



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Determinación de la contaminación del aire de los principales clientes de la Empresa CERPER S.A en los últimos tres años”

Trabajo de suficiencia profesional para optar al título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Marcos Josue Achaica Pariona

Asesor:

Mg. Lic. Maria Elena Geldres Vigil

0000-0001-7614-4201

Lima - Perú

2025

Informe de Similitud



Página 2 of 60 - Descripción general de Integridad

Identificador de la entrega tm:oid::1:3282784804

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado

Exclusiones

- ▶ N.º de fuentes excluidas
- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 8%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a todas las personas que han sido fuente de inspiración y apoyo constante en mi vida. A mi familia, por su amor incondicional y motivación; a mis amigos, por su compañía y aliento; y a todos aquellos que, de alguna manera, contribuyeron a que este proyecto fuera posible.

Agradecimiento

Agradezco a todas las personas que contribuyeron directa o indirectamente a la realización de este trabajo. Su apoyo, orientación y colaboración fueron fundamentales para llevar a cabo este proyecto con éxito. Extiendo mi gratitud a mi asesora y familiares por su constante motivación y respaldo durante todo el proceso.

Tabla de contenido

Índice de Figuras.....	6
RESUMEN EJECUTIVO.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	20
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	34
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS.....	43
ANEXOS.....	46

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de procesos del laboratorio Cerper S.A.....	9
Figura 2. Política integrada de Cerper S.A	10
Figura 3. Resultados de la empresa principales con respecto al material particulado PM10 de los últimos 3 años.....	34
Figura 4. Resultados de las empresas principales con respecto al material particulado PM2.5 de los últimos 3 años.....	35
Figura 5. Resultados de las empresas principales con respecto al monóxido de carbono (CO) de los últimos 3 años.	37
Figura 6. Resultados de las empresas principales con respecto al sulfuro de hidrogeno (SO2) de los últimos 3 años.	38
Figura 7. Resultados de las empresas principales con respecto al dióxido de nitrógeno (NO2) de los últimos 3 años.....	39

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo evalúa la contaminación del aire generada por los principales clientes de CERPER S.A. durante los últimos tres años. Se realizó un monitoreo detallado de contaminantes clave como dióxido de nitrógeno (NO_2), material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$), monóxido de carbono y sulfuro de hidrogeno. Los resultados muestran variaciones significativas en los niveles de contaminantes, influenciadas por la ubicación, la intensidad de las actividades industriales y las fuentes emisoras predominantes. Algunas empresas implementaron medidas efectivas para reducir emisiones, mientras que en otras se registraron concentraciones que superan los límites establecidos por la normativa ambiental vigente. El informe recomienda fortalecer los sistemas de monitoreo, promover tecnologías limpias y mejorar la gestión ambiental para reducir el impacto ambiental y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El autor de este trabajo de suficiencia es Marcos Josue Achaica Pariona, quien obtuvo su educación en la Universidad Privada del Norte, en la especialidad de Ingeniería Ambiental, durante el periodo 2018 I - 2024 I. En este periodo, he logrado adquirir varios conocimientos sobre la legislación ambiental, contaminación del aire, suelo y agua, administración de desechos, entre otros aspectos. En la actualidad, ocupo la posición de Analista de Campo II en el laboratorio Certificaciones del Perú S.A, situado en el distrito de La Perla, en la provincia y departamento del Callao, colaborando en la implementación de diversas clases de monitoreos ambientales.

1.1 Antecedentes de la empresa

En cuanto a mi experiencia laboral, me uní al laboratorio Certificaciones del Perú S.A el mes de julio del año 2024 como analista de campo II - conductor, durante este periodo mis funciones fueron la ejecución de monitoreos ambientales y ocupaciones, y elaboración de informes de dichos monitoreos realizados.

Los logros desde la fundación del laboratorio Certificaciones del Perú S.A son los siguientes:

Laboratorios acreditados: CERPER tiene laboratorios en Arequipa y Callao acreditados por el INACAL y el IAS (International Accreditation Service).

Certificación BASC: CERPER es una empresa certificada BASC (Business Alliance for Secure Commerce), lo que reconoce su compromiso con estándares de seguridad y control.

El laboratorio CERPER cuenta con más de 50 años de experiencia en actividades de inspección, muestreo, supervisión y verificación de productos, bienes, plantas y procesos; experiencia que permite brindar servicios a los sectores público y privado; además de formar parte de las Entidades de Inspección del Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES. La visión del laboratorio CERPER es utilizar la amplia experiencia de nuestros colaboradores para ofrecer soluciones confiables y efectivas a los sectores productivos del país. Por otro lado, la misión es consolidarse como una empresa peruana de referencia en el apoyo a diversos sectores industriales del país y ser reconocidos por nuestra excelencia.

1.2 Mapa de Procesos

Figura 1. Mapa de procesos del laboratorio Cerper S.A



Extraído del Manual de Calidad - Cap. 12 "Sistema de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente" Vs 01/2024

Nota. Se puede ver que resaltan tres procesos con los cuales gestiona sus actividades la empresa, está el proceso estratégico, proceso operativo y proceso de soporte.

1.3 Política del Sistema Integrado de Gestión

Figura 2. Política integrada de Cerper S.A



POLÍTICAS DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A. - CERPER es una empresa dedicada a la evaluación de la conformidad, en los campos de la inspección, ensayo y certificación, y como tal se compromete a cumplir con las siguientes políticas:

CALIDAD
Brindar los servicios de inspección, ensayo y certificación, en forma confiable e imparcial, sin discriminación alguna, satisfaciendo al máximo los requisitos y expectativas de los clientes, en concordancia con las buenas prácticas profesionales, la operación coherente en nuestras actividades y la calidad del servicio.

Cumplir con los requisitos de las normas de acreditación en las que se basa el sistema: NTP-ISO/IEC 17020, NTP-ISO/IEC 17021, NTP-ISO/IEC 17025, así como con los métodos, especificaciones, y normas técnicas nacionales e internacionales relacionadas a todos los servicios, promoviendo la mejora continua de la eficacia del sistema de gestión.

Fortalecer las competencias técnicas personales y del grupo desarrollando un programa de capacitación integral, basado en un sistema de entrenamiento documentado de acuerdo a la función desempeñada por el personal, promoviendo el compromiso con el desarrollo de sus actividades y concientizando sobre su contribución al logro de los objetivos y metas de la empresa.

CONFIDENCIALIDAD
Mantener la confidencialidad y no revelar a terceros, la información obtenida del cliente y de fuentes distintas a él, o generada en el curso de las actividades de inspección, ensayo y certificación, en todos los niveles de la organización, incluyendo los comités y las personas que actúan en su nombre; exceptuando los casos en que la autoridad competente lo requiera, lo cual será comunicado al cliente, siempre que sea posible.

IMPARCIALIDAD
Evitar involucrarse en cualquier actividad que disminuya la confianza en su competencia técnica, imparcialidad, juicio o integridad operacional, asimismo abordar los riesgos de imparcialidad que puedan surgir de cualquier conflicto de intereses y de presiones financieras, económicas o de cualquier índole.

CONSERVACIÓN Y ACCESO A LOS REGISTROS (NTP-ISO/IEC 17021)
Conservar los registros concernientes a todas las actividades de evaluación de la conformidad, asegurando siempre la preservación de la confidencialidad y restringiendo el acceso a los mismos, sólo a personal autorizado.

