



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Atribución 4.0 Internacional

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ATIT_2023-FIAS-049

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“Niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S por el tránsito vehicular en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022”

Presentado por:

APAZA QUICHUA CARLOS DANIEL

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 0%** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20151643**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

31 de Agosto del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
UNIDAD DE INVESTIGACION
Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoto
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



INFORME DE INVESTIGACION DE TESIS

**Niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S por el
tránsito vehicular en la calidad del aire, ctra. panamericana sur
2, Ica, 2022**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES

Presentado por:

Bach. APAZA QUICHUA CARLOS DANIEL

Asesor:

Dr. PEDRO CORDOVA MENDOZA

ICA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a mis padres: Víctor Antonio Apaza Gomez y Nelida Quichua Misaico, quienes fueron un pilar fundamental para lograr este objetivo que me trace en la vida, asimismo me lo dedico a mí, por no rendirme frente a las adversidades presentadas en el camino, todo esfuerzo valio la pena.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento profundo a la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, a la Carrera de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, a los docentes que de manera desinteresada aportaron para que durante estos cinco años de estudio se forje nuestra formación académica.

En especial al Dr. Pedro Córdova Mendoza, por su acertada dirección e invaluable colaboración para la realización de este trabajo de investigación de tesis.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
SUMMARY	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	13
1.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	14
1.2.1. Antecedentes Internacionales	14
1.2.2. Antecedentes nacionales.....	16
1.3. BASES TEÓRICAS.....	16
1.3.1. “Concentración del aire”	16
1.3.2. “Dispersión de contaminantes atmosféricos”	17
1.3.3. Fuentes móviles de emisión	17
1.3.4. Combustión completa e incompleta	18
1.3.5. “Contaminantes generados por fuentes móviles de emisión”	18
1.3.6. Principales contaminantes de la atmósfera: Orígenes e impactos en la salud y el medio ambiente	19
1.3.7. Calidad del aire.....	20
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.4.1. Problema general.....	22
1.4.2. Problemas específicos	22
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.5.1. Objetivo principal.....	22
1.5.2. Objetivos Específicos	23
1.6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	23
1.6.1. Hipótesis principal.....	23
1.6.2. Hipótesis Específicas.....	23
1.6.3. Variables de investigación.....	23
1.7. “JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA”.....	27
1.7.1. Justificación.....	27

1.7.2.	Importancia.....	27
1.8.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	29
1.8.1.	“Contaminación Atmosférica”	29
1.8.2.	“Estándares de Calidad del Aire (ECA)”	29
1.8.3.	Concentración.....	29
1.8.4.	“Concentración de 24 horas”	29
1.8.5.	Monitoreo	29
II.	ESTRATEGIA METODOLOGICA.....	31
2.1.	ÁREA DE ESTUDIO.....	31
2.2.	“PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE”	32
2.3.	“NÚMERO DE PUNTOS DE MUESTREO SUGERIDO POR LA OMS Y EPA”	34
2.4.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	36
2.4.1.	Tipo, nivel y diseño de investigación	36
2.4.2.	“Población y muestra”	37
2.4.3.	“Técnicas de recolección de datos”	38
2.4.4.	Instrumentos de recolección de datos	39
2.4.5.	“Técnicas de procesamiento de datos e interpretación de los resultados”	41
2.4.6.	Análisis de los datos e interpretación de los resultados.....	42
2.5.	“NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL AIRE”	43
2.5.1.	La constitución política del Perú	43
2.5.2.	“Ley General del Ambiente (Ley N°28611, LGA)”	44
2.5.3.	Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, Ley N°28245.....	44
2.5.4.	“Ley Orgánica de Municipalidades Ley N°27972”	45
2.5.5.	Decreto Supremo N°003 – 2017 - PCM Estándares nacionales de calidad ambiental del aire.	45
III.	RESULTADOS.....	47
3.1.	EVALUAR QUE LOS “NIVELES DE CONCENTRACIÓN” DE CO ₂ , NO ₂ , CO Y H ₂ S GENERADOS POR EL TRÁNSITO VEHICULAR INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL AIRE, CTRA. PANAMERICANA SUR 2 EN LA CIUDAD DE ICA	47
3.1.1.	Puntos de Monitoreo	47
3.1.2.	“Equipos y métodos de análisis utilizados”	52
3.1.3.	“Método de análisis de los parámetros de calidad de aire”	55

3.2.	“EXPLICAR QUE LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE GENERADO CON EL TRÁNSITO VEHICULAR INFLUYE EN LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CARRETERA PANAMERICANA SUR 2 EN LA CIUDAD DE ICA”	56
3.3.	“EVALUAR QUE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CO ₂ , NO ₂ , CO Y H ₂ S GENERADOS POR EL TRÁNSITO VEHICULAR INFLUYE CON LOS ESTÁNDARES DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN LA CARRETERA PANAMERICANA SUR 2 DE LA CIUDAD DE ICA”.	59
IV.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	74
4.1.	DISCUSIÓN DE LOS “NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CO ₂ , NO ₂ , CO Y H ₂ S GENERADOS POR EL TRÁNSITO VEHICULAR Y LA CALIDAD DEL AIRE, CTRA. PANAMERICANA SUR 2 EN LA CIUDAD DE ICA.....	74
4.2.	DISCUSIÓN DE LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE GENERADO CON EL TRÁNSITO VEHICULAR Y LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CARRETERA PANAMERICANA SUR 2 EN LA CIUDAD DE ICA.	75
4.3.	DISCUSIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CO ₂ , NO ₂ , CO Y H ₂ S GENERADOS POR EL TRÁNSITO VEHICULAR Y LOS ESTÁNDARES DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN LA CARRETERA PANAMERICANA SUR 2 DE LA CIUDAD DE ICA.....	76
V.	CONCLUSIONES	77
VI.	RECOMENDACIONES	78
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXO		85
ANEXO I.....		86
ANEXO II: CADENA DE CUSTODIA		87
ANEXO III		88

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Se sugiere un promedio de estaciones de monitoreo de la calidad del aire en áreas urbanas con una población específica [28]	35
Tabla 2 Parámetros meteorológicos en los meses de Agosto, setiembre y octubre	39
Tabla 3. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire [36]	46
Tabla 4 Se proporciona una descripción y las coordenadas UTM de los puntos de monitoreo utilizados para evaluar la calidad del aire	47
Tabla 5. Resultados obtenidos de las estaciones de monitoreo utilizando el equipo de muestreo de calidad del aire.....	50
Tabla 6. Parámetros de la calidad del aire	52
Tabla 7. Los instrumentos utilizados en la vigilancia de la calidad del aire	54
Tabla 8. El factor medido y los instrumentos utilizados para las mediciones del clima	55
Tabla 9. El método de análisis utilizado para evaluar la calidad del aire.....	56
Tabla 10. El resultado obtenido del muestreo de calidad del aire	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio Panamericana Sur-Distrito de Ica	32
Figura 2. Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire durante el mes de agosto de 2022.....	33
Figura 3. Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire durante el mes de setiembre de 2022	33
Figura 4. Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire durante el mes de octubre de 2022.....	34
Figura 5. Tren de muestreo, TechPeru.	40
Figura 6. Punto ubicado a 100 m del grifo REPSOL en la azotea de una vivienda. CA-1	48
Figura 7. Punto ubicado en la azotea de una vivienda frente a ELECTRODUNAS. Punto CA-2	48
Figura 8. Realización de un proceso de seguimiento en la carretera Panamericana Sur 2, ubicada en la ciudad de Ica, durante el mes de agosto de 2022.....	62
Figura 9. Realización de un proceso de seguimiento en la carretera Panamericana Sur 2, ubicada en la ciudad de Ica, durante el mes de setiembre de 2022.....	63
Figura 10. Realización de un proceso de seguimiento en la carretera Panamericana Sur 2, ubicada en la ciudad de Ica, durante el mes de octubre de 2022	64
Figura 11. Distribución de t-Student para el monitoreo del (CO ₂), carretera panamericana sur 2, Ica.....	67
Figura 12. Distribución de t-Student para el monitoreo del (NO ₂), carretera panamericana sur 2, Ica.....	69
Figura 13. Distribución de t-Student para el monitoreo del (CO), carretera panamericana sur 2, Ica.....	71
Figura 14. Distribución de t-Student para el monitoreo del (H ₂ S), carretera panamericana sur 2, Ica.....	73

RESUMEN

Objetivo, fue evaluar que los “niveles de concentración” de CO₂, NO₂, CO y H₂S por el tránsito vehicular influyen en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022. **Material y Métodos,** el estudio realizado de tipo observacional-prospectivo-longitudinal, nivel descriptivo, diseño experimental, la investigación aplicada. **Resultados,** se realizaron mediciones en los puntos de monitoreo CA-1 y CA-2, con el equipo Tren de Muestreo en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2022, se aplicó el t-student, con un nivel de significancia de 0.05, considerando un grado de libertad de 5 y los resultados como el Dióxido de Carbono (CO₂) con un valor tExperimental de (-13.6821), el Dióxido de Nitrógeno (NO₂) con un valor tExperimental de (-53.5422), el Monóxido de Carbono (CO) con un valor tExperimental de (-35.1194) y Sulfuro de Hidrogeno (H₂S) con un valor tExperimental de (-172.1826), siendo el valor tCritico de (-2.0150). Por lo tanto, se aceptó la hipótesis alterna. **Discusión,** los resultados indicaron que en determinadas horas pico y tramos de mayor densidad de tráfico, se registraban niveles más altos de contaminantes, lo que sugiere que el tránsito vehicular es un factor determinante en la calidad del aire en esta área, en general los niveles están por debajo de los límites establecidos por el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. **Conclusión,** que los niveles de CO₂, NO₂, CO y H₂S se mantienen dentro de los límites establecidos por los estándares de calidad ambiental. Los resultados del estudio demuestran claramente que no se superan los niveles permitidos de concentración de estos gases.

Palabras Claves: *Niveles de concentración, calidad del aire; tránsito vehicular.*

SUMMARY

Objective, was to assess that the "concentration levels" of CO₂, NO₂, CO and H₂S by vehicular traffic influence air quality, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022. **Materials and Methods**, the study carried out was observational-prospective-longitudinal, descriptive level, experimental design, applied research. **Results**, measurements were made at the monitoring points CA-1 and CA-2, with the Sampling Train team in the months of August, September and October 2022, the t-student was applied, with a significance level of 0.05. , considering a degree of freedom of 5 and the results as Carbon Dioxide (CO₂) with a tExperimental value of (-13.6821), Nitrogen Dioxide (NO₂) with a tExperimental value of (-53.5422), Carbon Monoxide (CO) with a tExperimental value of (-35.1194) and Sulfur Hydroxide (H₂S) with a tExperimental value of (-172.1826), with the tCritical value being (-2.0150). Therefore, the alternate hypothesis was accepted. **Discussion**, the results indicated that in certain peak hours and sections with higher traffic density, higher levels of pollutants were recorded, which suggests that vehicular traffic is a determining factor in air quality in this area. In general, the levels are below the limits established by Supreme Decree No. 003-2017-MINAM. **Conclusion**, that the levels of CO₂, NO₂, CO and H₂S remain within the limits established by the environmental quality standards. The results of the study clearly demonstrate that the permitted levels of concentration of these gases are not exceeded.

Keywords: *Concentration levels, air quality; vehicular traffic.*

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un problema ambiental de gran relevancia en muchas áreas urbanas y carreteras con alto tránsito vehicular. La carretera Panamericana Sur 2 en Ica ha experimentado un aumento significativo en el tráfico de vehículos, lo cual plantea preocupaciones acerca de la naturaleza del ambiente en el sector. Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo principal analizar los niveles de concentración de gases contaminantes, como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el dióxido de carbono (CO₂) y el sulfuro de hidrógeno (H₂S), gestados por el transporte vehicular en dicha carretera durante el año 2022.

Los datos recopilados se procesaron y analizaron utilizando procedimientos de estudios específicos considerados en los parámetros de la naturaleza del ambiente. Se compararon los resultados obtenidos con los límites establecidos en las normas y regulaciones vigentes, como el D.S. N°003-2017-MINAM, para evaluar si los niveles de contaminación superan los límites permitidos. Además, se realizó un análisis estadístico de los datos para identificar tendencias y patrones en la concentración de los gases contaminantes, y se buscó posibles correlaciones entre estos niveles y los parámetros meteorológicos registrados.

Por lo tanto, la investigación está estructurada en capítulos:

Capítulo I: “Describe la situación problemática de los niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S por el tránsito vehicular en la calidad del aire en la carretera panamericana sur 2, presentes en el ambiente relacionados con la calidad del aire”. Se ha revisado los antecedentes internacionales, nacionales y locales, como también se ha fundamentado las bases teóricas, que ha permitido determinar la justificación e importancia de la investigación, asimismo, se han revisado fuentes bibliográficas para elaborar el marco conceptual.

Capítulo II: El enfoque “metodológico de la investigación es de tipo observacional-retrospectiva-longitudinal, nivel descriptivo y diseño experimental”. Se identificó como población al desplazamiento vehicular liviano y de carga pesada “en la carretera

panamericana sur 2 y el tamaño de la muestra, se determinó mediante el equipo para gases el tren de muestreo en los dos puntos seleccionados en campo como estación de muestreo “CA-1 y CA-2”. La técnica empleada fue la observación y el instrumento el tren de muestreo donde se registraron en cada punto los muestreos de CO por un periodo de 8 horas, NO₂ por un periodo de una hora y el CO₂ y H₂S ambos por un periodo de 24 horas como lo indica la norma.

Capítulo III: Se evaluó en los puntos indicados con las estaciones de muestreo la concentración obtenida con el tren de muestreo “en el área de tránsito vehicular en la calidad del aire en la carretera de la panamericana sur 2, se aplicó el estadístico t-Student, para la evaluación de la significancia de las variables estudiadas”.

Capítulo IV: En base a los resultados obtenidos de las estaciones de muestreo en la carretera panamericana sur 2, se ha realizado la “discusión de resultados”.

En los Capítulo V y VI; “se indican las conclusiones y recomendaciones” y en el capítulo VII se señalan las “referencias bibliográficas”.

1.1. Situación problemática

La protección ambiental suele ser un tema desafiante en países con una economía de rápido crecimiento como en los países desarrollados. “La exposición a la contaminación del aire en países desarrollados puede tener impactos ambientales y de salud adversos, particularmente en áreas urbanas y altamente industrializadas” [1]. “A medida que aumenta la contaminación del aire, aumenta el riesgo de accidente cerebrovascular, enfermedad cardíaca, cáncer de pulmón, enfermedades respiratorias crónicas y agudas, incluido el asma. Como consecuencia, la contaminación del aire genera pérdidas directas e indirectas para la economía nacional” [1], incluidos los gastos de atención médica necesarios y pérdidas de productividad. “Como se puede observar la calidad del aire ambiental en la ciudad de Lima, Perú, que en algunos distritos suele estar por encima de los estándares de salud”. “Además, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son el eje central de la Agenda 2030, donde se muestra una mirada integral, indivisible y de colaboración internacional, es decir, construir una visión de futuro deseable, en la ciudad de Ica para el caso de los niveles de contaminación generado por el tránsito vehicular, resaltare “el (ODS)-3, que cuenta con un grupo de propósitos, entre ellos hasta el 2030 reducir el número de muertes y enfermedades provocadas por productos químicos peligrosos y la contaminación del agua, **el aire** y el suelo”

“La contaminación del aire es un proceso que introduce diversos contaminantes a la atmósfera que causan daño a los seres humanos, a otros organismos vivos y al medio ambiente natural”[2]. “Los efectos sobre la salud de la contaminación del aire, observados tanto en el interior como en el exterior, han sido motivo de gran preocupación debido al alto riesgo de exposición incluso a concentraciones relativamente bajas de contaminantes del aire”[3]. “Se estima que cada año ocurren más de dos millones de muertes en todo el mundo como consecuencia directa de la contaminación del aire a través de daños en los pulmones y el sistema respiratorio”[2].

Como es el caso en el país China la ciudad de Yangon, una de las ciudades más densamente pobladas y urbanizada de Myanmar, según datos del Departamento de Población, la densidad de población de la ciudad es más alta en el país con 716

personas por kilómetro cuadrado [4]. La reciente relajación en las regulaciones de importación de vehículos causa una notable afluencia de vehículos de motor en Yangon; Los vehículos registrados han aumentado en gran medida de aproximadamente 480,000 vehículos en 2013 [5] a más de 870,000 vehículos en abril de 2018 [6], además, debido al aumento de las inversiones en la economía basada en la industria, también hay un fuerte desarrollo industrial en Yangon. Estudios previos sobre la calidad del aire reportaron altos niveles de gases ácidos en el exterior, como el NO₂ y el SO₂ [7].

1.2. Antecedentes del problema

1.2.1. Antecedentes Internacionales

Según *JERP*, “en 2013 se llevó a cabo un estudio conjunto del Banco Mundial y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Hídricos para evaluar la calidad del aire en once ciudades de la parte oriental de Kazajistán”. “Los resultados indicaron que los estándares de calidad del aire de la Unión Europea para PM₁₀, NO₂ y SO₂ se superaron en diez de las once ciudades examinadas”. Como resultado del estudio, se dieron muchas recomendaciones para modernizar la red de monitoreo en las ciudades estudiadas”[8].

Según, *Hernández, et al.*, “El dióxido de azufre (SO₂) es un gas dañino para la salud humana cuando se inhala, las partículas de sulfato, el ácido sulfuroso y el ácido sulfúrico son compuestos nocivos creados por la reacción del SO₂ con otras sustancias”[9]. Continúa *Hernández, et al.*, “aproximadamente diez minutos es tiempo suficiente para sentir los efectos de la exposición al SO₂, y las personas con mayor riesgo son aquellas con asma y otras enfermedades asociadas con dificultades respiratorias”[9].

