (Lux ó C)		Alineamiento(1)		Resultado	Delantera (%)		Posterior (%)	
			Der	Izq			Der	Izq	Der	Izq		Izq	Der	Der.	Izq.
1	5	A	3,25	3,25	A	Bajas	16	18	OK	OK	A	53	59		
2	1	A	3,15	3,15	A	Altas	41	46	OK	OK	A	55	57		
3						Alta adicional						3	2		
4						Neblinas						Result.	A	Result.	A
												Resultado Final		A	

(1) Indicar la desviación del haz de luz a la IZQ=DER+ / INF=SUP+

EMISIÓN DE GASES (no aplica para vehículos eléctricos)	T° Aceite (°C)	77	CO Rel (%)	0,31	CO Acef (%)	0,27	Resultado
	RPM	2497	CO + CO2 Ralentí (%)	14,5	CO+CO2 Acef (%)	14,4	
	Opac.(m-1)		HC Ral (ppm)	38	HC Acef (ppm)	35	

EMISIONES SONORAS	Sonómetro (dB)	Resultado
	68	

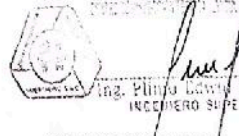
IV.- OBSERVACIONES DETECTADAS

CÓDIGO	INTERPRETACIÓN DE DEFECTOS	CALIFICACIÓN
--------	----------------------------	--------------

Nota: Las observaciones efectuadas deben ser subsanadas antes de la siguiente Inspección Técnica Vehicular.

V.- RESULTADO DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR

RESULTADO DE LA INSPECCIÓN	VIGENCIA DEL CERTIFICADO	FECHA PROXIMA INSPECCIÓN
APROBADO	6 Meses	28/11/2025


Ing. Pineda
INGENIERO SUPERVISOR

Firma del Ingeniero Supervisor

CERTIFICACIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA PARA EL SERVICIO ESPECIAL DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PERSONAS EN TAXI


CLASE DE AUTORIZACIÓN | DE ÁMBITO PROVINCIAL



MEDIANTE EL PRESENTE DOCUMENTO SE CERTIFICA QUE EL VEHÍCULO MATERIA DE INSPECCIÓN DESTINADO AL SERVICIO ESPECIAL DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PERSONAS EN TAXI HA APROBADO LA INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR COMPLEMENTARIA AL HABERSE VERIFICADO QUE SE ENCUENTRAN EN BUENAS CONDICIONES TÉCNICAS Y MECÁNICAS DE FUNCIONAMIENTO, QUE FUE DISEÑADO ORIGINALMENTE DE FÁBRICA PARA EL TRANSPORTE DE PERSONAS, CUMPLE CON LAS CONDICIONES Y REQUISITOS TÉCNICOS ESTABLECIDOS PARA DICHO SERVICIO EN EL ARTÍCULO 25° DEL REGLAMENTO NACIONAL DE VEHÍCULOS APROBADO POR DECRETO SUPREMOS N° 058-2003-MTC, EN EL ARTÍCULO 19° DEL REGLAMENTO NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TRANSPORTES APROBADO POR DECRETO SUPREMO N° 017-2009-MTC Y EN LA NORMATIVIDAD EMITIDA POR LA AUTORIDAD PROVINCIAL COMPETENTE, SEGÚN CONSTA EN EL INFORME DE INSPECCIÓN TÉCNICA VEHICULAR N° 1225

OBSERVACIONES:

Fecha de Inspección	28/05/2025
---------------------	------------



 Ing. Plinio Edwin Aro Chino
 INGENIERO SUPERVISOR

Firma del Ingeniero
Supervisor

Anexo 05: Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores

II.4. Vehículos de categorías M y N con motor de encendido por chispa a gasolina, GLP o GNV como combustible u otros combustibles alternos				
Año de fabricación(*)	Altitud [msnm]	CO [% - v/v]	HC [ppm]	CO + CO ₂ [% - v/v] mínimo
Hasta 1995	0 a 1800	3,0	400	10 [8 ⁽¹⁾]
	> 1800	3,0	450	8

Año de fabricación(*)	Altitud [msnm]	CO [% - v/v]	HC [ppm]	CO + CO ₂ [% - v/v] mínimo
1996 a 2002	0 a 1800	2,5	300	10 [8 ⁽¹⁾]
	> 1800	2,5	350	8
2003 en adelante	A cualquier altitud	0,5	100	12[8 ⁽¹⁾]

Anexo 06: Panel fotográfico



Figura 41: Centro de inspección técnica vehicular HUERTALINO SAC de la ciudad de Ilave



Figura 42: Opacímetro AVL DITEST DISMOKE 480



Figura 43: Analizador de gases AVL DITEST DISMOKE 480

Analizador de Gases AVL Local							
Prueba: Interpretación de Defectos Manual							
EMISIONES DE GASES	T° Aceite (°C)	77	CO Ralentí (%)	0.31	CO Acel (%)	0.27	RESULTADO
	RPM	2,497	CO + CO2 Ralentí (%)	14.50	CO + CO2 Acel (%)	14.40	A
	Opacidad (m-1)		HC Ralentí (ppm)	38	HC Acel (ppm)	35	

Figura 44: Datos del monitoreo de la emisión de gases