SUSPENSIÓN, RETIRO O REDUCCIÓN DEL ALCANCE DE LA CERTIFICACIÓN (NTP-ISO/IEC 17021)
Tomar la decisión de suspender, retirar o reducir el alcance de una certificación otorgada, siempre que se haya evidenciado el incumplimiento sistemático de todos o parte de los requisitos de la certificación, o a solicitud del propio cliente; diseñando para ello un mecanismo imparcial y eficaz que garantice la toma de decisiones oportunas.

Callao, 25 de julio de 2023

Miguel Caillaux Zazzali
Gerente General

Extraído del Manual del SIG - Cap. 1 "Introducción" Vs 01/2023 - 2023-07-25

1.4 Servicios Principales

Este laboratorio se encuentra especializado en la realización de inspecciones y muestreos de tres rubros: alimentos, pesca y monitoreos ambientales.

1.4.1 Sector alimentos

- Verificación de la instalación y operatividad del sistema de preservación RSW en embarcaciones pesqueras
- Medición de redes de cerco para la pesca de anchovetas y sardinas
- Inspección higiénico sanitaria de planta de procesamiento de productos hidrobiológicos
- Inspección de lotes de conservas y semiconservas de productos hidrobiológicos en envases de hojalata
- Inspección de lotes de productos hidrobiológicos congelados y refrigerados
- Inspección de lotes de harina de pescado
- Inspección y verificación de stock
- Supervisión de embarque productos hidrobiológicos
- Control de despacho
- Inspección/muestreo de lotes de productos hidrobiológicos
- Inspección y desinfección de contenedores y bodegas
- Fumigación de carga

1.4.2 Sector Pesca

- Verificación de la instalación y operatividad del sistema de preservación RSW en embarcaciones pesqueras
- Medición de redes de cerco para la pesca de anchovetas y sardinas
- Inspección higiénico sanitaria de planta de procesamiento de productos hidrobiológicos
- Inspección de lotes de conservas y semiconservas de productos hidrobiológicos en envases de hojalata
- Inspección de lotes de productos hidrobiológicos congelados y refrigerados
- Inspección de lotes de harina de pescado
- Inspección y verificación de stock
- Supervisión de embarque productos hidrobiológicos
- Control de despacho
- Inspección/muestreo de lotes de productos hidrobiológicos
- Inspección y desinfección de contenedores y bodegas
- Fumigación de carga

1.4.3 Monitoreos Ambientales

- Monitoreo de la calidad del aire.
- Monitoreo de emisiones de fuentes fijas.
- Monitoreo de la calidad del agua y sedimentos.
- Monitoreo biológico e hidrobiológico.
- Monitoreo de ruidos.
- Monitoreo de la calidad de suelo, sedimentos y lodos.
- Salud ocupacional.

1.5 Principales Clientes

- **Repsol**

Situada de manera estratégica en Ventanilla, Callao, esta planta se especializa en la transformación de crudo, elaborando una variedad de combustibles y subproductos. Estos incluyen gasolinas, diésel, gas licuado de petróleo (GLP), asfaltos y lubricantes, los cuales satisfacen una considerable porción de la demanda nacional. Su actividad principal se centra en la generación y distribución de hidrocarburos, consolidándose como un pilar indispensable para la estabilidad energética del territorio.

- **Recosac SAC**

La empresa Recosac (Repsol Comercial S.A.C.) tiene su sede ubicada en la avenida Víctor Andrés Belaunde 147, en el distrito de San Isidro, Lima, Perú. Está especializada en la comercialización y distribución de productos derivados del

petróleo, tales como gasolina, diésel, gas licuado de petróleo (GLP) y lubricantes.

Su actividad principal consiste en operar una red nacional de estaciones de servicio bajo la marca Repsol, además de gestionar la logística de transporte y suministro de combustibles, y desarrollar programas de fidelización para clientes, como "Repsol Más", que fortalecen su relación con el consumidor final.

- **Cultivo de Ayabaca S.A.C**

Mi Cautivo de Ayabaca S.A.C. es una empresa con sede en la región Lambayeque (Perú), constituida en abril de 2008 por Carlos Teque Curo, especializada en el procesamiento y congelado de productos hidrobiológicos (pescados, crustáceos y moluscos). Su actividad principal consiste en comercializar una amplia gama de productos pesqueros tanto en el mercado nacional como mediante exportaciones, produciendo en plantas de alta calidad y fomentando el desarrollo productivo y ambientalmente responsable en la región.

- **RYD Gestión en Infraestructura S.A.C.**

Se encuentra ubicada en Av. del Parque Sur 185, San Isidro, Lima, es una empresa especializada en la gestión predial, social, ambiental y arqueológica. Su actividad principal es viabilizar proyectos de infraestructura en sectores como energía, transporte y minería, brindando servicios integrales que acompañan desde el diseño hasta la ejecución de las obras.

1.6 Realidad Problemática

La contaminación del aire constituye uno de los principales desafíos ambientales y de salud pública a nivel mundial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), más del 99 % de la población global respira aire que excede los niveles recomendados de contaminantes, particularmente material particulado fino ($PM_{2.5}$), dióxido de nitrógeno (NO_2) y ozono troposférico. Esta situación provoca cerca de 7 millones de muertes prematuras anualmente, siendo los países de ingresos bajos y medios los más afectados debido a una menor capacidad regulatoria y tecnológica. Además, un informe de IQAir (2024) reveló que solo 7 países cumplen con los estándares de calidad del aire de la OMS, lo que indica una brecha significativa en la protección ambiental a escala global.

En los países de América Latina, la contaminación del aire está dominada por la presencia de partículas en suspensión ($PM_{2.5}$ y PM_{10}), gases como el dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono a nivel del suelo (O_3) y monóxido de carbono (CO). Estos contaminantes se originan principalmente en fuentes como el parque automotor, la actividad industrial, la quema de residuos agrícolas y forestales, así como en el uso de combustibles sólidos para cocinar y calefaccionar en hogares. De acuerdo con datos recientes de la Organización Panamericana de la Salud (2022), más del 80 % de los habitantes en zonas urbanas de la región están expuestos a concentraciones de $PM_{2.5}$ superiores a las recomendadas por la Organización Mundial de la Salud. Ciudades como Lima, Ciudad de México y Santiago de Chile registran niveles preocupantes de NO_2 y material particulado, especialmente durante épocas con condiciones atmosféricas adversas, como las inversiones térmicas, que dificultan la dispersión de contaminantes (OPS, 2022; Banco Mundial, 2021). Estas condiciones reflejan una necesidad urgente de fortalecer las políticas públicas en gestión

ambiental y modernizar los sistemas de transporte y energía.

La contaminación del aire en el Perú constituye una amenaza significativa para la salud pública y el bienestar ambiental. Según un informe de Ojo Público, el país presenta una tasa de mortalidad prematura atribuible a la contaminación del aire de 176 muertes por millón de habitantes, cifra que supera los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Ojo Público, 2021).

La ciudad de Lima, en particular, enfrenta niveles elevados de material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂), los cuales provienen principalmente de emisiones vehiculares, actividades industriales y la quema de residuos (Marín, 2017). Estos contaminantes están asociados con un aumento en las enfermedades respiratorias y cardiovasculares, afectando principalmente a niños, adultos mayores y personas con condiciones preexistentes.

A pesar de la existencia de normativas ambientales, la implementación y fiscalización de estas leyes son insuficientes, lo que perpetúa la exposición de la población a niveles peligrosos de contaminación. La falta de áreas verdes, el crecimiento urbano desordenado y la limitada conciencia ambiental agravan aún más esta problemática.

1.7 Pregunta de Investigación General

- ¿Cuál es el nivel de contaminación del aire de los principales clientes de la empresa CERPER en los últimos tres años?