“La contaminación del aire se está convirtiendo en un tema de intensa investigación a todos los niveles debido al aumento del nivel de actividades antropogénicas y los cambios climáticos”[10], “que surgen de la búsqueda de la industrialización tanto en los países desarrollados como

en desarrollo del mundo”[10]. “Es una de las principales causas del deterioro de las condiciones de salud humana, ya que respirar aire seguro es tan importante como el agua o los alimentos seguros” [10]. “Sin embargo, una buena proporción de la población humana en los países en desarrollo está sujeta a respirar aire contaminado por la combustión de combustibles fósiles, biomasa y otras fuentes difusas”[10].

“La estimación de las emisiones atmosféricas desde fuentes fijas de combustión es una necesidad en la diligencia de la naturaleza del ambiente urbano de la ciudad de Cuenca”[11], “con la finalidad de disponer de la información del inventario de emisiones que permita determinar el impacto generado al recurso aire, el cual afecta visiblemente a la salud humana y al ecosistema”[11]. “El objetivo de esta investigación fue cuantificar y estimar las emisiones atmosféricas de los contaminantes más representativos generados en fuentes fijas de procesos de combustión”[11].

“Los países desarrollados como Europa y Estados Unidos han utilizado muchos modelos de calidad del aire basados en Gauss, como ADMS y AERMOD, que son muy avanzados y complejos, pero fáciles de usar para gestionar la calidad del aire local (EPA, 2009; CERC, 2006)”[10]. “La aplicación de los modelos ADMS y AERMOD es limitada en el desarrollo como Nigeria debido a la falta de disponibilidad de datos de entrada, el costo involucrado en evaluar los datos de entrada requeridos de tales modelos y el tiempo”[10]. El estudio presentó un modelo gaussiano modificado que es simple y fácil de usar, ya que requiere pocos parámetros de entrada. El modelo se utilizó para predecir patrones de dispersión de contaminantes gaseosos (CO y NO₂)”[10]. “El objetivo es medir la contribución de la chimenea a la contaminación del aire ambiente y evaluar los posibles efectos sobre la salud humana”[10].

1.2.2. Antecedentes nacionales

“La contaminación atmosférica en los últimos años se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales, debido entre otros muchos factores a desastres naturales y al impacto de las actividades antropogénicas”[12]. “Aspectos que han producido un efecto perjudicial en la calidad del aire y que han provocado la preocupación de la sociedad y de sus autoridades” [12]. “Bustillos en su investigación de la contaminación causada por las chimeneas de las industrias existentes en la región clasificadas como fuentes fijas”[12].

En la investigación [13] “la metodología que se utilizo es descriptiva, porque se obtuvieron diferentes variables (parámetros) y de tipo cuantitativo, que serán comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para determinar la calidad ambiental del aire”. Para asegurar la calidad y veracidad de los resultados se tuvo en cuenta el “Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos de la DIGESA, puntos ya definidos y establecidos dentro de las instalaciones de la Central Térmica Ventanilla”. Los resultados obtenidos se contrastan con las pautas establecidas en el Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Aire, tal como se menciona en el Decreto Supremo N°003-2008-MINAM y su enmienda D.S N° 003-2017-MINAM.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. “Concentración del aire”

Según **Stanek, & Brown**, “La contaminación del aire se puede definir como la emisión de diversos gases, partículas, materiales biológicos y otros contaminantes a la atmósfera. Las fuentes de emisión pueden ser naturales y antropogénicas”[14], Para **Prato & Huertas**, “Las fuentes naturales incluyen desastres físicos, como incendios forestales, erupciones volcánicas, tormentas de polvo y diversas actividades agrícolas”[15]. Fino, “Las fuentes antropogénicas producen la mayor parte de los contaminantes

ambientales y pueden ser fuentes fijas y móviles” [16]. *Yadav & Devi*, Las fuentes estacionarias engloban todas las acciones que implican la quema de combustibles derivados de fuentes fósiles en la generación de electricidad o calor. Esto incluye la quema de combustibles fósiles en los procesos de producción, las emisiones provenientes de hogares y la incineración de residuos, así como los hornos y otros dispositivos de calefacción. También se considera la quema tradicional de biomasa, diversas instalaciones industriales, actividades mineras y agrícolas.[17].

1.3.2. “Dispersión de contaminantes atmosféricos”

La dispersión es el proceso mediante el cual los gases producidos por fuentes estacionarias o móviles se mezclan con los gases ya presentes en el aire. Este fenómeno también puede ser influenciado por las variaciones climáticas que se produzcan en el entorno, dependiendo de su impacto.[18]. Asimismo, El movimiento del viento transporta los contaminantes en la atmósfera, lo que resulta en una disminución de su concentración en una ubicación específica. Además, las fluctuaciones de temperatura también desempeñan un papel importante en la concentración de estos contaminantes.[18].

1.3.3. Fuentes móviles de emisión

Hay dos categorías de fuentes móviles según su funcionamiento: fuentes móviles fuera de las vías y fuentes móviles en las vías. “Las fuentes móviles fuera de las vías incluyen aviones, maquinaria de construcción, embarcaciones y trenes, mientras que las fuentes móviles en las vías engloban cualquier tipo de fuente que normalmente opera en carreteras públicas”, como automóviles de pasajeros, camiones, autobuses, motocicletas y triciclos motorizados.[19].

Principalmente, hay tres categorías de emisiones producidas por los vehículos: “las que se generan durante la combustión cuando el motor está en funcionamiento bajo condiciones estables (emisiones en caliente) y salen a través del tubo de escape, las que se producen cuando el motor

está frío (emisiones durante el arranque en frío)” y, por último, las emisiones evaporativas de hidrocarburos que están asociadas con la evaporación del combustible en el depósito de almacenamiento y los sistemas de transporte hacia el motor. [19].

1.3.4. Combustión completa e incompleta

En caso de que la combustión sea completa y perfecta, los productos generados serían dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua (H_2O) y nitrógeno (N_2). Sin embargo, dado que la combustión en los motores no es ideal, se producen otros compuestos, como monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NO_x). La presencia de plomo y azufre como productos de la combustión, ya sea completa o incompleta, depende directamente de la presencia de estos elementos en los combustibles utilizados.

1.3.5. “Contaminantes generados por fuentes móviles de emisión”

En la actualidad, la mayoría de los vehículos en circulación utilizan motores de combustión interna que se abastecen de diferentes tipos de combustibles como gasolina, diésel, gas licuado de petróleo, entre otros. Estos motores funcionan mediante la ignición de una mezcla comprimida de aire y combustible en una cámara cerrada o cilindro. Este proceso tiene como objetivo aumentar la presión y generar la potencia necesaria para propulsar el vehículo a la velocidad deseada y transportar la carga requerida.

Las fuentes móviles emiten gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), a través de la quema de diversos tipos de combustibles. Además, generan otros contaminantes debido a la combustión incompleta, como monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y material particulado (PM). También se producen contaminantes a partir de la oxidación de sustancias no combustibles presentes en la cámara de combustión, como óxidos de nitrógeno (NO_x) derivados del nitrógeno contenido en el aire, óxidos de azufre (SO_x)

provenientes del azufre presente en los combustibles y lubricantes, entre otros. Estos contaminantes contribuyen a la contaminación del aire a nivel local o regional.

Los vehículos emiten principalmente contaminantes a través del escape de los motores y la evaporación de la gasolina. Estas emisiones tienen un impacto tanto a nivel local, afectando la salud humana, los recursos naturales, los edificios y los bienes materiales en la zona, como a nivel global debido al efecto invernadero. La cantidad de emisiones producidas por los vehículos depende de diversos factores, como la antigüedad del vehículo, su uso, la calidad del combustible utilizado, la eficiencia de la combustión, el mantenimiento del motor y el uso de dispositivos reductores, como los convertidores catalíticos, entre otros.

1.3.6. Principales contaminantes de la atmósfera: Orígenes e impactos en la salud y el medio ambiente

1. *Monóxido de carbono (CO)*

Se genera cuando los combustibles no se queman por completo debido a la falta de oxígeno durante la combustión. En lugar de convertirse en dióxido de carbono (CO₂) como resultado final, se forma monóxido de carbono. “Las fuentes principales de emisiones de CO a la atmósfera son los vehículos de motor y los procesos industriales, los cuales son responsables de aproximadamente el 80% de estas emisiones”. “Además, también se produce en entornos residenciales a través de la quema de leña en estufas, cocinas, la inhalación de humo de cigarrillo y el uso de calefones”.

“Daño en la salud humana y el medio ambiente”

La presencia de altas concentraciones de CO puede causar cambios fisiológicos y patológicos, e incluso llevar a la muerte. “El impacto principal en la salud se debe a que el CO sustituye al oxígeno en la sangre, formando carboxihemoglobina (COHb), lo cual disminuye el transporte de oxígeno en el cuerpo”. Esto puede resultar en una

disminución de las funciones neuroconductuales, bajo peso al nacer y retraso en el desarrollo postnatal. “Es importante destacar que el CO también tiene efectos negativos en el medio ambiente, pero en este contexto nos centraremos principalmente en sus efectos en la salud humana”.

2. *Dióxido de nitrógeno (NO₂)*

Principalmente, la fuente principal de emisiones de NO₂ es el sector del transporte. El aumento en la circulación de vehículos privados en las áreas urbanas y el constante incremento del número de vehículos en general son factores determinantes en el incremento de las emisiones de este contaminante. Cabe destacar que los vehículos con motores diésel emiten una mayor cantidad de contaminantes en comparación con los vehículos de gasolina, lo cual resalta la importancia de tener en cuenta la composición del parque automotor al evaluar estas emisiones.

“Daño en la salud humana y el medio ambiente”

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) tienen consecuencias significativas tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Pueden provocar trastornos respiratorios, dañar los pulmones y los bronquios, aumentar la vulnerabilidad a las infecciones, ocasionar daño celular, irritar los ojos y provocar la pérdida de las membranas mucosas. En particular, el dióxido de nitrógeno (NO₂) puede reaccionar con la humedad presente en la atmósfera, formando ácido nítrico, el cual puede causar corrosión en superficies metálicas y detener el crecimiento de las plantas.

1.3.7. Calidad del aire

[19] Esta declaración puede ser expresada de la siguiente manera: Se utiliza para describir todas las acciones requeridas para regular y supervisar la calidad del aire, a través de los elementos clave de un programa que engloba medidas de regulación y control, la autoridad legal

para llevar a cabo dicho programa, un inventario de emisiones, una red de monitoreo atmosférico, un sistema de gestión de información, un mecanismo para evaluar el cumplimiento y estrategias de seguimiento.

La calidad del aire, o la disminución y contaminación del mismo, se origina debido a procesos complejos resultantes de múltiples causas y efectos asociados, principalmente relacionados con la actividad humana y la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera.

“La legislación establece como “objetivo de la calidad del aire” la cuantía de cada contaminante en la atmósfera, aisladamente o asociado con otros, cuyo establecimiento conlleva obligaciones según las condiciones que se determinan para cada contaminante” [20].

1.4. Formulación del problema

El aumento significativo del tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica ha generado preocupación sobre la calidad del aire en esta área. La contaminación atmosférica producida por los gases emitidos por los vehículos puede tener impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente. Sin embargo, existe una falta de información específica sobre los niveles de concentración de gases contaminantes en esta carretera y cómo estos se relacionan con las condiciones atmosféricas locales.

Por lo que se plantea el problema principal de investigación que se centra en determinar los niveles de concentración de gases contaminantes, como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el dióxido de carbono (CO₂) y el sulfuro de hidrógeno (H₂S), generados por el tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 durante el año 2022. Además, se busca comprender cómo estos niveles de contaminación se relacionan con los parámetros meteorológicos, como la velocidad y dirección del viento, la temperatura, la presión atmosférica y la humedad relativa.

Lo que permite obtener información precisa y detallada sobre la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica, para identificar posibles problemas de

contaminación y evaluar su impacto en la salud pública y el medio ambiente. Esto permitirá tomar medidas adecuadas de gestión y control de la contaminación, así como desarrollar estrategias efectivas para mejorar la calidad del aire en esta área.

De tal manera que, el problema principal de investigación se centra en los niveles de concentración de gases contaminantes y su relación con los parámetros meteorológicos en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica. La falta de información específica en esta área y la importancia de abordar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana y el medio ambiente justifican la necesidad de llevar a cabo esta investigación.

1.4.1. Problema general

¿De qué manera los “niveles de concentración” de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular influyen en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022?

1.4.2. Problemas específicos

PE1: ¿En qué medida “la conservación del ambiente generado por el tránsito vehicular influye en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica”, 2022?

PE2: ¿Cómo “los niveles de concentración” de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular influye con los estándares de la calidad ambiental, ctra. panamericana sur 2, Ica”, 2022?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo principal

Evaluar que los “niveles de concentración” de CO₂, NO₂, CO y H₂S por el tránsito vehicular influyen en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2”, Ica, 2022.

1.5.2. Objetivos Específicos

OE1: “Explicar que la conservación del ambiente generado por el tránsito vehicular influye en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2”, Ica, 2022.

OE2: Evaluar que los “niveles de concentración” de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular influye “con los estándares de la calidad ambiental”, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022.

1.6. Hipótesis de investigación

1.6.1. Hipótesis principal

Los niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S por el tránsito vehicular influyen en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022

1.6.2. Hipótesis Específicas

HE1. “La conservación del ambiente generado por el tránsito vehicular influye en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica”, 2022.

HE2. “Los niveles de concentración” de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular influye “con los estándares de la calidad ambiental, ctra. panamericana sur 2”, Ica, 2022.

1.6.3. Variables de investigación

Variable independiente

Niveles de concentración: – En el contexto de este estudio de investigación, los niveles de concentración se refieren a las cantidades o medidas de los contaminantes atmosféricos presentes en el aire de la zona de estudio, específicamente en la carretera Panamericana Sur 2, en Ica durante el año 2022.

La cuantificación de las concentraciones se realiza a través de la evaluación y seguimiento de los agentes contaminantes presentes en la atmósfera, tales como el CO, NO₂, CO₂ y H₂S. Estos elementos son principalmente generados por el tráfico vehicular, y sus niveles en el aire pueden experimentar fluctuaciones tanto en términos de tiempo como de ubicación geográfica.

El análisis de los niveles de concentración de los contaminantes atmosféricos es fundamental para comprender el grado de contaminación del aire en la zona de estudio y su posible impacto en la salud humana y el medio ambiente. Permite identificar áreas o momentos de mayor o menor contaminación, así como establecer comparaciones con los límites establecidos por las regulaciones y normativas ambientales.

Por lo tanto, en este estudio de investigación, los niveles de concentración se refieren a las medidas de los contaminantes atmosféricos presentes en el aire, específicamente en la carretera Panamericana Sur 2, en Ica durante el año 2022. Estos niveles son determinados mediante la medición y monitoreo de los contaminantes y son importantes para evaluar la calidad del aire y sus posibles impactos.[\[21\]](#).

Variable independiente

Calidad del aire. – Se determina mediante la medición y monitoreo de estos contaminantes, utilizando equipos especializados y métodos de análisis específicos. Estos contaminantes son considerados perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente, por lo que su presencia y concentración deben ser evaluadas y controladas.

La evaluación de la calidad del aire en este estudio tiene como objetivo principal determinar los niveles de densidad de los contaminantes atmosféricos referidos y su posible impacto en la salud humana y el medio ambiente. A partir de los resultados obtenidos, se busca generar información relevante para la toma de decisiones, implementar medidas de control y mitigación de la contaminación del aire, y contribuir al diseño de

políticas públicas orientadas a mejorar la calidad del aire en la zona de estudio. [22].

Variable interviniente

Tránsito vehicular. – En el contexto de este estudio de investigación, el tránsito vehicular se refiere al movimiento y flujo de vehículos que transitan por la carretera Panamericana Sur 2, en Ica durante el año 2022. Específicamente, se enfoca en el impacto que este tránsito vehicular tiene en la calidad del aire de la zona.

El tránsito vehicular implica el tránsito de distintos modelos de vehículos, como automóviles, camiones, motocicletas, buses, entre otros, a lo largo de la carretera. Estos vehículos utilizan combustibles fósiles, como gasolina o diésel, para su funcionamiento, lo que genera emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

El tránsito vehicular puede variar en intensidad a lo largo del día y en diferentes períodos, como horas pico o momentos de menor flujo. Además, factores como el diseño de la vía, las condiciones del tráfico y la presencia de semáforos o señales de tránsito, entre otros, también pueden influir en el comportamiento y la concentración de vehículos en la carretera. [23].