1.8 Preguntas de Investigación Específicas

- ¿Cuáles son los principales tipos de contaminantes ambientales entre los principales clientes de la Empresa CERPER en los últimos tres años?

- ¿Cuáles son los métodos de análisis para los contaminantes de los principales clientes de la Empresa CERPER en los últimos tres años?
- ¿Qué tipo de fuentes de contaminación predominan en las zonas monitoreadas de los principales clientes de la empresa CERPER en los último tres años?

1.9 Objetivo General

- Determinar es el nivel de contaminación del aire de los principales clientes de la empresa CERPER S.A en los últimos tres años

1.10 Objetivos Específicos

- Determinar los principales contaminantes ambientales entre los principales clientes de la Empresa CERPER en los últimos tres años
- Describir los métodos de análisis para los contaminantes de los principales clientes de la Empresa CERPER en los últimos tres años.
- Determinar los tipos de fuentes de contaminación que predominan en las zonas monitoreadas de los principales clientes de la empresa CERPER.

1.11 JUSTIFICACION

Desde un enfoque teórico, la contaminación del aire se analiza como una alteración en el equilibrio natural de la atmósfera provocada por la introducción de agentes contaminantes, tanto de origen natural como antropogénico. Esta problemática se fundamenta en teorías ambientales que explican cómo las emisiones de gases y partículas afectan los ciclos biogeoquímicos, la calidad del aire y la salud de los ecosistemas.

Con respecto al enfoque metodológico, el trabajo utiliza un enfoque cuantitativo para medir y analizar la contaminación del aire causada por actividades industriales, recopilando datos de monitoreo ambiental e informes técnicos. Se evaluarán contaminantes claves mediante herramientas estadísticas para comparar con normativas vigentes y así fundamentar diagnósticos y propuestas de mitigación ambiental.

El enfoque ambiental, permite comprender cómo las emisiones de contaminantes especialmente provenientes de fuentes industriales, vehiculares y domésticas, afectan la atmósfera, la biodiversidad y los recursos naturales. Así que no solo busca identificar las fuentes y consecuencias de la contaminación, sino también promover acciones sostenibles orientadas a la prevención, mitigación y restauración ambiental.

1.12 Hipótesis General

- El nivel de contaminación del aire generado por los principales clientes de la empresa CERPER S.A. ha presentado un aumento significativo en los últimos tres años.

1.13 Hipótesis Especificas

- Los principales contaminantes ambientales presentes en las zonas de los principales clientes de la Empresa CERPER en los últimos tres años son material particulado

(PM_{2.5} y PM₁₀), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), sulfuro de hidrogeno (H₂S) y dióxido de nitrógeno (NO₂).

- Los métodos de análisis aplicados para evaluar los contaminantes en las zonas de los principales clientes de la Empresa CERPER en los últimos tres años son adecuados y permiten identificar con precisión los niveles de contaminación.
- Las fuentes predominantes de contaminación en las zonas monitoreadas de los principales clientes de la empresa CERPER son las emisiones industriales y el transporte vehicular.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases Teóricas

Material Particulado PM10

- **Definición:** Se refiere a una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Estas partículas son lo suficientemente pequeñas como para ser inhaladas y pueden causar efectos adversos en la salud humana, especialmente en el sistema respiratorio (OMS, 2021).
- **Características:** El material particulado PM10 incluye todas las partículas con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micras, y puede estar compuesto por una amplia variedad de sustancias, tales como compuestos orgánicos, metales pesados y elementos biológicos (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [EPA], 2019).
- **Fuentes de origen:** Las principales fuentes de PM10 incluyen actividades industriales, emisiones del tráfico vehicular, combustión de biomasa y procesos naturales como tormentas de polvo y erupciones volcánicas. Estas partículas pueden ser emitidas directamente (primarias) o formarse en la atmósfera a partir de gases precursores (secundarias) (European Environment Agency [EEA], 2020).
- **Efectos en la salud y medio ambiente:** La exposición a PM10 está asociada a efectos adversos en la salud, incluyendo síntomas respiratorios, reducción de la función pulmonar, enfermedades cardíacas, y un aumento en la mortalidad, especialmente en personas con condiciones preexistentes, niños y ancianos (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021). Por otro lado, en el medio

ambiente pueden afectar la calidad del aire, dañar la vegetación, acidificar suelos y cuerpos de agua, y reducir la visibilidad en áreas urbanas y rurales (Environmental Protection Agency [EPA], 2019).

Material Particulado PM2.5

- **Definición:** Está compuesto por partículas con un diámetro aerodinámico inferior o igual a 2,5 micrómetros, que pueden penetrar en los pulmones y llegar al sistema cardiovascular, causando graves efectos en la salud (OMS, 2021).
- **Características:** Incluye sustancias químicas orgánicas, polvo, hollín y metales, y provienen fundamentalmente de la actividad humana, como la combustión de combustibles fósiles en vehículos y procesos industriales, así como de la quema de biomasa (Reátegui Romero, 2018).
- **Fuentes de origen:** Estas partículas pueden ser de origen primario, cuando se emiten directamente a la atmósfera, o secundario, cuando se forman en la atmósfera a partir de reacciones químicas de precursores gaseosos (Reátegui Romero, 2018).
- **Efectos en la salud y medio ambiente:** En la salud, la exposición prolongada a estas partículas finas se ha asociado con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, como asma, bronquitis, neumonía y trombosis venosa. Además, puede aumentar la mortalidad prematura, especialmente en personas con condiciones preexistentes, niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares (López & Pacheco ,2015). Por otro lado, en el medio ambiente pueden reducir la visibilidad atmosférica, contribuyendo a la formación de smog. Además, al depositarse sobre la vegetación y cuerpos de agua, pueden alterar los ecosistemas locales (López & Pacheco ,2015).

Monóxido de carbono

- Definición; Es un gas incoloro, inodoro e insípido que se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles como el gas, la gasolina, el carbón o la madera. Es altamente tóxico y puede causar la muerte si se inhala en concentraciones elevadas, ya que impide el transporte de oxígeno en la sangre (Pando, 2021).
- Características: Es un gas incoloro, inodoro e insípido, producido por la combustión incompleta de compuestos carbonados. Debido a su alta afinidad con la hemoglobina, forma carboxihemoglobina, reduciendo la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre (Rodríguez Vega, 2019, p. 32).
- Fuentes de Origen: Las principales fuentes de emisión de CO incluyen: emisiones vehiculares, quema de biomasa, procesos industriales, aerosoles secundarios resuspensión de polvo (Sanchez et al., 2022).
- Efectos en la salud y medio ambiente: En la salud, esto puede provocar síntomas como dolor de cabeza, mareos, náuseas y, en concentraciones elevadas, pérdida del conocimiento o incluso la muerte. Por otro lado, en el medio ambiente puede influir en la formación de ozono troposférico, uno de los principales componentes del smog, y contribuir a la deposición ácida, que perjudica a los organismos acuáticos y mata los árboles (Quispe, 2024).

Sulfuro de Hidrogeno

- Definición: Es un gas tóxico y corrosivo que se libera en procesos industriales como el hidrot ratamiento de combustibles. Su acumulación en la atmósfera puede tener efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente (Pedraza, 2021).

- **Características:** Es un gas incoloro e inflamable con un olor característico a huevos podridos. Se produce de forma natural en fuentes como el petróleo crudo, el gas natural, los gases volcánicos y las fuentes termales. También se genera por la descomposición bacteriana de materia orgánica (ATSDR,2016).
- **Fuentes de Origen:** Se encuentra de forma natural en el petróleo crudo, el gas natural, los gases volcánicos y los manantiales de aguas termales. También se genera por la descomposición bacteriana de materia orgánica (ATSDR,2016).
- **Efectos en la salud y medio ambiente:** Es un gas tóxico que, en concentraciones elevadas, puede causar efectos adversos en la salud humana, incluyendo irritación en los ojos, nariz y garganta, dificultad para respirar, pérdida de conciencia e incluso la muerte. Además, su presencia en el aire puede contribuir a la contaminación atmosférica y tener impactos negativos en el medio ambiente (Galarreta, 2019).

Dióxido de Nitrógeno

- **Definición:** Es uno de los principales contaminantes atmosféricos, especialmente en áreas urbanas, y se genera principalmente por la combustión de combustibles fósiles en vehículos y procesos industriales (Gómez, 2019).
- **Características:** Es un gas de color marrón rojizo con un olor irritante y penetrante. Es uno de los principales contaminantes atmosféricos, resultado de la combustión a altas temperaturas, como en motores de vehículos y centrales eléctricas. NO₂ es un oxidante fuerte y contribuye a la formación de ozono troposférico y smog fotoquímico. Además, puede causar irritación en las vías respiratorias y afectar la función pulmonar (Environmental Protection Agency [EPA], 2023).
- **Fuentes de origen:** Se genera principalmente por la combustión de combustibles

fósiles que contienen nitrógeno, como el petróleo y el gas natural. También se produce en procesos industriales como la fundición de minerales sulfurados y en erupciones volcánicas naturales, siendo una de las principales fuentes naturales de NO₂ en la atmósfera (Ventura, 2011).

- Efectos en la salud y medio ambiente: Su exposición puede causar inflamación de las vías respiratorias, reducción de la función pulmonar y aumento de la susceptibilidad a infecciones respiratorias. Además, en personas con asma o enfermedades pulmonares crónicas, puede agravar los síntomas y aumentar las hospitalizaciones. Por otro lado, en el medio ambiente, el NO₂ contribuye a la formación de lluvia ácida, que puede acidificar suelos y cuerpos de agua, afectando la biodiversidad y la salud de los ecosistemas acuáticos. También es precursor de partículas finas (PM_{2.5}) y ozono troposférico, que tienen efectos adversos sobre la salud humana y el clima (Servicio de Sanidad Ambiental, 2023).

2.2 NORMATIVIDAD

Ley N°28611, Ley General del Ambiente

Esta ley protege el ambiente garantizando su cuidado, la educación y participación de los ciudadanos y ciudadanas, controlando el impacto y el daño ambiental que puedan causar las personas.

La Ley N°29325 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización

Ambiental

Esta ley tiene por finalidad asegurar el cumplimiento de la legislación ambiental por parte de todas las personas naturales o jurídicas, así como supervisar y garantizar que las

funciones de evaluación, supervisión, fiscalización, control y potestad sancionadora en materia ambiental, a cargo de las diversas entidades del Estado.

Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM0

Este decreto tiene como objetivo garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada.

Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM

Este decreto tiene como propósito recopilar, evaluar y sistematizar información sobre la emisión y remoción de gases de efecto invernadero.

2.3 Antecedentes Internacionales

Los autores Shoari, Heydari & Blangiardo (2021) llevaron a cabo una investigación estructurada con el propósito de evaluar la contaminación atmosférica en Londres y su vínculo con la salud infantil, centrándose en el cumplimiento de las directrices anuales de NO₂ de la OMS. El estudio empleó un enfoque cuantitativo, combinando datos de calidad del aire (NO₂ y PM_{2,5}) con variables socioeconómicas y de infraestructura urbana, aplicando un modelo jerárquico espacial bayesiano para estimar la probabilidad de incumplimiento en entornos educativos. Los resultados mostraron que factores relacionados con el transporte —como semáforos, paradas de autobús y consumo de combustible municipal— aumentaban significativamente el riesgo de superar los límites de NO₂, mientras que la proximidad a zonas verdes, ríos o transporte subterráneo contribuía a reducirlo. Como conclusión, el estudio sugiere que la implementación de tecnologías limpias en el transporte, barreras vegetales y una gestión urbana más

sostenible pueden ser intervenciones efectivas para mitigar la exposición infantil a contaminantes y mejorar la salud pública en zonas vulnerables.

2.4 Antecedentes Nacionales

La autora Martínez (2015) desarrolló una investigación aplicada con diseño descriptivo-comparativo para evaluar la contaminación por emisiones gaseosas, efluentes y residuos sólidos en el laboratorio analítico del Complejo Metalúrgico Doe Run Perú–La Oroya. La metodología incluyó revisión bibliográfica y monitoreo in situ de las tres chimeneas mediante análisis químico (CO_2 , O_2 , SO_2) y cuantificación de volúmenes de efluentes generados en secciones de vía clásica y absorción atómica, así como residuos sólidos en vía seca. Los resultados indicaron que las emisiones gaseosas ($0\text{--}0,4\% \text{CO}_2$; $12\text{--}15\% \text{O}_2$; $0\% \text{SO}_2$) estaban por debajo de los límites de ECA, mientras que los principales generadores de efluentes ($1,9$ y $1,5 \text{ m}^3/\text{mes}$) y residuos sólidos estaban asociados a los métodos analíticos y trataban los efluentes por neutralización y los residuos recirculándolos como fundentes. Como conclusión, la tesis evidencia que, aunque el laboratorio cumple con los estándares de emisiones gaseosas, existen oportunidades de mejora en la clasificación de residuos y la segregación interna, recomendando ajustes para optimizar su gestión ambiental.

La autora Román (2017) llevó a cabo un estudio con el objetivo de estimar las emisiones contaminantes vehiculares en el distrito de Huancayo correspondientes al año 2016, utilizando el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) y considerando una flota de 61 504 vehículos registrados. La metodología incluyó la caracterización del parque automotor mediante encuestas, conteo y grabaciones de tránsito, además del análisis de patrones de conducción a través de GPS y software especializado. Con esos

datos se generaron archivos de flota y localidad que alimentaron el modelo IVE, arrojando un total anual de 44 511,4 toneladas de contaminantes criterio (con monóxido de carbono como principal emisor con 36 348,4 t/año y óxidos de azufre en el extremo inferior con 138,8 t/año), y 255 824,9 t/año en gases de efecto invernadero (siendo el CO₂ el principal, con 255 047,4 t/año, y el N₂O el menor con 7,3 t/año). Los autos particulares fueron identificados como la categoría de mayor contribución. Finalmente, la tesis propone que esta herramienta cuantitativa puede servir para diseñar estrategias de mitigación, así como para evaluar tendencias retrospectivas y proyectivas de la calidad del aire y sus implicaciones para la salud pública.

Los autores Machaca & Flores (2024) realizaron una investigación para cuantificar los contaminantes atmosféricos emitidos por la combustión de carbón vegetal en hornos de pollerías del área urbana de Tacna, abarcando 45 establecimientos distribuidos en cinco distritos. Utilizaron la “Guía sobre técnicas para el inventario rápido de contaminación ambiental” de la OMS y aplicaron el método de factores de emisión de la EPA, combinando información recopilada en campo —como consumo de carbón, volumen de pollo asado y horarios— con dicha metodología. Los resultados mostraron emisiones anuales aproximadas de 3,95 toneladas de material particulado (PTS), 2,87 toneladas de NO_x, 0,88 toneladas de CO y 0,4 toneladas de compuestos orgánicos volátiles (COV), evidenciando un impacto significativo en la calidad del aire. Como conclusión, los autores subrayan la necesidad de implementar mejoras técnicas y operativas en los hornos, con miras a reducir la contaminación atmosférica y proteger la salud pública, además de fortalecer la gestión ambiental local mediante estas mediciones.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Desde mi incorporación en la empresa Cerper S.A en el año 2024, donde continué con mi trayectoria como analista de campo II donde he liderado varios proyectos vinculados a la ejecución de monitoreos ambientales.