Operacionalización de variable

Variable Independiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Técnicas e Instrumentos
VI: Niveles de concentración	La cuantificación de las concentraciones se realiza a través de la evaluación y seguimiento de los agentes contaminantes presentes en la atmósfera, tales como el CO, NO ₂ , CO ₂ y H ₂ S. Estos elementos son principalmente generados por el tráfico vehicular, y sus niveles en el aire pueden experimentar fluctuaciones tanto en términos de tiempo como de ubicación geográfica.”	D_{I,1}: “Conservación del ambiente”	I_{I,1,1}: Concentración de CO ₂ I_{I,1,2}: Concentración de NO ₂ I_{I,1,3}: “Concentración de CO” I_{I,1,4}: “Concentración de H ₂ S”	“μg/m ³ ” “μg/m ³ ” “μg/m ³ ” “μg/m ³ ”	Observación Tren de muestreo
Variable Dependiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Tecinas e Instrumento
VD: Calidad de aire	La evaluación de la calidad del aire en este estudio tiene como objetivo principal determinar los niveles de densidad de los contaminantes atmosféricos referidos y su posible impacto en la salud humana y el medio ambiente. A partir de los resultados obtenidos, se busca generar información relevante para la toma de decisiones, implementar medidas de control y mitigación de la contaminación del aire, y contribuir al diseño de políticas públicas orientadas a mejorar la calidad del aire en la zona de estudio. [22].	D_{D1}: Estándares de Calidad Ambiental	I_{D,1,2}: Decreto Supremo N°003-2017-MINAM	t-Critico (nivel de significancia)	Distribución descriptiva t-student

1.7. “Justificación e Importancia”

1.7.1. Justificación

El estudio es relevante debido a la creciente preocupación sobre la naturaleza del ambiente y las consecuencias adversas a la polución atmosférica que puede tener en la salud humana y el medio ambiente. La carretera Panamericana Sur 2 en Ica ha experimentado un aumento significativo en el tráfico vehicular, lo cual genera la necesidad de evaluar la naturaleza del ambiente en esta área específica. La comprensión de los niveles de concentración de gases contaminantes, como el CO, el NO₂, el CO₂ y el H₂S, generados por el tránsito vehicular es esencial para identificar posibles problemas de contaminación y tomar medidas para su mitigación.

Además, esta investigación se justifica por la falta de estudios específicos que aborden la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica. Si bien existen regulaciones y normas establecidas para controlar la calidad del aire en general, es importante tener información específica para esta área en particular debido a las características propias de la carretera y las condiciones locales. Los resultados obtenidos proporcionarán una base de conocimientos para evaluar la localización presente de la naturaleza del ambiente y respaldar la implementación de medidas de control y prevención adecuadas.

Otra razón para justificar esta investigación es la necesidad de comprender la relación entre la calidad del aire y los parámetros meteorológicos en la ubicación de estudio. Los factores climáticos, como la dirección y velocidad del viento, la temperatura y la humedad, pueden influir en la dispersión de los contaminantes y, por lo tanto, en la concentración de los gases contaminantes.

1.7.2. Importancia

En esta investigación se ha tomado en cuenta la *importancia de la Salud pública*: en la calidad del aire es un factor crucial para la salud humana. La

contaminación atmosférica, especialmente aquella generada por el tránsito vehicular, puede tener efectos negativos significativos en la salud de las personas, como problemas respiratorios, cardiovasculares y aumentando el riesgo de enfermedades respiratorias crónicas.

La importancia en la gestión ambiental: Los resultados de esta investigación servirán como base para el desarrollo de políticas y estrategias de gestión ambiental.

La importancia en la conciencia ambiental: Esta investigación contribuirá a crear conciencia sobre la importancia de la calidad del aire y la necesidad de reducir la contaminación atmosférica. Al divulgar los resultados y las conclusiones obtenidas, se fomentará la sensibilización de la sociedad y se promoverá la participación activa en la protección del medio ambiente. Esto puede generar cambios de comportamiento en la comunidad, como una mayor preferencia por medios de transporte más limpios, el uso responsable de los vehículos particulares y el apoyo a políticas y medidas que busquen mejorar la calidad del aire.

La importancia en la protección del medio ambiente: La polución del ambiente puede tener efectos perjudiciales en los ecosistemas naturales, los recursos hídricos y la biodiversidad. Al analizar los niveles de concentración de gases contaminantes y comprender su relación con las condiciones atmosféricas, se podrán tomar acciones más efectivas para proteger y preservar el medio ambiente en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica.

Por lo tanto, la importancia de esta investigación radica en su contribución a la protección de la salud humana, la gestión ambiental, la conciencia ambiental y la protección del medio ambiente. Los resultados y conclusiones obtenidos serán fundamentales para la toma de decisiones informadas y la implementación de medidas que busquen mejorar la calidad del aire y promover un entorno más saludable y sostenible.[\[24\]](#).

1.8. Definiciones conceptuales

1.8.1. “Contaminación Atmosférica”

La contaminación del aire se refiere a la alteración de la composición natural del aire o a la presencia de sustancias o formas de energía (como radiaciones, vibraciones, ruido, radiaciones ionizantes, etc.) que representen un riesgo, daño significativo o molestia tanto para los seres humanos como para sus propiedades, así como para el medio ambiente en general.[\[25\]](#).

1.8.2. “Estándares de Calidad del Aire (ECA)”

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) son medidas utilizadas para evaluar la calidad del medio ambiente. Estos estándares se basan en la medición de la cantidad de elementos, sustancias u otros componentes presentes en el aire, agua o suelo.[\[25\]](#).

1.8.3. Concentración

La cantidad de contaminantes presentes en un medio ambiente se suele medir en unidades de masa, como microgramos o nanogramos por gramo o kilogramo ($\mu\text{g/g}$ o ng/g), o en unidades de volumen, como microgramos o nanogramos por metro cúbico ($\mu\text{g/m}^3$ o ng/m^3). [\[25\]](#)

1.8.4. “Concentración de 24 horas”

La concentración promedio se calcula tomando en cuenta los valores medidos de forma continua durante un período de 24 horas en cada estación de monitoreo. Si se utilizan monitores con una resolución temporal inferior a 24 horas o si hay pérdida parcial de información horaria, se considerará un número igual o mayor a 18 horas en el cálculo de la media. [\[25\]](#).

1.8.5. Monitoreo

“Son las acciones de observación, muestreo, medición y análisis de los datos técnicos y ambientales para precisar las características del medio o

ambiente, identificar los impactos ambientales de las acciones del sector y su diversificación o cambio durante el tiempo” [\[26\]](#)

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1. Área de estudio

El área de estudio en este caso es la carretera Panamericana Sur 2 en Ica, Perú. La carretera Panamericana Sur es una importante vía de transporte que atraviesa el país, y la sección específica denominada Panamericana Sur 2 corresponde a un tramo ubicado en Ica.

Ica es una región costera en el sur de Perú, conocida por su importancia agrícola, vitivinícola y turística. La carretera Panamericana Sur 2 en Ica es una zona donde se registra un importante flujo de tránsito vehicular, lo que puede tener implicaciones significativas en la calidad del aire debido a las emisiones de gases y partículas generadas por los vehículos.”[23].

El estudio se centra en monitorear y analizar los niveles de concentración de contaminantes atmosféricos (CO₂, NO₂, CO, H₂S) generados por el tránsito vehicular en esta área específica. Además, se registran parámetros meteorológicos como la velocidad y dirección del viento, temperatura, presión atmosférica y humedad relativa para caracterizar las condiciones atmosféricas durante el muestreo de calidad del aire.

La elección de esta área de estudio es relevante debido al impacto potencial que el tránsito vehicular puede tener en la calidad del aire en una zona con alto flujo de vehículos. El análisis de los niveles de contaminantes y los factores meteorológicos en esta área puede proporcionar información importante para comprender y abordar los problemas de la calidad del aire y la salud pública en Ica, así como para informar la toma de decisiones relacionadas con el control de la contaminación y el diseño de políticas ambientales.”[23].

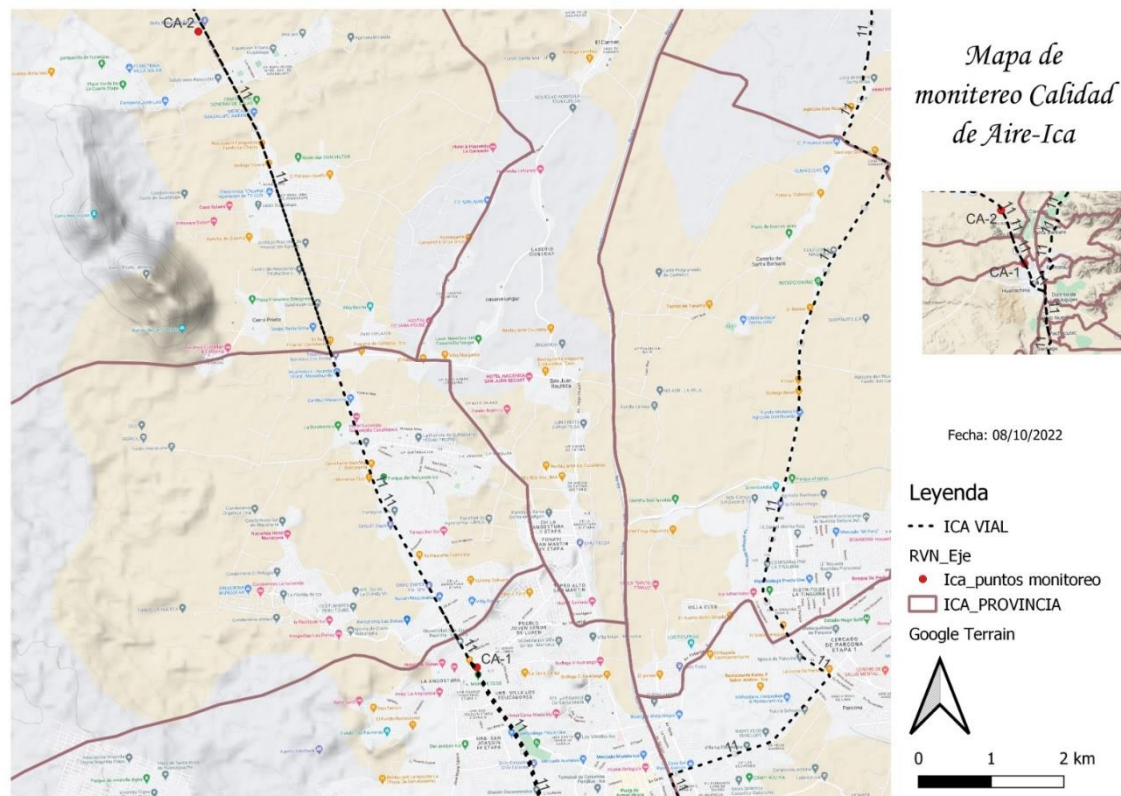


Figura 1. Área de estudio Panamericana Sur-Distrito de Ica

2.2. “Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire”

Se establecieron dos puntos de monitoreo de la calidad del aire, para gases con el tren de muestreo se localizaron dos puntos, ambos localizados en la carretera de la panamericana sur 2, con una distancia de 10 km entre los dos puntos. El punto CA-1 Punto ubicado a 100 m del grifo REPSOL, en la azotea de una vivienda [23] “(Coordenadas UTM: 0418675 E 8447865 N, Datum WGS84 Huso 18 Sur)”. El punto CA-2 Punto ubicado en la azotea de una vivienda frente a ELECTRODUNAS (Coordenadas UTM: 0419135 E 8446861 N, Datum WGS84 Huso 18 Sur)”, Figura 2, Figura 3 y Figura 4.



Figura 2. Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire durante el mes de agosto de 2022



Figura 3. Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire durante el mes de setiembre de 2022



Figura 4. Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire durante el mes de octubre de 2022

2.3. “Número de puntos de muestreo sugerido por la OMS y EPA”.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) sugieren generalmente utilizar múltiples puntos de muestreo para obtener una representación más precisa de la calidad del aire en una determinada área.

La OMS recomienda el uso de al menos un punto de muestreo representativo por cada 100,000 habitantes en una zona urbana. Esta recomendación se basa en la idea de que los contaminantes atmosféricos pueden variar significativamente en diferentes áreas de una ciudad debido a factores como el tráfico, la ubicación industrial y las características geográficas. Por lo tanto, es importante tener puntos de muestreo estratégicamente ubicados para capturar esta variabilidad espacial.[\[27\]](#).

La EPA también sugiere un enfoque similar, donde se recomienda establecer puntos de muestreo en diferentes áreas de interés, como áreas industriales, zonas

residenciales y zonas de tráfico intenso. Esto permite evaluar la exposición de diferentes grupos de población a la contaminación del aire y comprender mejor los patrones de distribución de los contaminantes.

Es importante tener en cuenta que el número exacto de puntos de muestreo puede variar según las características específicas del área de estudio, el objetivo de la investigación y los recursos disponibles. En algunos casos, puede ser necesario establecer más puntos de muestreo para obtener una representación más completa de la calidad del aire en una zona específica.

En resumen, tanto la OMS como la EPA sugieren el uso de múltiples puntos de muestreo para evaluar la calidad del aire en una determinada área. Estas recomendaciones se basan en la necesidad de capturar la variabilidad espacial de los contaminantes y evaluar la exposición de diferentes grupos de población. Sin embargo, el número exacto de puntos de muestreo dependerá de las características específicas del estudio y los recursos disponibles.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), sugiere el número de puntos de muestreo en función de la densidad de población y del parámetro que se pretende medir, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Se sugiere un promedio de estaciones de monitoreo de la calidad del aire en áreas urbanas con una población específica [28]

Cantidad de habitantes en áreas urbanas “(millones de personas)”	Parámetro de monitoreo			
	CO	NO2	CO2	H2S
<1	1	1	1	1
1 - 4	2	2	2	2
4 – 8	4	4	4	3
>8	5	5	5	4

2.4. Metodología de investigación

2.4.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

Tipo de investigación

La metodología utilizada en esta investigación es de tipo observacional-prospectiva-longitudinal. Esto implica la recopilación de datos y la descripción detallada de los fenómenos y variables de interés en el estudio. En particular, se enfoca en analizar los niveles de contaminantes atmosféricos (CO, NO₂, CO₂, H₂S). [29].

Por otro lado, se menciona que el diseño de la investigación es experimental. Esto implica que se realizan mediciones y análisis bajo condiciones controladas y se manipulan variables para establecer relaciones causales. En este caso, se utilizan equipos debidamente calibrados y se siguen protocolos de monitoreo para obtener datos precisos sobre los niveles de contaminantes y parámetros meteorológicos. Esta información permitirá realizar análisis estadísticos y comparaciones con los límites y regulaciones establecidas por el D.S. N°003-2017-MINAM.

Nivel de investigación

El nivel de investigación aplicado implica la búsqueda de soluciones prácticas a problemas específicos en la toma de decisiones y la resolución de situaciones reales.

El objetivo principal es obtener información precisa y detallada sobre la calidad del aire en la zona de estudio y su posible impacto en la salud humana y el medio ambiente. Estos datos pueden ser utilizados por autoridades ambientales, planificadores urbanos y otros actores relevantes para implementar medidas de control y mitigación de la contaminación del aire, así como para desarrollar políticas públicas orientadas a mejorar la calidad del aire en la zona

El nivel de investigación aplicado implica la conexión directa entre la teoría y la práctica, ya que se busca generar conocimiento útil y aplicable

a situaciones concretas. En este estudio, se recolectan datos empíricos sobre los niveles de contaminantes y se aplican técnicas de análisis y procesamiento de datos para obtener resultados significativos.[29].

“Diseño de la investigación

El diseño observacional implica la recopilación y el análisis de datos sin intervenir ni manipular las variables de interés. En este caso, se recopilan datos sobre los niveles de concentración de contaminantes atmosféricos y parámetros meteorológicos en la zona de estudio. No se lleva a cabo ninguna intervención o manipulación intencional en el entorno o en las condiciones de muestreo.

El diseño prospectivo indica que se realiza un seguimiento de los eventos o fenómenos a lo largo del tiempo. Esto permite obtener información sobre la variabilidad de los niveles de contaminantes y las condiciones meteorológicas a lo largo del tiempo.

El diseño longitudinal implica la recolección de datos en múltiples momentos o intervalos a lo largo del tiempo. Esto permite capturar posibles cambios estacionales, variaciones diurnas o patrones a largo plazo en los niveles de contaminantes y las condiciones meteorológicas.

En todo caso, el diseño de investigación en este estudio se caracteriza como observacional, prospectivo y longitudinal. Se recopilan datos sin intervención, se realiza un seguimiento a lo largo del tiempo y se recolectan datos en intervalos regulares. Esto proporciona una visión detallada y significativa de la calidad del aire y los factores meteorológicos en la zona de estudio..[29].

2.4.2. “Población y muestra”

Población

La población en este caso está considerada la transitabilidad de los vehículos de carga pesada y ligera en la panamericana y los trazos de monitoreo seleccionados (CA-1 y CA-2), la población estaría compuesta

por los residentes, trabajadores, conductores y cualquier otra persona que respire el aire en esa área.

se utilizó la muestra para inferir información sobre la calidad del aire en la zona de estudio y hacer generalizaciones sobre la población en su conjunto.

Muestra

La muestra en esta investigación se refiere a una selección específica de puntos de monitoreo y mediciones realizadas en esos puntos. Se consideraron dos trazos de monitoreo, CA-1 y CA-2, y se realizaron mediciones repetidas en cada uno de ellos. La muestra se utilizó para recopilar datos sobre la cota de gases contaminantes (CO₂, NO₂, CO y H₂S) y los parámetros meteorológicos en esos puntos específicos.[29].

La muestra se seleccionó con el objetivo de representar la naturaleza ambiental en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica, por lo que los resultados obtenidos a partir de esa muestra pueden proporcionar información sobre los niveles de contaminación y las condiciones atmosféricas en esa ubicación específica.

Se ha tenido en cuenta que los resultados de la muestra se procesaron y analizaron lo cual está desarrollado en el capítulo III, lo que permitió obtener las conclusiones sobre el impacto del tránsito vehicular en la calidad del aire en esa área durante el período de estudio.

2.4.3. “Técnicas de recolección de datos”

“Se detallan las técnicas utilizadas para la concentración de gases contaminantes”:

Se empleó un sistema de recolección de muestras conocido como tren de muestreo, el cual estaba equipado con soluciones captadoras específicas para cada gas (CO, NO₂, CO₂ y H₂S). Este tren de muestreo permitió tomar muestras de aire en varios puntos de monitoreo. Además, se verificó y calibró adecuadamente el funcionamiento de los equipos utilizados siguiendo el "Protocolo de Monitoreo de la Calidad del aire".

Se realizaron mediciones en dos puntos de monitoreo, CA-01 y CA-02, con tres repeticiones en cada uno de ellos.

Se registraron los valores de concentración de cada gas (CO, NO₂, CO₂ y H₂S) en microgramos por metro cúbico (ug/m³) durante diferentes intervalos de tiempo (8 horas para CO, 1 hora para NO₂ y 24 horas para CO₂ y H₂S).

Para los parámetros meteorológicos:

Se estableció una estación meteorológica automática en conjunto con el punto de calidad del aire para medir los parámetros meteorológicos. Tabla 2.

Tabla 2 Parámetros meteorológicos, en los meses de Agosto, Setiembre, y Octubre

Parámetros Muestreados				
Temperatura ambiente	Humedad relativa	Velocidad del viento	Dirección del viento	Radiación Solar

2.4.4. Instrumentos de recolección de datos

Se detallan los instrumentos utilizados *para la concentración de gases contaminantes*:

Tren de muestreo: Se empleó un sistema de recolección de muestras denominado tren de muestreo, el cual está compuesto por una serie de dispositivos y conductos diseñados para capturar muestras de aire en distintos puntos de monitoreo. Este tren de muestreo posibilita la obtención de muestras que reflejan de manera precisa la calidad del aire en la ubicación específica del estudio.

Soluciones captadoras: Se utilizaron soluciones captadoras específicas para cada gas contaminante a analizar (CO, NO₂, CO₂ y H₂S). Estas soluciones captadoras se colocan en el tren de muestreo y permiten la

captura de los gases presentes en el aire, que luego pueden ser analizados en el laboratorio.[30].

Para los parámetros meteorológicos:

Estación meteorológica automática: Se instaló una estación meteorológica automática en conjunto con el punto de calidad del aire. Esta estación está equipada con diferentes sensores y dispositivos para medir los parámetros meteorológicos.

Sensores de temperatura: Se utilizaron sensores específicos para medir la temperatura ambiental.

Barómetro: Se utilizó un barómetro para medir la presión barométrica.

Higrómetro: Se utilizó un higrómetro para medir la humedad relativa.

Anemómetro: Se utilizó un anemómetro para medir la velocidad del viento.

Los instrumentos fueron seleccionados y utilizados en función de su capacidad para medir de manera precisa y confiable los datos necesarios para el estudio. Se aseguró que los equipos estuvieran verificados y calibrados de acuerdo al "Protocolo de Monitoreo de la Calidad del aire" para garantizar la precisión de las mediciones.



Fuentes: <https://www.youtube.com/watch?v=Xwmzujd118Y>

Figura 5. Tren de muestreo, TechPeru.

2.4.5. “Técnicas de procesamiento de datos e interpretación de los resultados”

Se explican las técnicas utilizadas en este proceso:

1. Para el análisis de datos de concentración de gases contaminantes:

- Los valores de concentración de cada gas contaminante (CO, NO₂, CO₂ y H₂S) obtenidos en cada punto de monitoreo se registraron y promediaron.
- Se compararon con los límites establecidos en el D.S. N°003-2017-MINAM, que son normas estándares de calidad del aire.
- Se realizaron análisis estadísticos, como cálculos de promedio, para determinar los niveles de concentración de gases en los puntos de monitoreo.
- Se procedió a contrastar los resultados obtenidos con los estándares y regulaciones pertinentes, a fin de evaluar la calidad del aire y determinar si los niveles de contaminación exceden los límites establecidos. [\[31\]](#).

2. Análisis de datos de parámetros meteorológicos:

- Los valores de los parámetros meteorológicos registrados en cada punto de monitoreo (CA-01 y CA-02) se promediaron.
- Estos promedios se utilizaron para caracterizar las condiciones atmosféricas durante el período de muestreo de calidad del aire.
- Se examinaron las variaciones y comportamientos de los parámetros meteorológicos, como la temperatura del entorno, la presión atmosférica, la humedad relativa, la velocidad y dirección predominante del viento, para identificar tendencias y patrones.
- Estos análisis permitieron comprender las condiciones atmosféricas en relación con los niveles de concentración de gases contaminantes

y evaluar posibles influencias o correlaciones entre los parámetros meteorológicos y la calidad del aire.

3. Comparación con normas y regulaciones:

- Los resultados obtenidos en el análisis de los datos de concentración de gases contaminantes se compararon con los límites establecidos en las normas o regulaciones pertinentes (D.S. N°003-2017-MINAM).
- Esta comparación permitió evaluar si los niveles de contaminación superan los límites permitidos y determinar si existen problemas significativos de calidad del aire en la ubicación de estudio.

2.4.6. Análisis de los datos e interpretación de los resultados

Se explica cómo se realizaron estos análisis y cómo se interpretaron los resultados:

1. Análisis de los datos de concentración de gases contaminantes:

- Se calculó el promedio de los valores de concentración de cada gas contaminante (CO, NO₂, CO₂ y H₂S) obtenidos en cada punto de monitoreo.
- Se compararon estos promedios con los límites establecidos en el D.S. N°003-2017-MINAM u otras normas y regulaciones aplicables.
- Si los niveles de concentración de algún gas superaban los límites permitidos, se concluyó que existía una problemática significativa de contaminación del aire en la ubicación de estudio.
- Se identificaron los gases con los niveles más altos de concentración y se determinó si estos estaban relacionados con el tránsito vehicular.

2. Análisis de los datos de parámetros meteorológicos:

- Se analizaron los valores promedio de los parámetros meteorológicos registrados en cada punto de monitoreo (temperatura

ambiental, presión barométrica, humedad relativa, velocidad del viento y dirección predominante del viento).

- Se buscaron posibles correlaciones entre los parámetros meteorológicos y los niveles de concentración de los gases contaminantes.

3. Interpretación de los resultados:

- Se evaluaron los resultados de los análisis en conjunto para obtener una imagen general de la calidad del aire en la ubicación de estudio.
- Se concluyó si la naturaleza ambiental en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica durante el año 2022 cumplía con los estándares establecidos en las normas y regulaciones aplicables, o si se encontraban niveles preocupantes de contaminación.

2.5. “Norma de Calidad Ambiental para el Aire”

2.5.1. La constitución política del Perú

Esta norma, establecida en el ***Artículo 2° inciso 22) de la Constitución Política del Perú***, resalta la responsabilidad principal del Estado de asegurar el derecho de todas las personas a disfrutar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de sus vidas.

Esta norma, ***establecida en el Artículo 67° de la Constitución Política del Perú***, establece que es responsabilidad del Estado definir la política nacional del ambiente y fomentar el uso sostenible de los recursos naturales. En otras palabras, el Estado tiene la tarea de establecer y guiar las acciones y medidas necesarias para proteger y preservar el medio ambiente.

Además, esta norma reconoce la importancia de un enfoque integral y equilibrado en la gestión ambiental, teniendo en cuenta tanto los aspectos de conservación como los de desarrollo sostenible.

De tal manera que, esta norma establece que el Estado tiene la responsabilidad de definir la política nacional del ambiente y promover el uso sostenible de los recursos naturales, con el objetivo de preservar el medio ambiente y garantizar un desarrollo sostenible en beneficio de la sociedad peruana.

2.5.2. “Ley General del Ambiente (Ley N°28611, LGA)”

[32] Se establece que todas las personas tienen el derecho de habitar en un entorno saludable, equilibrado y propicio para su desarrollo completo. Además, tienen la responsabilidad de participar en la gestión ambiental efectiva y proteger el medio ambiente y sus elementos, asegurando especialmente la salud de las personas tanto a nivel individual como colectivo. Esto implica la preservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país. Además “hace referencia a que todos los proyectos nuevos deberán incluir en su Instrumento de Gestión Ambiental, medidas de prevención para mantener sus emisiones por debajo del valor establecido en el D.S. N°003-2017-MINAM [33].

2.5.3. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, Ley N°28245

Esta norma, específicamente la *Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N°28245)*, establece que las entidades con competencias ambientales deben ejercer sus funciones de manera coordinada, descentralizada y desconcentrada. Estas funciones se rigen por la Política Nacional del Ambiente, el Plan y la Agenda Nacional, así como por las normas e instrumentos transectoriales.

La interpretación de esta norma implica que las entidades responsables de la gestión ambiental deben trabajar de manera coordinada y en colaboración, para garantizar una gestión efectiva y eficiente del ambiente. Esta coordinación implica la cooperación entre diferentes entidades y niveles de gobierno, tanto a nivel central como descentralizado, para abordar de manera integral los diversos aspectos ambientales.

Asimismo, la norma establece que la gestión ambiental en materia de Calidad del Aire se basa en estas dos leyes, lo que implica que las acciones y medidas relacionadas con la calidad del aire deben estar alineadas con la Política Nacional del Ambiente y los planes y agendas nacionales. Además, se deben tener en cuenta las normas e instrumentos que abordan de manera transversal las cuestiones ambientales.

De tal manera que, esta norma establece que las entidades con competencias ambientales deben trabajar de manera coordinada y descentralizada, siguiendo la Política Nacional del Ambiente y otros instrumentos normativos, para llevar a cabo una gestión ambiental efectiva. En el caso específico de la Calidad del Aire, se deben aplicar estas disposiciones legales para garantizar una gestión adecuada y mejorar la calidad del aire en el país.[34]

2.5.4. “Ley Orgánica de Municipalidades Ley N°27972”

Artículo 80.- Saneamiento, salubridad y salud: “Las municipalidades, en materia de saneamiento, salubridad y salud, ejercen las siguientes funciones: Regular y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente”[35].

2.5.5. Decreto Supremo N°003 – 2017 – MINAM. - Estándares nacionales de calidad ambiental del aire.

[36]“El presente reglamento establece los estándares nacionales de calidad ambiental del aire”. Además, “indica los planes de acción para mejorar la calidad del aire con el fin de establecer las estrategias, políticas y medidas necesarias para alcanzar los estándares primarios de calidad del aire en un plazo determinado” [36], Tabla 3.

Tabla 3. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire [36]

Parámetros		Periodo	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Criterio de evaluación	Método de análisis*
“MONÓXIDO DE CARBONO (CO)”	DE	8 horas	10000	“Promedio móvil”	“Infrarrojo no disperso (NDIR)”
		1 hora	30000	“NE más de 1 vez al año”	“(Método automático)”
“DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂)”	DE	1 hora	200	“NE más de 24 veces al año”	“Quimiluminiscencia”
		Anual	100	“Media aritmética anual”	“(Método automático)”
“DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂)”	DE	24 horas	80	“Media aritmética”	“Fluorescencia UV”
		24 horas	50		“(Método automático)”
“SULFURO DE HIDROGENO (H ₂ S)”	DE	24 horas	150	“Media aritmética”	“Fluorescencia UV” “(Método automático)”

* Valor de concentración en microgramos por metro cúbico. NE significa “No Exceder”.

III. RESULTADOS

3.1. Evaluar que los “niveles de concentración” de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular influyen en la calidad del aire, ctra. Panamericana sur 2 en la ciudad de Ica

3.1.1. Puntos de Monitoreo

En este estudio, se establecieron dos sitios de monitoreo para evaluar la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica. Estos sitios de monitoreo, identificados como CA-1 (Fig. 5) y CA-2 (Fig. 6), se seleccionaron estratégicamente para representar distintas zonas de la carretera y detectar posibles fluctuaciones en la contaminación atmosférica. La Tabla 4 presenta los parámetros analizados en las muestras recopiladas.

Tabla 4 Se proporciona una descripción y las coordenadas UTM de los puntos de monitoreo utilizados para evaluar la calidad del aire

Estaciones de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS zona 18L)		Descripción
	Este	Norte	
CA-1	0418675	8447865	“PUNTO UBICADO A 100 M. DEL GRIFO REPSOL, EN LA AZOTEA DE UNA VIVIENDA”
CA-2	0419135	8446881	“PUNTO UBICADO EN LA AZOTEA DE UNA VIVIENDA FRENTE A ELECTRODUNAS”

Coordenadas UTM en el WGS-84, zona 18L

Fuente: Información de monitoreo ambiental de calidad de aire

Los resultados obtenidos de estos puntos de monitoreo desempeñan un papel fundamental en la evaluación de la calidad del aire en la carretera y

brindan información importante para la toma de decisiones en cuanto a la gestión y control de la contaminación. También permiten comparar los niveles de concentración de contaminantes gaseosos obtenidos con los límites establecidos por las regulaciones vigentes y evaluar el grado de cumplimiento de los estándares de calidad del aire.



Figura 6. Punto ubicado a 100 m del grifo REPSOL en la azotea de una vivienda. CA-1



Figura 7. Punto ubicado en la azotea de una vivienda frente a ELECTRODUNAS. Punto CA-2

Parámetros de calidad de aire

Los parámetros de la calidad del aire son variables claves utilizadas para evaluar y medir la contaminación atmosférica. En esta investigación, se consideraron varios parámetros para caracterizar la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica durante el año 2022. Estos parámetros incluyen:

Monóxido de Carbono (CO): El monóxido de carbono es un gas sin olor ni color que se produce principalmente por la quema de combustibles fósiles como la gasolina y el diésel. En este estudio, se llevaron a cabo mediciones de los niveles de concentración de CO con el fin de evaluar la contaminación causada por el tráfico de vehículos en la carretera. Los resultados obtenidos brindan información acerca de la exposición de la población a este gas y su posible repercusión en la salud.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂): El dióxido de nitrógeno es un gas producido principalmente por la quema de combustibles fósiles a altas temperaturas, como en los motores de los vehículos. Este gas puede tener efectos perjudiciales en la salud humana y contribuir a la formación de smog y lluvia ácida.

“Dióxido de Carbono (CO₂)”: La cantidad de CO₂ presente en la atmósfera y se utilizan para evaluar la calidad del aire y su impacto en la salud humana y el medio ambiente. Un aumento en los niveles de dióxido de carbono puede ser un indicador de la contaminación atmosférica y del efecto del cambio climático, ya que el CO₂ es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global.

Sulfuro de Hidrógeno (H₂S): El sulfuro de hidrógeno es un gas maloliente y tóxico producido por la descomposición de materia orgánica, así como por procesos industriales y la quema de combustibles fósiles. En la investigación, se midieron los niveles de H₂S para evaluar la posible presencia y contribución de este gas a la contaminación atmosférica en la carretera Panamericana Sur 2.

Estos parámetros son fundamentales para evaluar la calidad del aire y determinar el impacto de la contaminación generada por el tránsito vehicular en la carretera. Los resultados obtenidos permitirán identificar posibles problemas de contaminación y tomar medidas adecuadas para mejorar la calidad del aire y proteger la salud de la población expuesta. Además, el estudio de la relación entre estos parámetros y los datos meteorológicos proporcionará información adicional sobre los factores que influyen en la calidad del aire en la zona de estudio.

Tabla 5. Resultados obtenidos de las estaciones de monitoreo utilizando el equipo de muestreo de calidad del aire

Parámetros	Unidad	Fecha	Periodo Horas	Resultados		ECA vigentes desde 2017 hasta la actualidad (D.S. N°003-2017-MINAM)
				CA-1	CA-2	
“CO, NO ₂ , CO ₂ y H ₂ S”		6 al 7.AGO.2022	(8), (1), (24) y (24)	X	X	(10000), (200), (80) y (150)
“CO, NO ₂ , CO ₂ y H ₂ S”	μg/m ³	10 al 11.SET.2022	(8), (1), (24) y (24)	X	X	(10000), (200), (80) y (150)
“CO, NO ₂ , CO ₂ y H ₂ S”		8 al 9.OCT.2022	(8), (1), (24) y (24)	X	X	(10000), (200), (80) y (150)

Parámetros meteorológicos

Los parámetros meteorológicos desempeñan un papel crucial en la calidad del aire, ya que influyen en la dispersión y transporte de los contaminantes atmosféricos. En esta investigación, se midieron varios parámetros meteorológicos para comprender su relación con la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica.

Uno de los parámetros medidos fue la velocidad y dirección del viento. La velocidad del viento es importante porque puede influir en la dispersión de los contaminantes. Un viento más fuerte tiende a dispersar los contaminantes y reducir su concentración, mientras que un viento más

débil puede permitir que los contaminantes se acumulen en el área de estudio. La dirección del viento también es relevante, ya que puede indicar la procedencia de los contaminantes y la posible influencia de fuentes de emisión cercanas.

Además de la velocidad y dirección del viento, se tomaron registros de otros factores meteorológicos como la temperatura, la presión atmosférica y la humedad relativa. Estos factores pueden tener un impacto en la estabilidad atmosférica y en la formación de eventos climáticos que afectan la dispersión de los contaminantes. [37].

Metodología

La metodología utilizada en los puntos de monitoreo se basó en la recolección de datos de calidad del aire y parámetros meteorológicos para evaluar la contaminación atmosférica. Se establecieron dos puntos de monitoreo estratégicamente ubicados a lo largo de la carretera para capturar posibles variaciones en los niveles de contaminantes.

En cada punto de monitoreo, se llevaron a cabo mediciones de los parámetros de calidad del aire, específicamente los niveles de concentración de gases contaminantes. Para esto, se utilizó un conjunto de dispositivos de muestreo equipados con soluciones captadoras para cada gas de interés, como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el dióxido de carbono (CO₂) y el sulfuro de hidrógeno (H₂S). Estos equipos fueron previamente verificados y calibrados de acuerdo con el "Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire".