A continuación, describiré las actividades que desarrolle en todo este periodo:

1. Coordinación y preparación de campañas de monitoreo

- Revisión de planes de muestreo aprobados y coordinación con el cliente o entidad contratante.
- Preparación de equipos, insumos y materiales para las salidas de campo.
- Revisión de fichas técnicas, normas aplicables (como los Estándares de Calidad Ambiental - ECA) y rutas de muestreo.

2. Monitoreo ambiental en campo

- Calidad del aire: Instalación y operación de equipos para la medición de contaminantes criterio (PM10, PM2.5, SO₂, NO₂, CO, O₃), que establece los ECA para aire.
 - El procedimiento para realizar el monitoreo de calidad de aire para los contaminantes PM10 Y PM2.5 es el siguiente:
 - Elección del sitio de muestreo: Se selecciona una ubicación representativa del área de interés, evitando obstrucciones físicas (edificaciones, árboles, fuentes de calor directo), y considerando factores como la cercanía a vías de tráfico, fuentes industriales o zonas residenciales.
 - Preparación del equipo: Se calibra el muestreador de alto o

bajo volumen (según la normativa aplicada) y se colocan filtros de fibra de cuarzo o teflón previamente acondicionados y pesados en laboratorio. Es importante asegurar que el flujo de aire esté dentro del rango permitido (usualmente entre 16.7 L/min y 1.13 m³/min, según el equipo).

- **Instalación del equipo:** El muestreador se instala sobre una base firme a una altura entre 1.5 y 4 metros sobre el nivel del suelo, garantizando que se mantenga alejado de corrientes forzadas de aire, paredes reflectantes o superficies calientes.
- **Inicio del muestreo:** El equipo se opera durante un periodo continuo de 24 horas, recolectando partículas suspendidas en el filtro a través de succión controlada. Durante este tiempo, se deben registrar las condiciones ambientales (temperatura, presión, humedad y velocidad del viento).
- **Recolección de la muestra:** Al finalizar las 24 horas, el filtro se retira cuidadosamente, se guarda en un contenedor hermético y se etiqueta con información como fecha, hora, sitio, volumen muestreado y código del equipo.
- **Análisis en laboratorio:** El filtro se recondiciona (en desecador a temperatura y humedad constantes) y se pesa en una balanza analítica de alta precisión. La diferencia de peso antes y después del muestreo permite determinar la masa de material particulado presente en el aire.

- Cálculo de concentración: Se calcula la concentración de PM en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dividiendo la masa del material recolectado entre el volumen total de aire muestreado. Luego, los resultados se comparan con los estándares establecidos en la normativa nacional (DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM).
- El procedimiento para realizar el monitoreo de calidad de aire para los gases contaminantes es el siguiente:
 - Selección del punto de muestreo: Se identifica una zona representativa de la exposición de la población o del área de interés, tomando en cuenta la proximidad a fuentes de emisión (tráfico vehicular, plantas industriales, etc.) y evitando obstrucciones físicas o corrientes de aire artificiales.
 - Instalación del equipo de monitoreo: Se utilizan analizadores automáticos o muestreadores pasivos dependiendo del tipo de gas y del objetivo del estudio. Los equipos deben ubicarse a una altura estándar (entre 1.5 y 4 m sobre el nivel del suelo), protegidos de la radiación solar directa y la humedad excesiva.
 - Calibración del equipo: Previo al muestreo, se realiza la calibración del analizador utilizando patrones certificados de gases, para asegurar la precisión de las mediciones. Este paso es fundamental para los equipos automáticos de lectura continua.

- Inicio del muestreo: Los equipos automáticos registran concentraciones horarias o en tiempo real, mientras que los muestreadores pasivos permanecen expuestos durante un periodo más prolongado (generalmente 7 a 15 días) y luego son enviados al laboratorio para su análisis.
 - Registro de condiciones ambientales: Durante el muestreo se documentan variables meteorológicas como temperatura, humedad, velocidad del viento y presión atmosférica, ya que influyen en la dispersión y concentración de los gases.
 - Recolección de datos o muestras: En el caso de equipos automáticos, los datos son descargados directamente desde el sistema de registro. Para muestreo pasivo, los tubos o cartuchos se retiran al final del periodo de exposición, se etiquetan correctamente y se almacenan adecuadamente para su análisis posterior.
 - Análisis y validación: Los resultados se procesan en laboratorio (cuando se usa muestreo pasivo) o se interpretan directamente desde el sistema automático. Luego se comparan con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) que está contemplado dentro del Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.
- Calidad de agua: Toma de muestras en cuerpos naturales y efluentes industriales.

- Monitoreo de ruido ambiental: Uso de sonómetros calibrados de clase 1.
- Registro de datos in situ: coordenadas GPS, condiciones meteorológicas, observaciones de campo y fotografías.

3. Actividades de laboratorio

- Recepción y registro de muestras con sus respectivas cadenas de custodia.
- Preparación de filtros y materiales para análisis de partículas totales suspendidas (PTS) y material particulado fino.
- Apoyo en calibración, mantenimiento y limpieza de equipos de muestreo.

4. Gestión de la información y elaboración de informes

- Ingreso y validación de datos obtenidos en campo.
- Comparación de resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP).
- Apoyo en la elaboración de informes técnicos, incluyendo tablas, gráficos y mapas para presentación a clientes o autoridades.

5. Cumplimiento de normas de seguridad y calidad

- Aplicación de protocolos de bioseguridad y uso obligatorio de equipo de protección personal (EPP) en campo y laboratorio.
- Seguimiento de procedimientos bajo el Sistema de Gestión de Calidad.
- Participación en reuniones de seguridad, charlas de inducción y capacitaciones técnicas.

Mi experiencia profesional como Analista de Campo en el laboratorio ambiental de CERPER S.A. representó una etapa clave en mi formación como Ingeniero Ambiental. Esta oportunidad me permitió integrarme a un entorno laboral altamente técnico y exigente, en el cual pude aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera

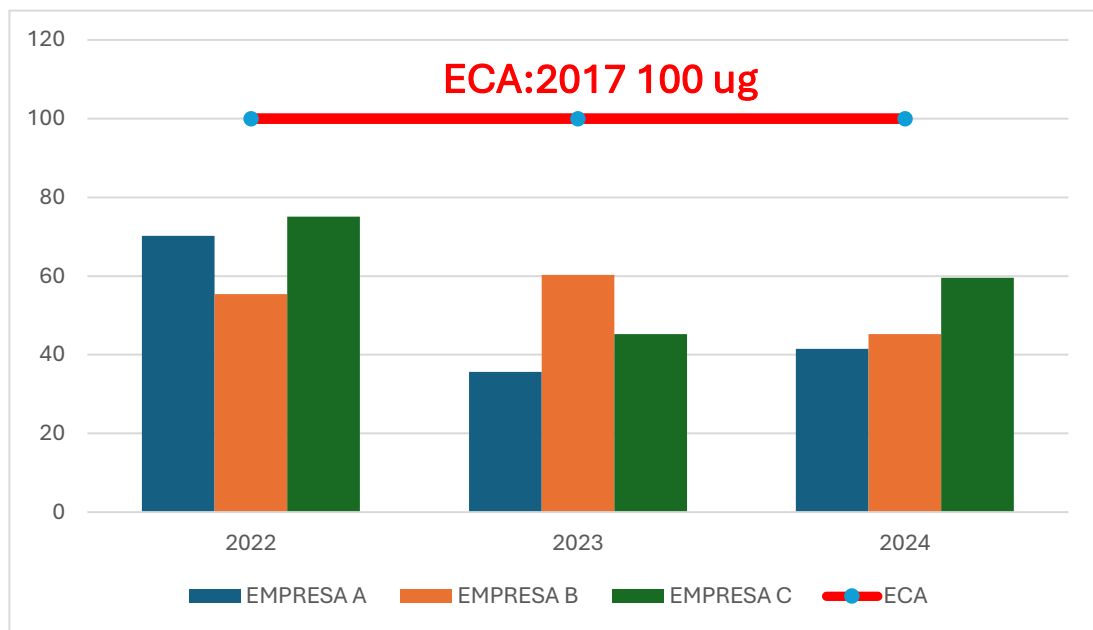
universitaria, especialmente en áreas como monitoreo ambiental, normatividad peruana, gestión de la calidad y seguridad en campo.