Los parámetros a evaluar en esta investigación fueron los niveles de concentración de CO, NO₂, CO₂ y H₂S. Estos niveles fueron registrados en períodos de tiempo específicos, como 8 horas para CO, 1 hora para NO₂ y 24 horas para CO₂ y H₂S. Los resultados de estas mediciones fueron comparados con los límites establecidos por el D.S. N°003-2017-MINAM para evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire.

Tabla 6. Parámetros de la calidad del aire

Numero de muestras	Parámetros
2	PARÁMETROS METEOROLÓGICOS (TEMPERATURA, PRESIÓN, HUMEDAD, VELOCIDAD DEL VIENTO Y DIRECCIÓN DEL VIENTO)
6	PARAMETRO DE LA CALIDAD DEL AIRE (MONOXIDO DE CARBONO, DIOXIDO DE NITROGENO, DIOXIDO DE CARBONO Y SULFURO DE HIDROGENO). CA-1 y CA-2

3.1.2. “Equipos y métodos de análisis utilizados”

En esta investigación se utilizaron equipos y métodos de análisis específicos para evaluar la calidad del aire y medir los niveles de concentración de diferentes contaminantes. A continuación, se detallan los equipos y métodos utilizados para cada parámetro de calidad del aire:

Monóxido de Carbono (CO): El método de análisis utilizado fue el AEN-PO-020 Analysis of Air Pollutants 1976 Peter O. Warner. Este método implica el uso de un tren de muestreo con una solución captadora específica para el CO. El tren de muestreo recoge las muestras de aire, y posteriormente se realiza el análisis mediante el método mencionado para determinar los niveles de concentración de CO.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂): El método de análisis utilizado fue ASTM_D1607:1991 (2011). Este método se basa en el uso de un tren de muestreo con una solución captadora adecuada para el NO₂. Las muestras de aire son recolectadas mediante el tren de muestreo, y luego se realiza el análisis según el método ASTM mencionado para determinar los niveles de concentración de NO₂.

Dióxido de Carbono (CO₂): Estos pueden incluir equipos como analizadores de gases, cromatógrafos de gases y sensores de dióxido de

carbono. Los métodos de análisis pueden variar desde técnicas espectroscópicas hasta métodos químicos, dependiendo de la precisión requerida y de las condiciones específicas de la medición. Estos equipos y métodos permiten monitorear los niveles de CO₂ en el aire, lo que es esencial para evaluar la calidad del aire, comprender los patrones de emisión y los efectos del cambio climático, y tomar decisiones informadas en términos de mitigación y control de la contaminación atmosférica.

Sulfuro de Hidrógeno (H₂S): El método de análisis utilizado fue EPA 40 CFR Appendix A-2 to Part 51 (2012). En el caso del H₂S, se utilizó un tren de muestreo con una solución captadora adecuada. Las muestras de aire son recolectadas y se realiza el análisis de acuerdo con el método EPA mencionado para determinar los niveles de concentración de H₂S.

Es importante destacar que todos los equipos utilizados fueron previamente verificados y calibrados de acuerdo con el "Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire". Estos equipos y métodos de análisis garantizan mediciones precisas y confiables de los contaminantes atmosféricos de interés en esta investigación.

Equipos utilizados para el monitoreo de calidad del aire

Para el monitoreo de la calidad del aire en esta investigación, se utilizaron equipos especializados. A continuación, se presentan los equipos comúnmente empleados en el monitoreo de la calidad del aire:

Analizadores de gases: Estos dispositivos son utilizados para medir la concentración de gases contaminantes en el aire. Pueden incluir analizadores de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de carbono (CO₂) y otros contaminantes específicos. Estos analizadores están calibrados y verificados para garantizar mediciones precisas. Tabla 7.

Tabla 7. Los instrumentos utilizados en la vigilancia de la calidad del aire

“Parámetro”	“Equipo de muestreo”
MONOXIDO DE CARBONO - CO	
DIOXIDO DE NITROGENO - N02	
DIOXIDO DE CARBONO – CO2	TREN DE MUESTREO
SULFURO DE HIDROGENO – H2S	

Equipo utilizado para la evaluación de parámetros meteorológicos

Para la evaluación de parámetros meteorológicos en esta investigación, se utilizaron los siguientes equipos:

Anemómetros: Los anemómetros son utilizados para medir la velocidad del viento. Estos dispositivos pueden tener diferentes tecnologías, como anemómetros de copas, anemómetros sónicos u otros tipos, y proporcionan lecturas precisas de la velocidad del viento en metros por segundo (m/s) u otras unidades de medida.

Veletas: Las veletas son instrumentos que indican la dirección del viento. Consisten en una flecha o una hélice que se alinea con la dirección del viento predominante. Las veletas permiten determinar la dirección de donde viene el viento, como, por ejemplo, Norte (N), Este (E), Sur (S) o Oeste (W).

Termómetros: Los termómetros se utilizan para medir la temperatura ambiental. Pueden ser termómetros digitales o de mercurio, y proporcionan lecturas precisas de la temperatura en grados Celsius (°C) o Fahrenheit (°F).

Barómetros: Los barómetros se utilizan para medir la presión barométrica, es decir, la presión atmosférica. Estos dispositivos pueden ser de diferentes tipos, como barómetros de mercurio o barómetros aneroides, y proporcionan mediciones de la presión en milímetros de mercurio (mmHg) u otras unidades de medida.

Higrómetros: Los higrómetros se utilizan para medir la humedad relativa del aire. Estos dispositivos proporcionan lecturas de la humedad en porcentaje (%), indicando el nivel de humedad presente en el ambiente.

En la Tabla 8 se detallan los parámetros meteorológicos registrados y las características del equipo empleado para dicho registro

Tabla 8. El factor medido y los instrumentos utilizados para las mediciones del clima

Parámetro	Equipo	Equipo de muestreo
TEMPERATURA	ESTACION	-45°C HASTA +50°C
PRESION BAROMETRICA	METEOROLOGICA	0.0 MBAR HASTA 1000 MBAR
HUMEDAD RELATIVA	MARCA DAVIS INSTRUMENTS	0% - 100%
VELOCIDAD DEL VIENTO	MODELO	0 – 78.2 m/s
DIRECCIÓN DEL VIENTO	VANTAGE VUE.	0° - 360°

3.1.3. “Método de análisis de los parámetros de calidad de aire”

Envirotest S.A.C, un laboratorio de análisis ambiental acreditado por INACAL, llevó a cabo la medición y análisis de las muestras ambientales de calidad del aire utilizando los métodos de ensayo establecidos en la cadena de custodia. Los informes de ensayo correspondientes se encuentran en el (Anexo N°2). Los métodos de ensayo utilizados se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9. El método de análisis utilizado para evaluar la calidad del aire.

“Parámetro”	“Método de análisis”
“MONÓXIDO DE CARBONO – CO”	“AEN-PO-020 ANALYSIS OF AIR POLLUTANTS 1976 PETER O. WARNER”
“DIÓXIDO DE NITRÓGENO – NO ₂ ”	“ASTM_D1607:1991 (2011)”
“DIÓXIDO DE CARBONO - CO ₂ ”	“EPA 40 CFR APPENDIX A-2 TO PART. 50 (2012)”
“SULFURO DE HIDROGENO - H ₂ S”	“EPA 40 CFR APPENDIX A-2 TO PART. 51 (2012)”

3.2. “Explicar que la conservación del medio ambiente generados con el tránsito vehicular influye en la calidad del aire en la carretera panamericana sur 2 en la ciudad de Ica”

1. *Estándares de Calidad Ambiental*

Al tomar medidas para conservar el medio ambiente en el tránsito vehicular, como promover el uso de vehículos más limpios y eficientes, fomentar el transporte público y el uso de medios de transporte no motorizados, se puede reducir la emisión de contaminantes y mejorar la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2 en la ciudad de Ica. Lo que contribuirá a proteger la salud de la población y garantizar su derecho a vivir en un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida. Además, al cumplir con los estándares de calidad ambiental establecidos, se evitará la vulneración masiva de los derechos a la salud y se estará acorde con lo establecido en la Constitución Política.

En resumen, la conservación del medio ambiente con el uso de vehículos con energía limpias en la carretera Panamericana Sur 2 en la ciudad de Ica contribuye a mejorar la calidad del aire, protegiendo así la salud de la población

y cumpliendo con los estándares de calidad ambiental establecidos para garantizar un ambiente adecuado y equilibrado.

2. “Vigilancia de la calidad del aire”

La conservación del medio ambiente por el tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 en la ciudad de Ica contribuye directamente a mejorar la calidad del aire, en línea con el proceso de vigilancia de la calidad del aire establecido. Este proceso se basa en la comparación de los resultados de las mediciones con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) previamente definidos.

El objetivo principal de la vigilancia de la calidad del aire es diagnosticar el estado actual de la calidad del aire respirable y determinar si cumple con los ECAs establecidos. En caso de que se detecten niveles de contaminantes que excedan los parámetros establecidos, se calificaría el aire como "malo" y el Estado estaría obligado a desarrollar estrategias y medidas para mejorar de manera inmediata la calidad del aire.

Para asegurar la calidad de la información generada por la red de monitoreo, es necesario cumplir con ciertas condiciones mínimas. En primer lugar, se requiere un monitoreo de la calidad del aire que sea representativo de la situación en la ciudad, tanto en términos espaciales (suficientes puntos de muestreo ubicados estratégicamente) como temporales (medición continua).

Además, es fundamental utilizar equipos de monitoreo certificados por laboratorios acreditados por el Estado, lo que garantiza que estén calibrados y en óptimas condiciones de funcionamiento. La estandarización de las metodologías de medición también es necesaria para asegurar que los equipos de monitoreo proporcionen información comparable.

Otro aspecto relevante es la generación y difusión de información suficiente sobre las condiciones meteorológicas por parte de la autoridad competente. Esto es importante porque las condiciones meteorológicas pueden influir en la dispersión y concentración de contaminantes en el aire.

En el caso específico de la carretera Panamericana Sur 2 en la ciudad de Ica, la vigilancia de la calidad del aire corresponde al Ministerio de Salud, a través de su Dirección de Salud Ambiental (DIGESA). Esta entidad es responsable de realizar las mediciones, garantizar la calibración y el buen estado de los equipos de monitoreo, y asegurar que se cumplan las condiciones necesarias para obtener información confiable sobre la calidad del aire en esa área.

En resumen, la conservación del medio ambiente en el tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 en la ciudad de Ica contribuir a mejorar la calidad del aire, y esto se respalda mediante el proceso de vigilancia de la calidad del aire establecido. Este proceso implica la realización de mediciones y comparación de los resultados con los ECAs, asegurando que se cumplan las condiciones necesarias para obtener información confiable. La responsabilidad de la vigilancia de la calidad del aire recae en el Ministerio de Salud, a través de la DIGESA.

3. *Evaluaciones ambientales*

La conservación del medio ambiente por el tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 en la ciudad de Ica contribuye en gran medida a mejorar la calidad del aire en base a las evaluaciones ambientales. Estas evaluaciones son procedimientos administrativos diseñados para identificar, prevenir y mitigar los impactos ambientales de las actividades económicas.

Es importante destacar que en el Perú aún no se cuenta con un sistema de evaluaciones ambientales que ordene y estandarice este instrumento en todos los sectores. Cada sector tiene su propia regulación en este tema o, en algunos casos, aún no se ha regulado. Sin embargo, se puede considerar el cumplimiento del Programa de Adecuación Ambiental y Manejo Ambiental como una medida para abordar los impactos ambientales asociados al tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2.

El Programa de Adecuación Ambiental y Manejo Ambiental busca garantizar que las actividades económicas se realicen de manera sostenible y respetando los estándares ambientales. En el caso del tránsito vehicular, esto implica

implementar medidas y acciones que contribuyan a reducir la emisión de contaminantes atmosféricos.

Al conservar el medio ambiente por el tránsito vehicular, se pueden lograr diversos beneficios para la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2. Algunas de las medidas que podrían implementarse incluyen:

- *Uso de vehículos con tecnologías más limpias:* Fomentar la utilización de vehículos que cumplan con estándares de emisiones más estrictos y promover el uso de vehículos eléctricos o híbridos.
- *Control de emisiones:* Implementar programas de control de emisiones vehiculares, como la inspección técnica vehicular y la regulación de emisiones contaminantes.
- *Infraestructura vial adecuada:* Diseñar y mantener adecuadamente la infraestructura vial para reducir la congestión del tránsito, lo que puede ayudar a disminuir la emisión de gases contaminantes.
- *Promoción del transporte público y medios alternativos:* Fomentar el uso del transporte público eficiente y accesible, así como el uso de medios alternativos de transporte, como la bicicleta o caminar.

Estas medidas contribuirían a reducir la emisión de contaminantes atmosféricos generados por el tránsito vehicular, mejorando así la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2 en la ciudad de Ica. A través de evaluaciones ambientales adecuadas y la implementación de programas de adecuación ambiental y manejo ambiental, se busca mitigar los impactos negativos y promover un entorno más saludable y sostenible.

3.3. “Evaluar que los niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular influye con los estándares de la calidad ambiental en la carretera panamericana sur 2 de la ciudad de Ica”.

Se indica los puntos en la Tabla 12

CA-1: Punto ubicado a 100 m del grifo REPSOL, en la azotea de una vivienda

CA-2: Punto ubicado en la azotea de una vivienda frente a ELECTRODUNAS

Según la información obtenida y los resultados obtenidos de la investigación de monitoreo de la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica, se establecieron dos puntos de monitoreo, CA-1 y CA-2. El punto CA-1 se encuentra a 100 metros del grifo REPSOL, mientras que el punto CA-2 está ubicado en la azotea de una vivienda frente a ELECTRODUNAS.

Los niveles de gases fueron medidos en ambos puntos utilizando un tren de muestreo. Los resultados revelaron que los valores medidos en ambos puntos no excedieron los estándares de comparación establecidos en el D.S. N°003-2017-MINAM. Esto indica que la calidad del aire en esos puntos específicos cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos para el aire.

Resultados de los parámetros meteorológicos

Los resultados de la medición meteorológica en el **punto CA-1** son relevantes para determinar la calidad del aire. Se puede resumir que la medición meteorológica arrojó los siguientes valores promedio: temperatura ambiental de 22,2°C, presión barométrica de 984,6 mmHg, humedad relativa del 82%, velocidad del viento de 1,4 m/s y la dirección predominante del viento provenía del norte (N).

Los resultados de la medición meteorológica en el **punto CA-2** son relevantes para determinar la calidad del aire. Se puede resumir que la medición meteorológica arrojó los siguientes valores promedio: temperatura ambiental de 20,1°C, presión barométrica de 984,1 mmHg, humedad relativa del 80,7%, velocidad del viento de 1,4 m/s y la dirección predominante del viento provenía del nor noreste (NNE).

Tabla 10. El resultado obtenido del muestreo de calidad del aire

Parámetros	Unidad	Fecha	Periodo	Resultados		ECA vigentes desde 2017 hasta la actualidad (D.S. N°003-2017-MINAM)
				CA-1	CA-2	
CO			8 horas	<652	<652	10000
NO2	µg/m ³	6 al 7.AGO.2022	1 hora	<8.75	<8.75	200
CO2			24 horas	<12.15	<12,15	80

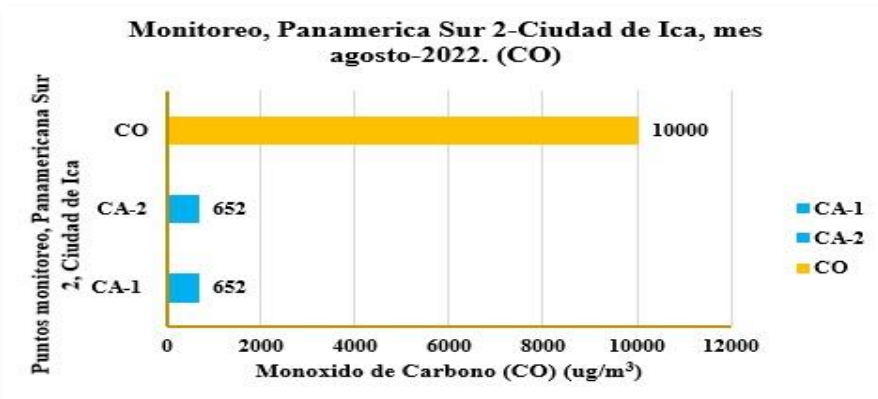
H2S		24 horas	<2.104	<2.104	150
CO		8 horas	<650	<650	10000
NO2	μg/m ³ 10 al 11.SET.2022	1 hora	<8.72	<8.72	200
CO2		24 horas	<12.11	<12.11	80
H2S		24 horas	<2.101	<2.101	150
CO		8 horas	<656	<656	10000
NO2	μg/m ³ 8 al 9.OCT.2022	1 hora	<8.75	<8.75	200
CO2		24 horas	<12.15	<12.15	80
H2S		24 horas	<2.104	<2.104	150

Estos hallazgos son alentadores, ya que sugieren que, en esos puntos de monitoreo específicos, no se encontraron niveles de contaminación atmosférica que superen los límites establecidos en las regulaciones ambientales. Esto es importante para garantizar un ambiente saludable y seguro para la población que vive o transita por la carretera Panamericana Sur 2 en Ica.

Es esencial seguir llevando a cabo el monitoreo y la evaluación de la calidad del aire en la zona, teniendo en cuenta los efectos negativos que la contaminación atmosférica puede tener en la salud y la calidad de vida de las personas. Estos resultados positivos también pueden servir como base para implementar medidas de conservación ambiental y promover prácticas que ayuden a mantener los niveles de contaminación bajo control, tanto en la carretera como en las áreas circundantes. Estos esfuerzos pueden ser comparados con los límites establecidos en el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM para asegurar el cumplimiento de los estándares máximos permitidos. [38]. En dicho documento se definen las regulaciones nacionales para la calidad ambiental del aire.[36]. Resultados del monitoreo de la calidad del aire, Tabla 10 y además se evidencio los puntos de monitoreo en la Fig. 6, Fig.7 y Fig.8.