Uno de los aprendizajes más valiosos fue comprender la importancia del trabajo en equipo y la coordinación entre las distintas áreas (campo, laboratorio, calidad y logística) para asegurar que los resultados obtenidos cumplan con los requisitos técnicos y regulatorios. También fortalecí habilidades blandas como la comunicación profesional, el manejo del tiempo, la resolución de problemas y la toma de decisiones bajo presión. Asimismo, adquirí una visión más clara de cómo se aplica la normativa ambiental peruana en proyectos reales y de la responsabilidad ética que implica generar información ambiental confiable, ya que esta sirve de base para decisiones que afectan la salud pública, el medio ambiente y el cumplimiento legal de las empresas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

A continuación, se presentará una gráfica de los resultados obtenidos de los monitoreos realizados en los principales clientes de la empresa Cerper S.A:

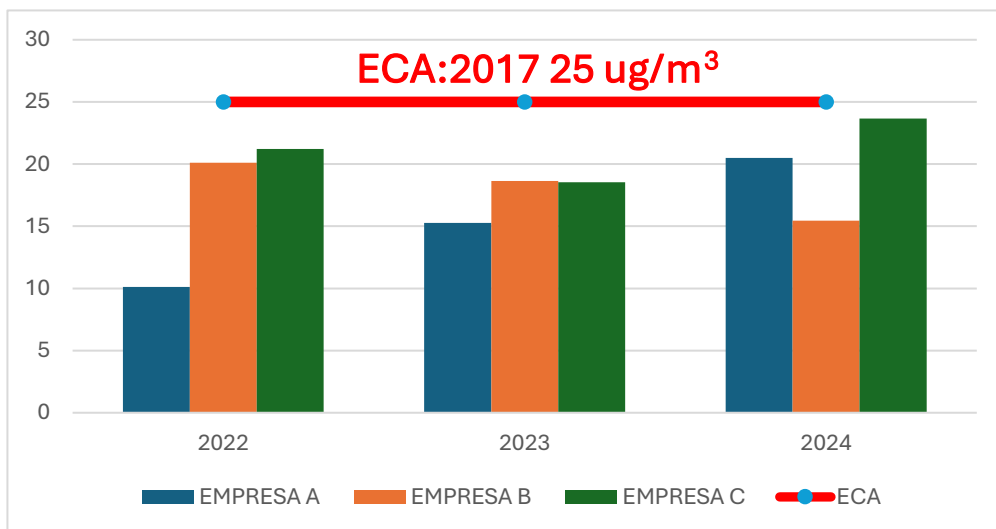
Figura 3. Resultados de la empresa principales con respecto al material particulado PM10 de los últimos 3 años.



Los resultados obtenidos durante el monitoreo entre los años 2022, 2023 y 2024 indican que no sobrepasan el ECA de aire establecido para material particulado PM10 que es de 100 ug/m³. Asimismo, en la empresa A denota resultados 70.25 ug/m³ en el año 2022, para el año 2023 un resultado de 35.6 ug/m³, siendo el resultado menor con respecto a todas las empresas evaluadas y un resultado de 41.53 ug/m³ para el año 2024. En el caso de la empresa B, denota resultados de 55.43 ug/m³ en el año 2022, para el año 2023 fue un resultado de 60.32 ug/m³ y para el año 2024 fue un resultado de 45.21 ug/m³. Por último, en la empresa C denota resultados de 75.12 ug/m³ para el año 2022 el cual fue donde se evidencia el resultado obtenido con respecto a las otras empresas evaluadas, un

resultado de 45.21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2023 y un resultado de 59.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2024. En correlación a lo mencionado antes, Kumar et al.;2015, señala que la variación de los niveles de contaminación de PM10 están mayormente relacionadas por el tránsito vehicular, áreas no pavimentadas y actividad industrial cercana. Asimismo, los niveles de concentración del material particulados pueden llegar a causar enfermedades respiratorias agudas y crónicas.

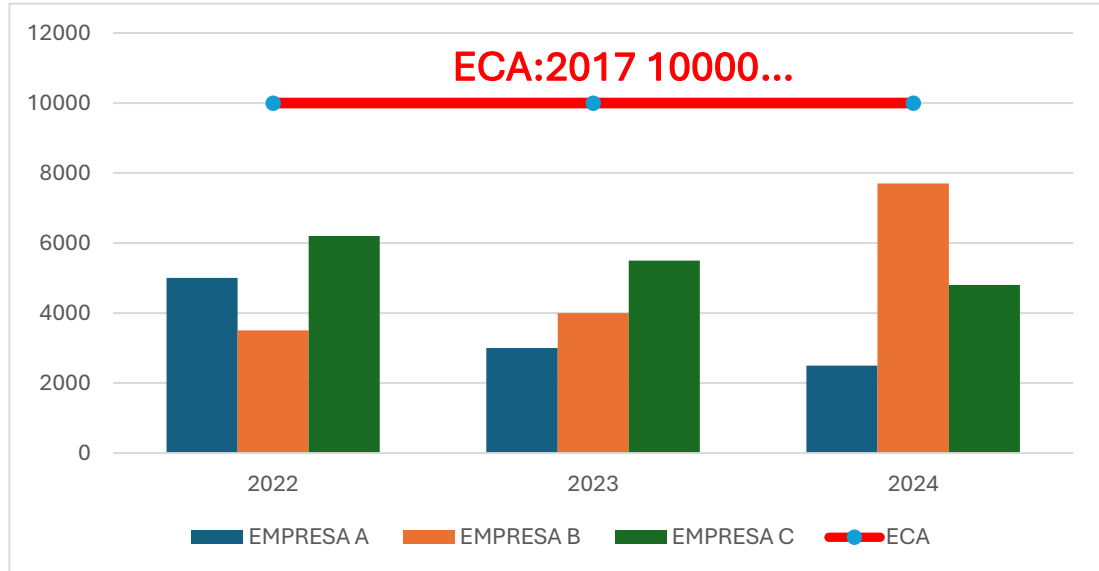
Figura 4. Resultados de las empresas principales con respecto al material particulado PM2.5 de los últimos 3 años.



Los resultados obtenidos durante el monitoreo entre los años 2022, 2023 y 2024 indican que no sobrepasan el ECA de aire establecido para material particulado PM2.5 que es de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Asimismo, en la empresa A denota resultados 10.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2022, siendo el resultado menor con respecto a todas las empresas evaluadas, para el año 2023 un resultado de 15.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y un resultado de 20.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2024. En el caso de la empresa B, denota resultados de 20.10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2022, para el año 2023 fue un resultado de 18.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el año 2024 fue un resultado de 15.45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por último, en la empresa C denota resultados de 21.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2022, un

resultado de 18.55 ug/m³ para el año 2023 y un resultado de 23.67 ug/m³ para el año 2024 el cual fue donde se evidencia el mayor resultado obtenido con respecto a las otras empresas evaluadas. En correlación a lo mencionado antes, Karagulian et al., 2015, señala que el comportamiento del material particulado PM_{2.5} esta determinado por fuentes fijas y móvil además de la influencias de las horas picos que hay en el día, además la estabilidad atmosférica y las condiciones meteorológicas adversas, como la baja velocidad del viento y la inversión térmica, también pudieron haber contribuido a la acumulación de partículas en las capas más bajas de la atmósfera, reduciendo la dispersión natural y favoreciendo concentraciones más elevadas.

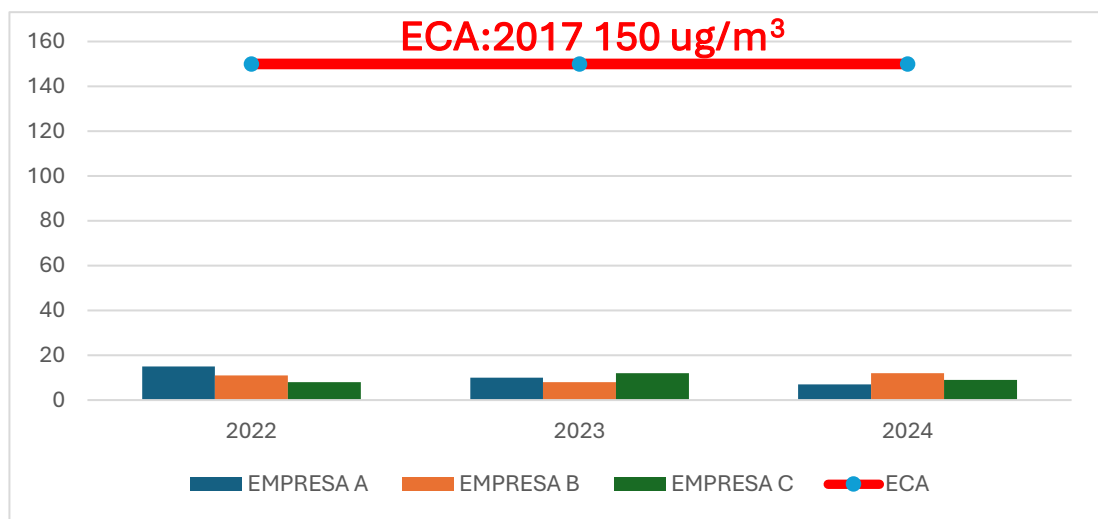
Figura 5. Resultados de las empresas principales con respecto al monóxido de carbono (CO) de los últimos 3 años.



Los resultados obtenidos durante el monitoreo entre los años 2022, 2023 y 2024 indican que no sobrepasan el ECA de aire establecido para el monóxido de carbono es de $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Asimismo, en la empresa A denota resultados $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2022, para el año 2023 un resultado de $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y un resultado de $2500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2024 siendo el menor resultado obtenido con respecto a las otras empresas evaluadas. En el caso de la empresa B, denota resultados de $3500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2022, para el año 2023 fue un resultado de $4000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para el año 2024 fue un resultado de $7700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el cual fue donde se evidencia el mayor resultado obtenido con respecto a las otras empresas evaluadas. Por último, en la empresa C denota resultados de $6200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2022, un resultado de $5500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2023 y un resultado de $4800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2024. En correlación a la mencionado anteriormente, USEPA, 2010 determino un patrón donde las mayores concentraciones fueron durante las primeras horas de la mañana y al anochecer, coincidiendo con las horas pico del tráfico, lo que reafirma la fuerte influencia

de las emisiones vehiculares. Este comportamiento ha sido documentado en ciudades con características similares, donde la congestión vehicular, sumada a condiciones meteorológicas desfavorables, como la inversión térmica, limita la dispersión del contaminante.

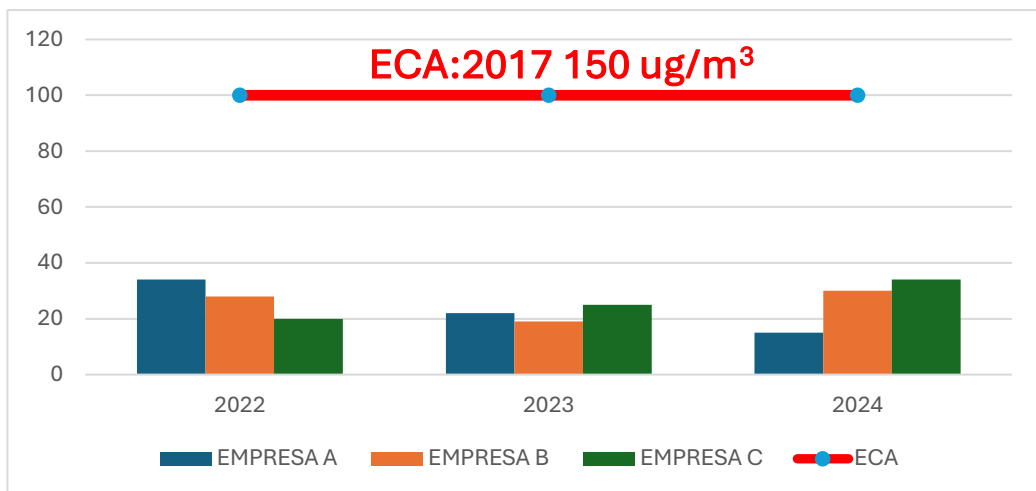
Figura 6. Resultados de las empresas principales con respecto al sulfuro de hidrogeno (SO₂) de los últimos 3 años.



Los resultados obtenidos durante el monitoreo entre los años 2022, 2023 y 2024 indican que no sobrepasan el ECA de aire establecido para el sulfuro de hidrogeno es de 150 ug/m³. Asimismo, en la empresa A denota resultados 15 ug/m³ en el año 2022 el cual fue donde se evidencia el mayor resultado obtenido con respecto a las otras empresas evaluadas, para el año 2023 un resultado de 10 ug/m³, y un resultado de 8 ug/m³ para el año 2024 siendo el menor resultado obtenido con respecto a las otras empresas evaluadas. En el caso de la empresa B, denota resultados de 11 ug/m³ en el año 2022, para el año 2023 fue un resultado de 8 ug/m³ y para el año 2024 fue un resultado de 12 ug/m³. Por último, en la empresa C denota resultados de 8 ug/m³ para el año 2022, un resultado de 12 ug/m³ para el año 2023 y un resultado de 9 ug/m³ para el año 2024. En correlación a

lo anteriormente mencionado, Muezzinoglu (2023) indica que, durante un análisis temporal se detectaron aumentos significativos de H₂S durante la madrugada y primeras horas de la mañana, probablemente debido a la baja dispersión atmosférica y la acumulación de gases por condiciones meteorológicas desfavorables, como la inversión térmica. Esta dinámica ha sido documentada en zonas industriales y urbanas donde las emisiones de H₂S no se diluyen eficientemente, generando episodios breves de contaminación perceptible por la población.

Figura 7. Resultados de las empresas principales con respecto al dióxido de nitrógeno (NO₂) de los últimos 3 años.