CA-1	CA-2	CO
652	652	10000

CA-1	CA-2	NO2
8.75	8.75	200



CA-1	CA-2	CO2
12.15	12.15	80

CA-1	CA-2	H2S
2.104	2.104	150

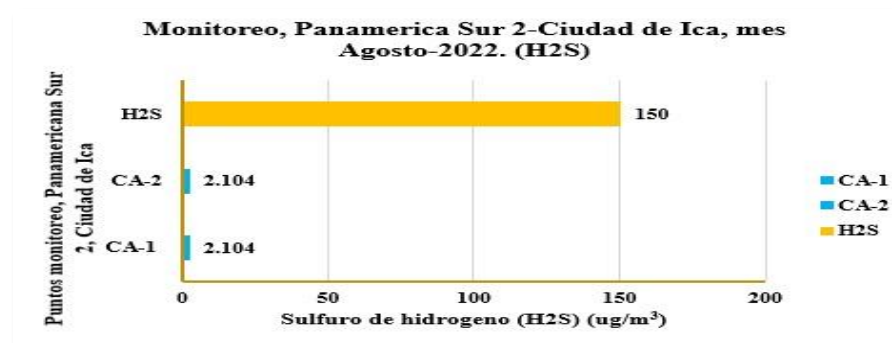
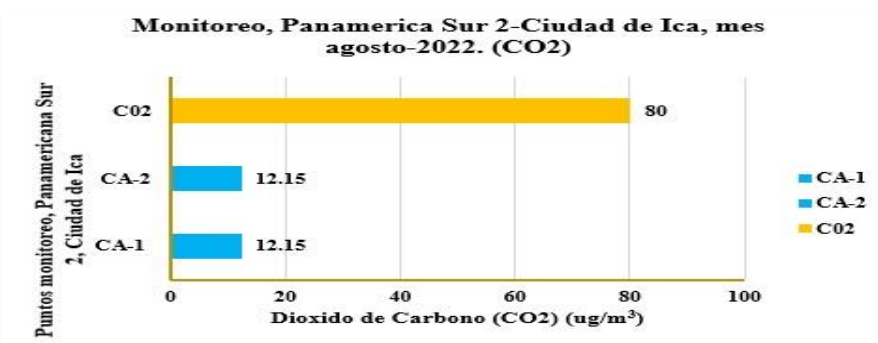
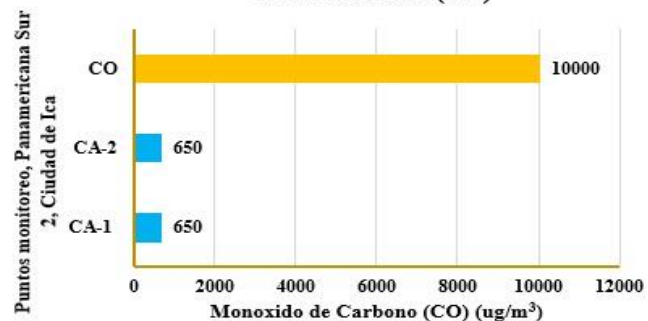


Figura 8. Realización de un proceso de seguimiento en la carretera Panamericana Sur 2, ubicada en la ciudad de Ica, durante el mes de agosto de 2022

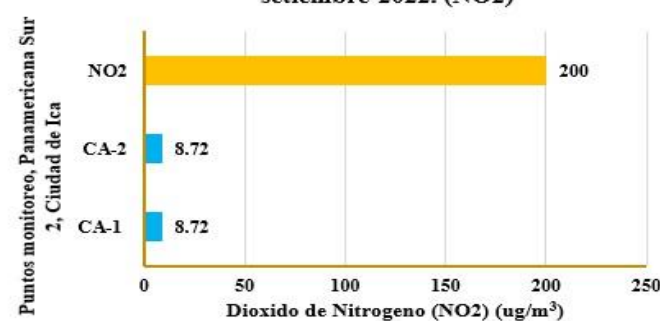
CA-1	CA-2	CO
650	650	10000

Monitoreo, Panamerica Sur 2-Ciudad de Ica, mes setiembre-2022. (CO)



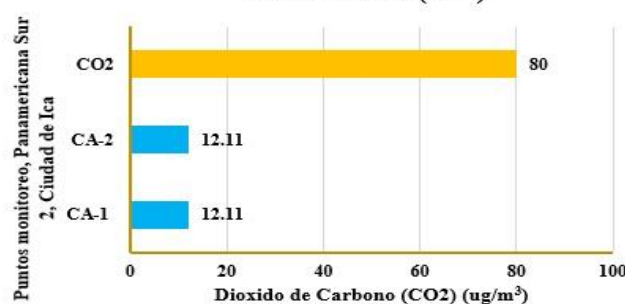
CA-1	CA-2	NO2
8.72	8.72	200

Monitoreo, Panamerica Sur 2-Ciudad de Ica, mes setiembre-2022. (NO2)



CA-1	CA-2	CO2
12.15	12.15	80

Monitoreo, Panamerica Sur 2-Ciudad de Ica, mes setiembre-2022. (CO2)



CA-1	CA-2	H2S
2.101	2.101	150

Monitoreo, Panamerica Sur 2-Ciudad de Ica, mes setiembre-2022. (H2S)

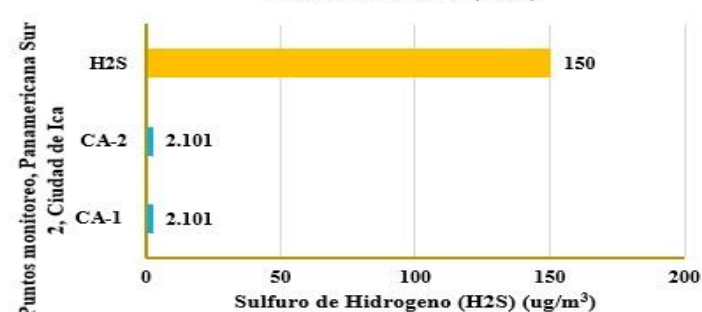
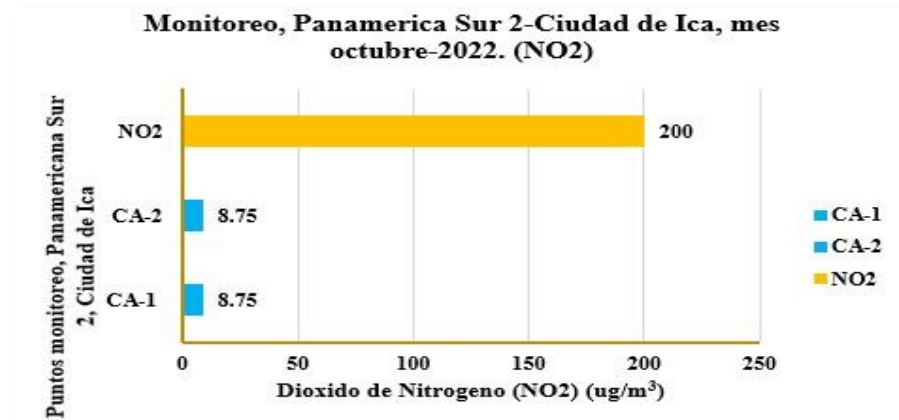
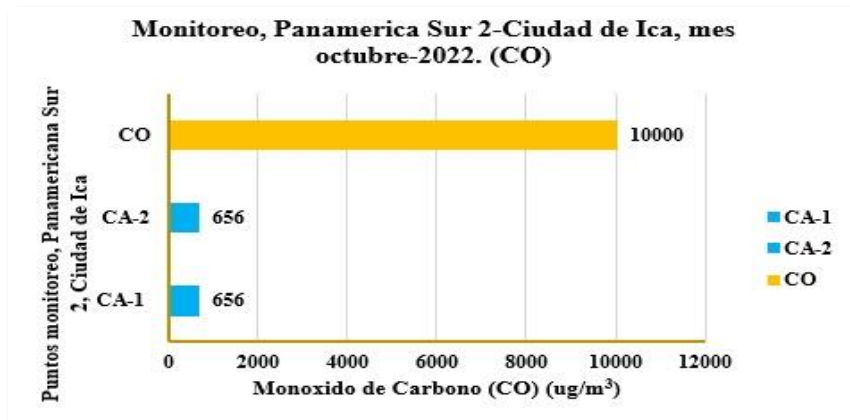


Figura 9 Realización de un proceso de seguimiento en la carretera Panamericana Sur 2, ubicada en la ciudad de Ica, durante el mes de setiembre de 2022

CA-1	CA-2	CO
656	656	10000

CA-1	CA-2	NO2
8.75	8.75	200



CA-1	CA-2	CO2
12.15	12.15	80

CA-1	CA-2	H2S
2.104	2.104	150



Figura 10. Realización de un proceso de seguimiento en la carretera Panamericana Sur 2, ubicada en la ciudad de Ica, durante el mes de octubre de 2022

No obstante, durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2022, tanto los puntos CA-1 como CA-2 cumplen con los estándares de calidad ambiental establecidos, ya que la concentración de material particulado se encuentra por debajo de los límites máximos permitidos. Esto indica que no representa un riesgo significativo para la salud y el medio ambiente.[39].

Prueba de Hipótesis

Se analizó la hipótesis específica 2 (HE2), sobre los “Niveles de concentración” de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular influye “con los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en la ciudad de Ica, para tal efecto se tomó en cuenta la prueba paramétrica de distribución de “t de Student (ANEXO III), en correspondencia al DECRETO SUPREMO N°003-2017-MINAM”.

H₀: Los niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular NO influye con los estándares de la calidad ambiental en la carretera de la panamericana sur 2” la ciudad de Ica, ($\mu(\text{CO}_2) > 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\mu(\text{NO}_2) > 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\mu(\text{CO}) > 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $\mu(\text{H}_2\text{S}) > 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

H_a: “Los niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular SI influye con los estándares de la calidad ambiental en la carretera de la panamericana sur 2” en la ciudad de Ica, ($\mu(\text{CO}_2) > 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\mu(\text{NO}_2) > 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\mu(\text{CO}) > 10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $\mu(\text{H}_2\text{S}) > 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Se planteó la hipótesis para los puntos del monitoreo: CA-1, CA-2

Para el CO₂

H_a: $\mu(\text{CO}_2) \leq 80 \text{ mg/L}$ (“El nivel de concentración de SO₂” generado por el tránsito vehicular SI influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica)

H₀: $\mu(\text{CO}_2) > 80 \text{ mg/L}$ (“El nivel de concentración de SO₂” generado por el tránsito vehicular NO influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica)

Se considero el nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Se estimo el “estadístico de prueba” (Estadística Descriptiva) para el (SO2)

Numero aleatorios	Columna 1	
12.15	Media	12.134
12.15	Error típico	0.009797959
12.11	Mediana	12.15
12.11	Desviación estándar	0.021908902
12.15	“Varianza de la muestra”	0.00048
12.15	“Coeficiente de asimetría”	-0.608580619
	“Rango”	0.04
	“Mínimo”	12.11
	Máximo	12.15
	Suma	60.67
	Cuenta	6
	Nivel de confianza (95%)	0.027203495

Se estableció la regla de decisión

$\mu =$	80
$\alpha =$	0.05
$n =$	6
$gl =$	5

Se resuelve el t-Student experimental, entonces: $t_{\text{Experimental}} = -13.6821$

La distribución del $t_{\text{Teórico}} = -2.0150$ (ANEXO 1: Distribución t de Student, $gl = 5$ y $\alpha = 0.05$)

Por lo tanto,

Si $t_{\text{Experimental}} (-13.6821) < t_{\text{Teórico}} (-2.0150)$ entonces se RECHAZA H_0

Ha: “El nivel de concentración de CO2” generado por el tránsito vehicular SI influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica. ($\mu(\text{CO}_2) \leq 80 \text{ mg/L}$).

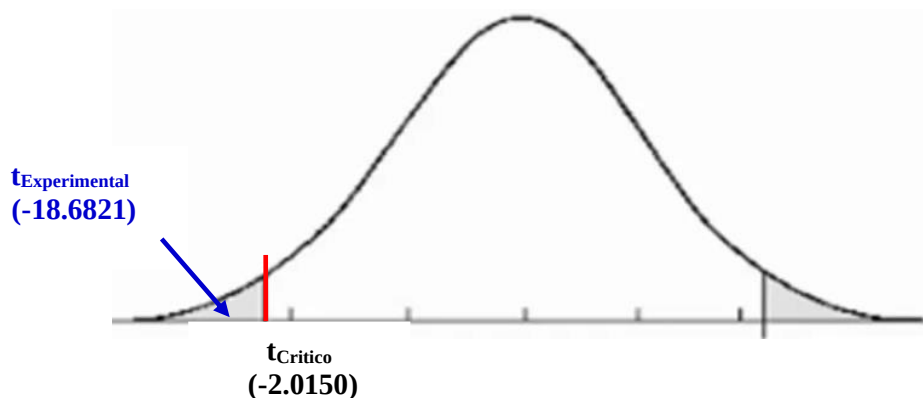


Figura 11 Distribución de t-Student para el monitoreo del (CO₂), carretera panamericana sur 2, Ica

Se afirma, que:

La hipótesis alterna ha sido aceptada, lo que confirma que la presencia de Dióxido de Carbono (CO₂) en el área de tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica influye en los estándares de calidad ambiental del aire. Se realizaron mediciones con el equipo Tren de Muestreo durante 24 horas en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2022, y los resultados se presentan en la Tabla 10. Con un nivel de significancia de 0.05, considerando un grado de libertad de 5 y un valor tExperimental de (-13.6821), se puede concluir que los niveles de Dióxido de Carbono (CO₂) están por debajo de los límites establecidos por el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. Por lo tanto, se puede afirmar que la presencia de Dióxido de Carbono (CO₂) generado por el tránsito vehicular no afecta la calidad ambiental en los puntos de monitoreo CA-1 y CA-2 de la carretera Panamericana Sur 2 en Ica, según los hallazgos de esta investigación.

Para el NO₂

H_a: $\mu(\text{NO}_2) \leq 200 \text{ mg/L}$ (“El nivel de concentración” de NO₂” generado por el tránsito vehicular SI influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica)

H₀: $\mu(\text{NO}_2) > 200 \text{ mg/L}$ (“El nivel de concentración” de NO₂” generado por el tránsito vehicular NO influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica)

Se considero el nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Se estimo el “estadístico de prueba” (Estadística Descriptiva) para el (NO₂)

Numero aleatorios	Columna 1	
8.75	Media	8.738
8.75	Error típico	0.007348469
8.72	Mediana	8.75
8.72	Desviación estándar	0.016431677
8.75	“Varianza de la muestra”	0.000027
8.75	“Coeficiente de asimetría”	-0.608580619
	“Rango”	0.03
	“Mínimo”	8.72
	Máximo	8.75
	Suma	43.69
	Cuenta	6
	Nivel de confianza (95%)	0.020402621

Se estableció la regla de decisión

$\mu =$	200
$\alpha =$	0.05
$n =$	6
$gl =$	5

Se resuelve el t-Student experimental, entonces: $t_{\text{Experimental}} = -53.5422$

La distribución del $t_{\text{Teórico}} = -2.0150$ (ANEXO 1: Distribución t de Student, $gl = 5$ y $\alpha = 0.05$)

Por lo tanto,

Si $t_{\text{Experimental}} (-53.5422) < t_{\text{Teórico}} (-2.0150)$ entonces se RECHAZA H_0

Ha: “El nivel de concentración de NO₂” generado por el tránsito vehicular SI influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica. ($\mu(\text{NO}_2) \leq 200 \text{ mg/L}$).

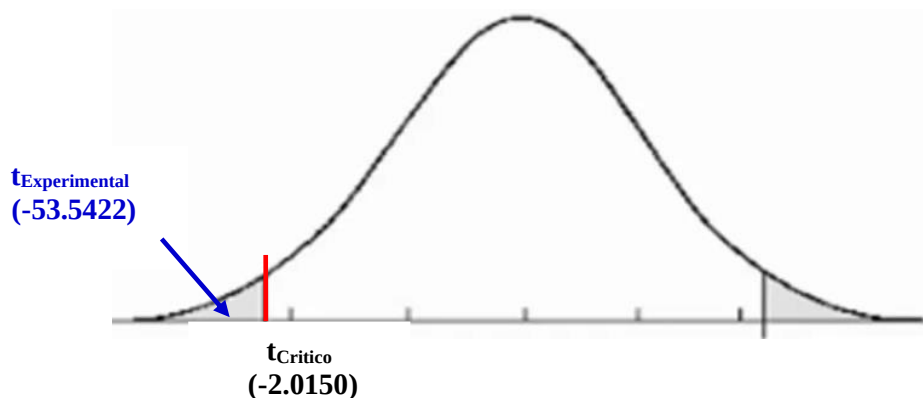


Figura 12 Distribución de t-Student para el monitoreo del (NO₂), carretera panamericana sur 2, Ica

Se afirma, que:

La hipótesis alterna ha sido aceptada, lo que confirma que la presencia de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en el área de tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica influye en los estándares de calidad ambiental del aire. Se realizaron mediciones con el equipo Tren de Muestreo durante 1 hora en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2022, y los resultados se presentan en la Tabla 10. Con un nivel de significancia de 0.05, considerando un grado de libertad de 5 y un valor $t_{\text{Experimental}}$ de (-53.5422), se puede concluir que los niveles de dióxido de Nitrógeno (NO₂) están por debajo de los límites establecidos por el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. Por lo tanto, se puede afirmar que la presencia de dióxido de Nitrógeno (NO₂) generado por el tránsito vehicular no afecta la calidad ambiental en los puntos de monitoreo CA-1 y CA-2 de la carretera Panamericana Sur 2 en Ica, según los hallazgos de esta investigación.

Para el CO

$H_a: \mu(\text{CO}) \leq 10000 \text{ mg/L}$ (“El nivel de concentración de CO” generado por el tránsito vehicular SI influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica)

$H_0: \mu(\text{CO}) > 10000 \text{ mg/L}$ (“El nivel de concentración de CO” generado por el tránsito vehicular NO influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica)

Se considero el nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Se estimo el “estadístico de prueba” (Estadística Descriptiva) para el (CO)

Numero aleatorios	Columna 1	
656	Media	652
656	Error típico	1.09544511501
652	Mediana	652
652	Desviación estándar	2.4494897427
650	“Varianza de la muestra”	6
650	“Coeficiente de asimetría”	1.3608227635
	“Rango”	6
	“Mínimo”	650
	Máximo	656
	Suma	3260
	Cuenta	5
	Nivel de confianza (95%)	3.04144322758

Se estableció la regla de decisión

$\mu =$	10000
$\alpha =$	0.05
$n =$	6
$gl =$	5

Se resuelve el t-Student experimental, entonces: $t_{\text{Experimental}} = -35.1194$

La distribución del $t_{\text{Teórico}} = -2.0150$ (ANEXO 1: Distribución t de Student, $gl = 5$ y $\alpha = 0.05$)

Por lo tanto,

Si $t_{\text{Experimental}} (-35.1194) < t_{\text{Teórico}} (-2.0150)$ entonces se RECHAZA H_0

Ha: “El nivel de concentración de CO” generado por el tránsito vehicular SI influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica. ($\mu(\text{CO}) \leq 10000 \text{ mg/L}$).

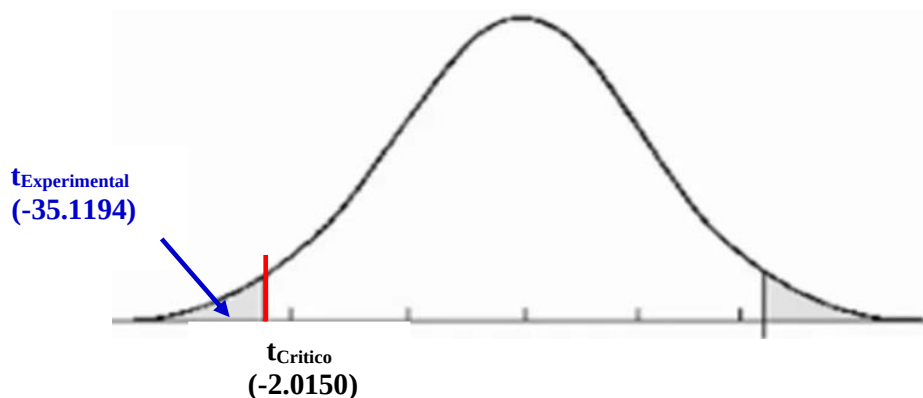


Figura 13 Distribución de t-Student para el monitoreo del (CO), carretera panamericana sur 2, Ica

Se afirma, que:

La hipótesis alterna ha sido aceptada, lo que confirma que la presencia de Monóxido de Carbono (CO) en el área de tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica influye en los estándares de calidad ambiental del aire. Se realizaron mediciones con el equipo Tren de Muestreo durante 8 horas en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2022, y los resultados se presentan en la Tabla 10. Con un nivel de significancia de 0.05, considerando un grado de libertad de 5 y un valor $t_{\text{Experimental}}$ de (-35.1194), se puede concluir que los niveles de Monóxido de Carbono (CO) están por debajo de los límites establecidos por el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. Por lo tanto, se puede afirmar que la presencia de Monóxido de Carbono (CO) generado por el tránsito vehicular no afecta la calidad ambiental en los puntos de monitoreo CA-1 y CA-2 de la carretera Panamericana Sur 2 en Ica, según los hallazgos de esta investigación.

Para el H₂S

H_a : $\mu(\text{H}_2\text{S}) \leq 150 \text{ mg/L}$ (“El nivel de concentración de H₂S” generado por el tránsito vehicular SI influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica)

H_0 : $\mu(\text{H}_2\text{S}) > 150 \text{ mg/L}$ (“El nivel de concentración de H₂S” generado por el tránsito vehicular NO influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica)

Se considero el nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Se estimo el “estadístico de prueba” (Estadística Descriptiva) para el (H2S)

Numero aleatorios	Columna 1	
2.104	Media	2.103
2.104	Error típico	0.00063245553
2.104	Mediana	2.104
2.104	Desviación estándar	0.001549193
2.101	“Varianza de la muestra”	2.4E-06
2.101	“Coeficiente de asimetría”	1.3608227635
	“Rango”	0.003
	“Mínimo”	2.101
	Máximo	2.104
	Suma	12.618
	Cuenta	6
	Nivel de confianza (95%)	0.001625779

Se estableció la regla de decisión

$\mu =$	150
$\alpha =$	0.05
$n =$	6
$gl =$	5

Se resuelve el t-Student experimental, entonces: $t_{\text{Experimental}} = -172.1826$

La distribución del $t_{\text{Teórico}} = -2.0150$ (ANEXO 1: Distribución t de Student, $gl = 5$ y $\alpha = 0.05$)

Por lo tanto,

Si $t_{\text{Experimental}} (-172.1826) < t_{\text{Teórico}} (-2.0150)$ entonces se RECHAZA H_0

Ha: “El nivel de concentración de H2S” generado por el tránsito vehicular SI influye “en los estándares de la calidad ambiental” en la carretera panamericana sur 2 en Ica. ($\mu(\text{H2S}) \leq 150 \text{ mg/L}$).

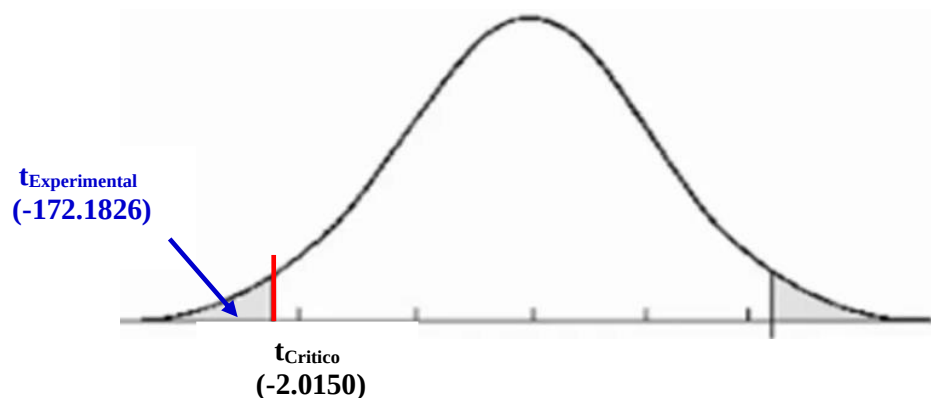


Figura 14 Distribución de t-Student para el monitoreo del (H₂S), carretera panamericana sur 2, Ica

Se afirma, que:

La hipótesis alterna ha sido aceptada, lo que confirma que la presencia de sulfuro de Hidrogeno (H₂S) en el área de tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 en Ica influye en los estándares de calidad ambiental del aire. Se realizaron mediciones con el equipo Tren de Muestreo durante 24 horas en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2022, y los resultados se presentan en la Tabla 10. Con un nivel de significancia de 0.05, considerando un grado de libertad de 5 y un valor $t_{\text{Experimental}}$ de (-172.1826), se puede concluir que los niveles de Sulfuro de Hidrogeno (H₂S) están por debajo de los límites establecidos por el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. Por lo tanto, se puede afirmar que la presencia de Sulfuro de Hidrogeno (H₂S) generado por el tránsito vehicular no afecta la calidad ambiental en los puntos de monitoreo CA-1 y CA-2 de la carretera Panamericana Sur 2 en Ica, según los hallazgos de esta investigación.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Discusión de los “niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular y la calidad del aire, ctra. Panamericana sur 2 en la ciudad de Ica.

los resultados de los parámetros meteorológicos revelaron que la dirección y velocidad del viento tuvieron un impacto significativo en la dispersión de los contaminantes atmosféricos. Se observó que cuando los vientos predominantes provenían de fuentes contaminantes, como zonas urbanas o áreas industriales, se producía una acumulación de contaminantes en la zona de estudio. Por el contrario, cuando los vientos soplaban desde áreas menos contaminadas, se registraba una mejor calidad del aire. En relación a los parámetros de calidad del aire, se identificó que los niveles de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular influían en la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2. Los resultados indicaron que en determinadas horas pico y tramos de mayor densidad de tráfico, se registraban niveles más altos de contaminantes, lo que sugiere que el tránsito vehicular es un factor determinante en la calidad del aire en esta área. Es importante destacar que los resultados obtenidos estuvieron en concordancia con los estándares de calidad ambiental establecidos en las regulaciones pertinentes, como el D.S. N°003-2017-MINAM. Esto indica que los niveles de concentración de los contaminantes analizados no superaron los límites permitidos, lo cual es un aspecto positivo en términos de la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2.

Según, **Wieczorek**, realizó un valioso aporte científico al campo de la calidad del aire y la monitorización de la contaminación. A través del uso de datos satelitales y técnicas de procesamiento, el equipo de investigación pudo analizar y representar los niveles de dióxido de carbono (CO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO) en la región de estudio. Con su estudio proporciono información relevante para comprender y abordar los desafíos relacionados con la contaminación del aire en la región.[40].

4.2. Discusión de la conservación del medio ambiente generados con el tránsito vehicular y la calidad del aire en la carretera panamericana sur 2 en la ciudad de Ica.

Los resultados de la investigación postula que la conservación del medio ambiente generada por el tránsito vehicular influye positivamente en la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2 en la ciudad de Ica. Durante el estudio, se recopilieron datos exhaustivos sobre los niveles de contaminantes atmosféricos y las emisiones de los vehículos en dicha zona. En general, los niveles de contaminantes del aire se mantuvieron dentro de los estándares establecidos por las regulaciones ambientales vigentes. Esto sugiere que las medidas implementadas para promover la conservación del medio ambiente en el tránsito vehicular han sido efectivas en reducir las emisiones contaminantes y mejorar la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2. La adopción de tecnologías más limpias, como la introducción de vehículos con bajas emisiones y la implementación de sistemas de control de contaminación, ha jugado un papel importante en la reducción de los niveles de contaminantes atmosféricos. Además, las políticas y regulaciones implementadas para fomentar prácticas de conducción más sostenibles y el uso de combustibles más limpios han contribuido significativamente a la conservación del medio ambiente y a la mejora de la calidad del aire en la zona estudiada. Es importante destacar que, si bien se observaron mejoras en la calidad del aire, aún existen desafíos que deben abordarse para garantizar una calidad del aire óptima y sostenible a largo plazo. **Hay et al.**, identificó la necesidad de fortalecer la infraestructura de transporte público y fomentar su uso, así como de implementar medidas adicionales para promover la adopción de vehículos eléctricos y otras alternativas de transporte más sostenibles.[41]

Es relevante mencionar que los resultados obtenidos en esta investigación están respaldados por estudios previos realizados por destacados investigadores en el campo de la calidad del aire. El estudio de **Sun et al.**, demostró que la implementación de políticas de conservación del medio ambiente en el tránsito vehicular puede tener un impacto significativo en la reducción de las emisiones de contaminantes y en la mejora de la calidad del aire en áreas urbanas.[42].

4.3. Discusión de los niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular y los estándares de la calidad ambiental en la carretera panamericana sur 2 de la ciudad de Ica

Los resultados obtenidos a través del monitoreo de la calidad del aire en dos puntos de muestreo (CA-1 y CA-2) han proporcionado mediciones de los niveles de concentración de los diferentes gases durante diferentes períodos de tiempo, como se mostró los resultados del muestreo de agosto-2022, setiembre-2022 y octubre-2022. Y se comparó estos valores de concentración con los estándares establecidos en el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM, se puede determinar si los niveles cumplen con los límites máximos permisibles. En el estudio, se utilizó un enfoque estadístico basado en la prueba t de Student para evaluar la significancia de las diferencias entre las mediciones y los estándares establecidos.

Los resultados revelan que los niveles de concentración de CO, NO₂, CO₂ y H₂S en ambos puntos de muestreo (CA-1 y CA-2) NO superan los estándares establecidos en el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. Esto indica que la presencia de estos gases generados por el tránsito vehicular en la carretera panamericana sur 2 tiene un impacto moderado en la calidad del aire y representa un riesgo moderado para la salud humana y el ambiente.

Es importante destacar que estos resultados son consistentes con investigaciones previas realizadas por otros científicos en diferentes áreas geográficas. Por estudios como el de **Wang et al.** han documentado la influencia de las emisiones vehiculares en la calidad del aire y han demostrado la importancia de implementar medidas de mitigación y control para reducir los niveles de contaminantes.[43] y otros investigadores que ha estudiado los gases CO, CO₂, NO₂ y H₂S.[9], [10].

V. CONCLUSIONES

Se concluye que los niveles medibles de CO₂, NO₂, CO y H₂S, los cuales son productos de las emisiones generadas por los vehículos en circulación. Estos gases son conocidos por su potencial para contribuir a la contaminación atmosférica y los efectos perjudiciales que pueden tener en la salud humana y el medio ambiente. Sin embargo, a pesar de la presencia de estos gases, se ha determinado que los niveles de concentración encontrados no exceden los estándares de comparación establecidos en las regulaciones ambientales correspondientes. Esto sugiere que, hasta el momento del estudio, la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2 en la ciudad de Ica se mantiene dentro de los límites aceptables según “los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos”. Sin embargo, es conveniente implementar medidas de conservación y mitigación adecuadas para mantener la calidad del aire en niveles óptimos y garantizar la protección de la salud de la población y el medio ambiente.

Se concluye que los resultados de la investigación respaldan la hipótesis específica 1, demostrando que la conservación del medio ambiente generada por el tránsito vehicular influye positivamente en la calidad del aire. Estos hallazgos respaldan la importancia de continuar implementando políticas y medidas destinadas a promover prácticas de conducción sostenibles y tecnologías de transporte más limpias, con el objetivo de preservar y mejorar la calidad del aire en beneficio de la salud y el bienestar de la comunidad.

Se concluye que los niveles de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tránsito vehicular en la carretera Panamericana Sur 2 de la ciudad de Ica se mantienen dentro de los límites establecidos por los estándares de calidad ambiental. Los resultados del estudio demuestran claramente que no se superan los niveles permitidos de concentración de estos gases.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar medidas de conservación y mitigación adicionales para mantener y mejorar la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur 2. Algunas de estas recomendaciones podrían incluir:

1. *Promover el uso de vehículos más limpios y eficientes:* Fomentar el uso de vehículos eléctricos o híbridos, así como la adopción de tecnologías más limpias en los vehículos a combustión, como sistemas de control de emisiones.
2. *Mejorar la infraestructura vial:* Diseñar y mantener vías de tránsito eficientes que reduzcan la congestión y el tiempo de espera de los vehículos.
3. *Promover el transporte público y medios alternativos:* Incentivar el uso del transporte público, el carpooling y el uso de bicicletas o caminar como opciones de transporte sostenibles y menos contaminantes.
4. *Implementar programas de educación y concientización:* Informar y educar a la población sobre los impactos de las emisiones vehiculares en la calidad del aire y promover prácticas responsables de conducción y mantenimiento de vehículos.
5. *Fortalecer la supervisión y cumplimiento de las regulaciones ambientales:* Garantizar que se cumplan y se haga cumplir las normas y regulaciones existentes para controlar las emisiones de vehículos y minimizar su impacto en la naturaleza del ambiente.

Estas recomendaciones buscan mantener y enriquecer la naturaleza del ambiente en la carretera Panamericana Sur 2, lo que a su vez contribuirá a proteger la salud de la población y preservar el medio ambiente. Es fundamental contar con la colaboración y cooperación de las autoridades, la comunidad urbana y otros actores relevantes para implementar estas medidas de manera efectiva

Se recomienda fortalecer la conciencia y la educación ambiental entre la población y los conductores para fomentar prácticas más sostenibles. Esto puede lograrse a través de campañas de información, programas de sensibilización y la promoción de buenas prácticas de conducción y como el cuidado los vehículos.