Los resultados obtenidos durante el monitoreo entre los años 2022, 2023 y 2024 indican que no sobrepasan el ECA de aire establecido para el dióxido de nitrógeno es de 100 ug/m³. Asimismo, en la empresa A denota resultados 34 ug/m³ en el año 2022 el cual fue donde se evidencia el mayor resultado obtenido con respecto a las otras empresas evaluadas, para el año 2023 un resultado de 22 ug/m³, y un resultado de 15 ug/m³ para el año 2024 siendo el menor resultado obtenido con respecto a las otras empresas evaluadas. En el caso de la empresa B, denota resultados de 28 ug/m³ en el año 2022, para el año

2023 fue un resultado de 19 ug/m^3 y para el año 2024 fue un resultado de 30 ug/m^3 . Por último, en la empresa C denota resultados de 20 ug/m^3 para el año 2022, un resultado de 25 ug/m^3 para el año 2023 y un resultado de 34 ug/m^3 para el año 2024. En correlación a lo anteriormente mencionado, la OMS (2021) subraya la influencia de factores como la densidad vehicular, el tipo de fuente emisora y las condiciones meteorológicas como la inversión térmica y baja velocidad del viento elevan los niveles de concentración del dióxido de nitrógeno mientras que las lluvias, vientos fuertes y una restricción vehicular permiten una mejor dispersión del gas favoreciendo temporalmente a su reducción.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los niveles de contaminación de los principales clientes de la empresa Cerper S.A en promedio de los últimos 3 años fueron: PM 10: 54.25 ug/m³; PM2.5:18.17 ug/m³; CO: 4688.89 ug/m³; SO₂: 10.22 ug/m³ y NO₂: 25.22 ug/m³.

Los principales contaminantes determinados entre los principales clientes de la empresa Cerper S.A fueron: material particulado (PM10 Y PM2.5), monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre.

Los métodos para análisis de los principales contaminantes del aire fueron los siguientes: Infrarrojo no dispersivo (NDIR), gravimetría, quimioluminiscencia y fluorescencia ultravioleta.

Los tipos de fuente de contaminación fueron naturales (fuentes móviles y fijas) y antropogénicas (causadas por el hombre).

Recomendaciones

Se recomienda implementar un programa continuo de monitoreo de la calidad del aire en las instalaciones de los principales clientes de CERPER S.A., que permita identificar oportunamente los niveles de contaminación y evaluar la efectividad de las medidas de mitigación adoptadas. Además, se sugiere fortalecer la capacidad técnica y la inversión en tecnologías limpias para reducir las emisiones contaminantes, así como fomentar la capacitación ambiental para mejorar la gestión y control de la contaminación en cada cliente.

Se recomienda establecer un programa de control y reducción enfocado en los principales contaminantes identificados, el dióxido de nitrógeno (NO₂), el material

particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), monóxido de carbono (CO_2) y sulfuro de hidrogeno, mediante la implementación de tecnologías limpias y buenas prácticas ambientales en los procesos productivos de los clientes de CERPER. Asimismo, es fundamental capacitar al personal encargado de la gestión ambiental para optimizar el uso de equipos de monitoreo y aplicar medidas preventivas efectivas que contribuyan a la mejora continua de la calidad del aire.

Se recomienda estandarizar, validar y actualizar los métodos de análisis de contaminantes utilizados, asegurando la implementación de técnicas validadas y certificadas que garanticen la precisión y confiabilidad de los resultados. Además, es importante capacitar periódicamente al personal técnico en el manejo de equipos y protocolos de muestreo, así como incorporar tecnologías de monitoreo en tiempo real para mejorar la detección y respuesta ante variaciones en los niveles de contaminación.

Se recomienda realizar un diagnóstico detallado y periódico de las fuentes de contaminación predominantes en las zonas monitoreadas, diferenciando claramente entre fuentes móviles y fijas. Además, es fundamental diseñar e implementar planes de mitigación específicos para cada tipo de fuente, promoviendo el uso de tecnologías limpias en procesos industriales y la optimización del transporte, así como el fortalecimiento de políticas ambientales que regulen las emisiones en estas áreas.

REFERENCIAS

Alfaro Marín, Y. L. (2017). La contaminación del aire y sus impactos en la salud pública en la Urbanización Santa Cruz, Distrito del Callao Provincia Constitucional del Callao - 2017. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/17348>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). (2016). Resumen de Salud Pública: Sulfuro de hidrógeno (Ácido sulfhídrico). Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs114.html

Galarreta González, M. F. (2019). Concentración de Sulfuro de Hidrógeno y Partículas en Suspensión en el aire, en los días de pesca en tres distritos de la Provincia del Santa (Coishco, Chimbote y Nuevo Chimbote) en el 2017. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Santa. Recuperado de <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3551>

Hilario Román, N. (2017). Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Centro del Perú. Repositorio institucional. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4137>

Environmental Protection Agency. (2019). Particulate Matter (PM) Basics. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

Organización Mundial de la Salud. (2021). Guías mundiales de la OMS sobre la calidad del aire: actualización global 2021. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

Environmental Protection Agency. (2019). Particulate Matter (PM) Pollution. <https://www.epa.gov/pm-pollution>

OjoPúblico. (2021). Contaminación en el aire de ciudades peruanas supera los límites de la OMS. Recuperado de <https://ojo-publico.com/derechos-humanos/salud/contaminacion-el-aire-ciudades-peruanas-supera-limites-la-oms>

Organización Mundial de la Salud. (2021). Guías de calidad del aire de la OMS:

Actualización global 2021. OMS.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

Pando, D. (2021). Evaluación e interpretación de la dinámica del monóxido de carbono en el aire de Lima Este 2019 (Tesis de licenciatura). Universidad Continental, Huancayo, Perú.

Powell, H. L. (2012). Estimating air pollution and its relationship with human health (Tesis doctoral). Universidad de Glasgow. Recuperado de <https://theses.gla.ac.uk/3531/>

Rodríguez Pedraza, J. M. (2021). Producción de ácido sulfúrico a partir del sulfuro de hidrógeno recuperado de los gases ácidos en una refinería de petróleo (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería. <https://hdl.handle.net/20.500.14076/21775>

Paja Vilca, C. A. (2019). Evaluación de los gases de dióxido de azufre producidos en el proceso de lixiviación de óxidos de cobre en una pila de procesos de lixiviación y la influencia en la salud de los trabajadores de lixiviación (Tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/2430>

Quispe Guevara, R. (2024). Determinación del nivel de contaminación de monóxido de carbono generado por vehículos, Puno – 2023 [Tesis de grado, Universidad Privada San Carlos]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada San Carlos. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/768>

Reátegui Romero, W. (2018). Estimación de la concentración de material particulado PM10 y PM2.5 en el área metropolitana de Lima utilizando un modelo euleriano [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3635>

Rubio Ruiz, I. M. (2023). *Actualización de la ozonoterapia en odontología* (Tesis de licenciatura). Universidad de los Andes. <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/15672>

Rodríguez Vega, R. J. (2019). Evaluación de la calidad del aire en zonas urbanas con alta carga vehicular en la ciudad de Quito [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital UCE. <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19539>

Sánchez-Imaña, M., Rojas-Bardález, A., López-Rojas, J. J., Guerra-Saldaña, M., & Velasquez-Garcia, D. (2022). Monóxido de carbono en espacios interiores y su relación con el consumo de leña. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(2), e379. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.379>

Gómez Huayhualla, A. F., & Fuentes Paredes, F. J. (2019). Contaminación atmosférica por dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3252231>

Ventura Flores, P. (2011). Determinación del contaminante dióxido de nitrógeno atmosférico en la ciudad de Ayacucho, 2000. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Recuperado de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5388>

ANEXOS

ANEXO 1



Nota: Instalación de equipos de calidad del aire.

Anexo 2



Nota: Revisión del funcionamiento de los equipos de calidad del aire.