Se recomienda, fortalecer la supervisión y el cumplimiento de las regulaciones existentes en materia de emisiones vehiculares. Esto implica una mayor cooperación entre las autoridades locales, regionales y nacionales para respaldar la ejecución del Decreto Supremo N°003-2017-MINAM y la aplicación de sanciones efectivas a aquellos que no cumplan con las normativas ambientales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Kerimray, A. Bakdolotov, Y. Sarbassov, V. Inglezakis, y S. Pouloupoulos, «Air pollution in Astana: Analysis of recent trends and air quality monitoring system», *Mater. Today Proc.*, vol. 5, n.º 11, pp. 22749-22758, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2018.07.086.
- [2] G. Tuna Tuygun, S. Gündoğdu, y T. Elbir, «Estimation of ground-level particulate matter concentrations based on synergistic use of MODIS, MERRA-2 and AERONET AODs over a coastal site in the Eastern Mediterranean», *Atmos. Environ.*, vol. 261, n.º June, p. 15 Pag., 2021, doi: 10.1016/j.atmosenv.2021.118562.
- [3] K. H. Kim, E. Kabir, y S. Kabir, «A review on the human health impact of airborne particulate matter», *Environ. Int.*, vol. 74, pp. 136-143, 2015, doi: 10.1016/j.envint.2014.10.005.
- [4] DOP, *The Republic of the Union of Myanmar, 2014 Myanmar Population and Housing Census, The Union Report*. Myanmar-Yangon-China: Minister for Immigration and Population Republic of the Union of Myanmar, 2015.
- [5] PSRS, «Present Situation of Road Safety in Myanmar Experts Group Meeting for Road Safety Improvement». Myanmar-Yangon-China, p. 31 pag., 2013, [En línea]. Disponible en: <https://www.unescap.org/sites/default/files/2.16.Myanmar.pdf>.
- [6] RTAD, «Registered Vehicels in Myanmar. Road Transportation Adminstration Department», Myanmar-Yangon-China, 2018.
- [7] W. Y. Aung *et al.*, «Preliminary assessment of outdoor and indoor air quality in Yangon city, Myanmar», *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 10, n.º 3, pp. 722-730, 2019, doi: 10.1016/j.apr.2018.11.011.
- [8] Joint Economic Research Program (JERP), *Towards Cleaner Industry and Improved Air Quality Monitoring in Kazakhstan*. Kazakhstan: The World Bank and Ministry of Environment and Water Resources of the Republic of

Kazakhstan, 2013.

- [9] W. Hernandez, A. Mendez, V. Gonzalez-Posadas, y J. L. Jimenez-Martin, «Robust Analysis of the Information Obtained from a Set of 12 Years of SO₂ Concentration Measurements», *IEEE Access*, vol. 8, pp. 144976-144992, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3015038.
- [10] A. A. Tyovenda, T. J. Ayua, y T. Sombo, «Modeling of gaseous pollutants (CO and NO₂) emission from an industrial stack in Kano city, northwestern Nigeria», *Atmos. Environ.*, vol. 253, n.º 2, p. 118356, 2021, doi: 10.1016/j.atmosenv.2021.118356.
- [11] D. Moscoso Vanegas, A. Astudillo Alemán, y M. C. Morales Pérez, «Inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas de combustión del parque industrial del cantón cuenca-ecuador», *Cent. Azúcar*, vol. 45, n.º 2, pp. 33-45, 2018, [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- [12] A. A. Bustillos Ortis, «Simulacion de la dispersion de contaminantes en el aire de la ciudad de Ambato emitidos por fuentes fijas y por la actividad del volcan Tungurahua, mediante la utilizacion de los softwares ambientales especializados disper version 5.2 y screen view», Universidad Tecnica de Ambato, 2011.
- [13] J. J. Y. Guzman Vasquez, «Evaluacion de la Calidad de Aire de la Central Termica de Ventanilla», *Universiidad Nac. Federico Villareal*, pp. 1-97, 2019, [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/ANTECEDENTES/GUZMAN VASQUEZ JHOSTHINS JONATHAN YURI - TITULO PROFESIONAL.pdf>.
- [14] L. Stanek y J. Brown, «Air Pollution and Health – A Science-Policy Initiative», vol. 85, n.º 1, pp. 1-9, 2019, doi: 10.5334/aogh.2656.
- [15] D. Prato y J. Huertas, «atmosphere Determination of the Area A ff ected by Agricultural Burning», *Atmosphere (Basel)*, n.º x, pp. 1-14, 2019, doi: 10.3390/atmos10060312.
- [16] Fino, «Air Quality Legislation, Encyclopedia of Environmental Health», 2nd

- Editio., J. Nriagu, Ed. Elsevier, 2019, p. 4884.
- [17] I. C. Yadav y N. L. Devi, «Biomass burning, regional air quality, and climate change», en *Encyclopedia of Environmental Health*, 2.^a ed., Elsevier Inc., 2019, pp. 386-391.
 - [18] A. García Ruíz, «Evaluación de la concentración de CO, NO₂ y SO₂ en el aire por tráfico vehicular en el distrito de Morales, 2018», Universidad Peruana Union, 2019.
 - [19] N. Hilario Roman, «Emisiones Contaminantes De Vehiculos Del Distrito De Huancayo», Univercidad Nacional del centro del Peru, 2017.
 - [20] A. Cortes y I. Ridley, «Efectos de la Combustión a Leña en la Calidad del Arte Intradomiciliario . La ciudad de Temuco Como Caso de Estudio Introducción», *Resvista Invi*, vol. 28, n.º 78, pp. 257-271 pag., 2013, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582013000200008>.
 - [21] R. Alvarado, «Evaluacion de la calidad del aire por la emision de material particulado en las piladoras Rey Leon S.A.C. y Santa Clara, Cacatachi, 2018», 2019.
 - [22] MINAM, «Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014», *Informe Nacional De La Calidad Del Aire*. p. 52, 2014, [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2635-informe-nacional-de-la-calidad-del-aire-2013-2014%0Ahttp://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>.
 - [23] Real Decreto No 1428, «Tránsito vehicular», *Wikipwdia*, 2003. https://es.wikipedia.org/wiki/Tránsito_vehicular.
 - [24] P. Córdova-Mendoza, T. Barrios-Mendoza, y I. Córdova-Barrios, «Primera caracterizacion de emisiones contaminantes y la calidad del aire en Ica, Peru», *Rev. Cuba. Quim.*, vol. 33, n.º 1, pp. 138-152, 2021, [En línea]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/5171-Texto del artículo-16226-2-10-20210415.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/5171-Texto%20del%20artículo-16226-2-10-20210415.pdf).
 - [25] M. E. Vara Licon, «Universidad Nacional De San Agustin De Arequipa Dedicatoria »:, Universidad Nacional San Agustin de Arequipa, 2016.

- [26] J. Cabrera Fernández, «Aplicación de un modelo de dispersión atmosférica», Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2012.
- [27] A. Sharma, A. Saxena, M. Sethi, V. Shree, y Varun, «Life cycle assessment of buildings: A review», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, n.º 1, pp. 871-875, 2011, doi: 10.1016/j.rser.2010.09.008.
- [28] H. Weitzenfeld, «Introducción al monitoreo atmosférico», en *Manual de Introducción al monitoreo atmosférico.*, vol. II, 1997, pp. 1-31.
- [29] J. Supo, *Cómo escribir una tesis: Redacción del informe final de tesis*, Primera Ed. Lima - Perú: BIOESTADISTICO EIRL, 2015.
- [30] D.S. N°074-2001-PCM, «Decreto Supremo N ° 074-2001-PCM: Reglamento De Estandares Nacionales De Calidad Ambiental del AIRE», *Norma Ambiente*. Presidente de la Republica, Lima, Peru, pp. 1-16, 2001, [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DS-074-2001-PCM.pdf>.
- [31] M. de Salud., «Decreto Supremo N°031-2010. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.» Publicado en El Diario oficial en peruano, del 26 de setiembre de 2010.Perú, Lima-Perú, 2010.
- [32] L. G. del Ambiente, «Ley General del Ambiente - Ley N° 28611. Artículo 67. Artículo 119, Inciso 119.1», *Peruano*. p. 168 pp., 2005, [En línea]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>.
- [33] E. F. Arellano Gamarra, «Nivel de Contaminacion Atmosferica por Material Particulado (PM0) y su composicion Metalica en el Area Urbana del distrito de Cusco», Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2019.
- [34] Ley N°28245, «Ley Marco del Sistema Nacional de Gestion Ambiental». Congreso de la Republica, Lima - Perú, p. 13 Pag., 2005, [En línea]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/ley-SNGA-28245.pdf>.
- [35] L. O. de Municipalidades, «Ley N° 27972 ley Orgánica del Municipalidades. Artículo 80. Punto 1. Inciso 1.1.», *Peruano*, 2007. file:///D:/Tesis_Pedro Berrocal/Tesis13_Bellido-Yauricasa/Tesis Evaluacion del Relleno

Sanitario/27972.pdf.

- [36] D.S._N°003-2017-MINAM, «Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM», *Norma Legal*. Diario el 'Peruano, Lima - Perú, p. 4, 2017, [En línea]. Disponible en:
http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf.
- [37] R. Rodríguez Jiménez, Á. Benito Capa, y A. Portela Lozano, *Meteorología y Climatología*. España.: FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología), 2004.
- [38] DS_N°003-2008-MINAM, «Aprueban Estnadares de Calidad Ambiental Para Aire. Decreto Supremo N°003-2008-MINAM», *Diario Oficial El Peruano*. p. 4 Pag., 2008.
- [39] Republica del Peru, «Decreto Supremo No. 003-2017-MINAM», pp. 6-9, 2017.
- [40] B. Wiecezorek, «Air Pollution Patterns Mapping of SO₂, NO₂, and CO Derived from TROPOMI over Central-East Europe», *Remote Sens.*, vol. 15, n.º 6, p. 1565, 2023, doi: 10.3390/rs15061565.
- [41] N. Hay, O. Onwuzurike, S. P. Roy, P. McNamara, M. L. McNamara, y W. McDonald, «Impact of traffic on air pollution in a mid-sized urban city during COVID-19 lockdowns», *Air Qual. Atmos. Heal.*, n.º 2, 2023, doi: 10.1007/s11869-023-01330-3.
- [42] S. Sun *et al.*, «Vehicle emissions in a middle-sized city of China: Current status and future trends», *Environ. Int.*, vol. 137, n.º September 2019, p. 105514, 2020, doi: 10.1016/j.envint.2020.105514.
- [43] J. Wang *et al.*, «Vehicle emission and atmospheric pollution in China: Problems, progress, and prospects», *PeerJ*, vol. 7, pp. 1-22, 2019, doi: 10.7717/peerj.6932.

ANEXO

ANEXO I



ESTACIONES METEOROLÓGICAS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

110-21

SOLICITANTE : **CONSTANTINO RONALD TOLEDO CARRION**

MODELO DE ESTACION : **VANTAGE PRO 2 CABLEADA**

MARCA : **DAVIS INSTRUMENTS CORPORATION**

SERIE UNIDAD ISS : **A81113A031**

SERIE UNIDAD CONSOLA : **BB170808032**

UBICACIÓN : **LIMA**

FECHA DE CALIBRACIÓN : **11/08/2021**

FECHA DE EXPIRACIÓN : **14/08/2022**

DATOS PATRÓN

MARCA : **DAVIS**

SERIE UNIDAD ISS : **BF201015012**

SERIE UNIDAD CONSOLA : **BF201015012**

SENSOR DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA	RANGOS DE EXACTITUD GENERAL	PROMEDIO CLIENTE	MAX./MIN. CLIENTE	ERROR PROMEDIO CLIENTE	CORRELACION CLIENTE	REFERENCIA ESTACIÓN PATRÓN-DAVIS (NIST)
TEMPERATURA-0102	± 0.5 °C	15.81 °C	31.1 / 4.0 °C	0.0 °C	1.00	201019N04
HUMEDAD RELATIVA-0102	± 3%	88.56 %	91 / 90 %	0.5 %	0.99	201019N04
VELOCIDAD DE VIENTO-0410	±2 m/s ± 5%	1.17 m/s	8.2 / 0.0 m/s	0.0 m/s	0.99	201019N06
PRECIPITACIÓN-0102	±0% ± 1 cuenta de lluvia	4.87 mm	7.2 / 0.0 mm	0.0 mm	1.00	201019N05
PRESIÓN BAROMÉTRICA-0102	± 1.0 mb	1006.62 mb	1000.0 / 1006.8 mb	0.0 mb	0.99	BF201015012

Delimitación de los errores de medición a través del método de constatación con el instrumento a verificar rigiendo a los resultados que maneje la Patrón Homologada por Davis Instruments en un periodo de 24 horas donde los equipos son expuestos a las mismas condiciones climáticas. Cada Patrón Davis se basa en las especificaciones del NIST (National Institute of Standards and Technology) y ha sido verificado en sus parámetros con los siguientes sensores (tal como muestra el documento adjunto)

Temperatura y humedad relativa

○ Marca: **Vaisala**

Precipitación

○ Marca: **CAVRO**

Viento (velocidad y dirección)

○ Marca: **MKS Baratron**

Presión Atmosférica

○ Marca: **Vaisala**

Modelo: HMT 333

Modelo: XLP 6000 Pump

Modelo: MKS Baratron

Modelo: PTB 220 CLASE A

Las unidades de medición realizadas están de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El certificado no podrá ser reproducido parcialmente. El usuario está obligado a recalibrar el instrumento a intervalos apropiados por personal autorizado por Davis.

Perú Davis Instruments E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el mal uso de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Alejandro SANCHEZ ARECO
Gerente General
PERÚ DAVIS INSTRUMENTS E.I.R.L.

📍 CALLE LAS CAMELIAS 877 OF. 302 SAN ISIDRO

☎ 648 7942

✉ REPORTES@DAVISNET.PE

🌐 WWW.DAVISNET.PE



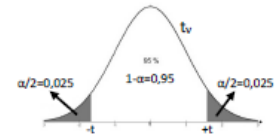
87

[illegible]

ANEXO III

Distribución t de Student

Contiene los valores de t tales que $\frac{\alpha}{2} = P(t_v \geq t)$, donde v son los Grados de Libertad



		$\alpha/2$												
		0,0005	0,001	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,45	0,475
v grados de libertad	1	636,619	318,309	63,657	31,821	12,706	6,114	3,078	1,376	1,000	0,727	0,325	0,158	0,079
	2	31,599	22,327	9,925	6,965	4,303	2,202	1,886	1,061	0,816	0,617	0,289	0,142	0,071
	3	12,924	10,215	5,841	4,541	3,182	2,153	1,638	0,978	0,765	0,584	0,277	0,137	0,068
	4	8,610	7,173	4,604	3,747	2,776	2,015	1,533	0,941	0,741	0,569	0,271	0,134	0,067
	5	6,608	5,408	3,658	2,998	2,262	1,753	1,476	0,920	0,727	0,559	0,267	0,132	0,066
	6	5,959	5,208	3,707	3,143	2,447	1,845	1,440	0,906	0,718	0,553	0,265	0,131	0,065
	7	5,408	4,785	3,499	2,998	2,365	1,895	1,415	0,896	0,711	0,549	0,263	0,130	0,065
	8	5,041	4,501	3,355	2,896	2,306	1,860	1,397	0,889	0,706	0,546	0,262	0,130	0,065
	9	4,781	4,297	3,250	2,821	2,262	1,833	1,383	0,883	0,703	0,543	0,261	0,129	0,064
	10	4,587	4,144	3,169	2,764	2,228	1,812	1,372	0,879	0,700	0,542	0,260	0,129	0,064
	11	4,437	4,025	3,106	2,718	2,201	1,796	1,363	0,876	0,697	0,540	0,260	0,129	0,064
	12	4,318	3,930	3,055	2,681	2,179	1,782	1,356	0,873	0,695	0,539	0,259	0,128	0,064
	13	4,221	3,852	3,012	2,650	2,160	1,771	1,350	0,870	0,694	0,538	0,259	0,128	0,064
	14	4,140	3,787	2,977	2,624	2,145	1,761	1,345	0,868	0,692	0,537	0,258	0,128	0,064
	15	4,073	3,733	2,947	2,602	2,131	1,753	1,341	0,866	0,691	0,536	0,258	0,128	0,064
	16	4,015	3,686	2,921	2,583	2,120	1,746	1,337	0,865	0,690	0,535	0,258	0,128	0,064
	17	3,965	3,646	2,898	2,567	2,110	1,740	1,333	0,863	0,689	0,534	0,257	0,128	0,064
	18	3,922	3,610	2,878	2,552	2,101	1,734	1,330	0,862	0,688	0,534	0,257	0,127	0,064
	19	3,883	3,579	2,861	2,539	2,093	1,729	1,328	0,861	0,688	0,533	0,257	0,127	0,064
	20	3,850	3,552	2,845	2,528	2,086	1,725	1,325	0,860	0,687	0,533	0,257	0,127	0,063
	21	3,819	3,527	2,831	2,518	2,080	1,721	1,323	0,859	0,686	0,532	0,257	0,127	0,063
	22	3,792	3,505	2,819	2,508	2,074	1,717	1,321	0,858	0,686	0,532	0,256	0,127	0,063
	23	3,768	3,485	2,807	2,500	2,069	1,714	1,319	0,858	0,685	0,532	0,256	0,127	0,063
	24	3,745	3,467	2,797	2,492	2,064	1,711	1,318	0,857	0,685	0,531	0,256	0,127	0,063
	25	3,725	3,450	2,787	2,485	2,060	1,708	1,316	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
	26	3,707	3,435	2,779	2,479	2,056	1,706	1,315	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
	27	3,690	3,421	2,771	2,473	2,052	1,703	1,314	0,855	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
	28	3,674	3,408	2,763	2,467	2,048	1,701	1,313	0,855	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
	29	3,659	3,396	2,756	2,462	2,045	1,699	1,311	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
	30	3,646	3,385	2,750	2,457	2,042	1,697	1,310	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
	31	3,633	3,375	2,744	2,453	2,040	1,696	1,309	0,853	0,682	0,530	0,256	0,127	0,063
	32	3,622	3,365	2,738	2,449	2,037	1,694	1,309	0,853	0,682	0,530	0,255	0,127	0,063
	33	3,611	3,356	2,733	2,445	2,035	1,692	1,308	0,853	0,682	0,530	0,255	0,127	0,063
	34	3,601	3,348	2,728	2,441	2,032	1,691	1,307	0,852	0,682	0,529	0,255	0,127	0,063
	35	3,591	3,340	2,724	2,438	2,030	1,690	1,306	0,852	0,682	0,529	0,255	0,127	0,063
α		0,001	0,002	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,95