UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁMBITO DE INFLUENCIA DE TRES EMPRESAS INDUSTRIALES DE PUCALLPA – 2022

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

OMAR AUGUSTO MONTOYA PÉREZ

RUTH NOEMI TACO ABANTO

Pucallpa – Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°222/2025-CGT-FCFyA-UNU

En la cuidad de Pucallpa, a las 11:10 a.m. del día 07 de abril del 2025, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional e Ucayali, se reunieron los miembros del jurado evaluador en el auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales siendo designados por con MEMO MULT.015-2025-UNU-FCFyA-CGT conformado por:

- Mg. Tedy Tuesta Torrejón — PRESIENTE
- Dr. Isaías Alberto Salinas Andrade — MIEMBRO
- Mg. Jenny Paola Zeña Rubio — MIEMBRO

Se procedió a la evaluación de la sustentación de tesis denominada **"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁMBITO DE INFLUENCIA DE TRES EMPRESAS INDUSTRIALES DE PUCALLPA"**, presentados por los bachilleres **MONTOYA PÉREZ, OMAR AUGUSTO** y **TACO ABANTO, RUTH NOEMI,** asesorados por la **Mg. LETTY LEONOR SANDOVAL MENDOZA**.

Habiendo culminado la sustentación por lo bachilleres, se procedió a la formulación de las preguntas por el jurado evaluador, las cuales fueron resueltas por los sustentantes, en consecuencia la tesis fue **APROBADA POR UNANIMIDAD,** recomendando levantar las observaciones indicadas, quedando expedito para el otorgamiento del **titulo profesional de Ingeniero Ambiental**, siendo las 12:45 del día 07 de Abril del 2025 se da por concluido el acto académico, firmando los miembros del jurado en señal de conformidad.

MG. TEDY TUESTA TORREJÓN
PRESIDENTE

MG. JENNY PAOLA ZEÑA RUBIO
MIEMBRO

DR. ISAIAS ALBERTO SALINAS ANDRADE
MIEMBRO

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue sometida a consideración para su APROBACIÓN ante el jurado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, integrada por los siguientes docentes.

M.Sc. TEDY TUESTA TORREJÓN

.....
PRESIDENTE

DR. ISAIAS ALBERTO SALINAS ANDRADE

.....
PRIMER MIEMBRO

M.Sc. JENNY PAOLA ZEÑA RUBIO

.....
SEGUNDO MIEMBRO

M.Sc. LETTY LEONOR SANDOVAL MENDOZA

.....
ASESOR

Bach. OMAR AUGUSTO MONTOYA PEREZ

.....
TESISTA

Bach. RUTH NOEMI TACO ABANTO

.....
TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0754-2024** .

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁMBITO DE INFLUENCIA DE TRES EMPRESAS INDUSTRIALES DE PUCALLPA – 2022**"

Autor(es)	:	**MONTOYA PÉREZ, OMAR AUGUSTO**
		TACO ABANTO, RUTH NOEMI
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**M.Sc. SANDOVAL MENDOZA, LETTY LEONOR**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 31/12/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, OMAR AUGUSTO MONTOYA PÉREZ

Autor de la tesis titulada : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁMBITO DE INFLUENCIA DE TRES EMPRESAS INDUSTRIALES DE PUCALLPA.

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): M.Sc. LETTY LEONOR SANDOVAL MENDOZA

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERÍA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 08 / 04 / 2025

Email: OMARMONTOYA199818@GMAIL.COM Firma:

Teléfono: 920 214 033 DNI: 76942593

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Ruth Nacmi Taco Abanto

Autor de la tesis titulada: Evaluación de la calidad de aire en el ámbito de influencia de tres empresas industriales de Pucallpa

Sustentada el año 2025

Asesor(a): M.Sc Letty Leonor Sandoval Mendoza

Facultad: Ciencias Forestales y ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 09 / 01 / 2025

Email: ruthnacmi0105@gmail.com Firma:

Teléfono: 931466076 DNI: 76368960

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DECLARACIÓN JURADA

Yo, OMAR AUGUSTO MONTOYA PÉREZ

Identificado(a) con DNI N° 76442593

Facultad CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis pregrado titulada: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁMBITO DE INFLUENCIA DE TRES EMPRESAS INDUSTRIALES DE PUCALLPA

Declaro bajo juramento que:

1) La tesis que presento es de mi autoría.
2) He redactado considerando las normas internacionales de redacción, citas y referencias bibliográficas de acuerdo a mi especialidad, respetando los derechos de autor. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
3) La tesis no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente por mí, para obtener algún grado académico.
4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.
5) Los documentos adjuntados que presento tales como: Acta de sustentación, Constancia Antiplagio y otros que contengan firmas; corresponden a los originales, pudiendo entregar cuando las oficinas pertinentes me soliciten.

Finalmente, de identificarse **fraude** (*datos falsos*), **plagio** (*información sin citar a autores verdaderos*), **autoplagio** *(presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado)*, **piratería** *(uso ilegal de información ajena)*, **falsificación** *(representar falsamente las ideas de otros)*, **firma** y **huella dactilar falsa**; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Código Penal estipulado en el Decreto Legislativo N°635, Artículos N°218,219 y 220.

Domicilio actual: ASENT. H. VICTOR MANUEL MA. M2 46 LT 03

Fecha: 08 / 04 / 2025



FIRMA



HUELLA DACTILAR

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Ruth Naomi Taco Abanto

Identificado(a) con DNI N° 76368960

Facultad Ciencias Forestales y ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Tesis pregrado titulada: Evaluación de la calidad del aire en el ámbito de influencia de tres empresas industriales de Pucallpa

Declaro bajo juramento que:

1) La tesis que presento es de mi autoría.
2) He redactado considerando las normas internacionales de redacción, citas y referencias bibliográficas de acuerdo a mi especialidad, respetando los derechos de autor. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
3) La tesis no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente por mi, para obtener algún grado académico.
4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.
5) Los documentos adjuntados que presento tales como: Acta de sustentación, Constancia Antiplagio y otros que contengan firmas; corresponden a los originales, pudiendo entregar cuando las oficinas pertinentes me soliciten.

Finalmente, de identificarse **fraude** (*datos falsos*), **plagio** (*información sin citar a autores verdaderos*), **autoplagio** (*presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado*), **piratería** (*uso ilegal de información ajena*), **falsificación** (*representar falsamente las ideas de otros*), **firma** y **huella dactilar falsa**; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Código Penal estipulado en el Decreto Legislativo N°635, Artículos N°218,219 y 220.

Domicilio actual: Jr. Los pinos Asoc. H. P. Integral Antonio Raimondi

Fecha: 08/04/25 MZ 14 LT 25



FIRMA

HUELLA DACTILAR

DEDICATORIA

A mis padres Graciela y Antonio, por ser mi guía y mi fortaleza, por sus sacrificios y por inculcarme el valor de la perseverancia, por el amor y apoyo incondicional han sido la base de este logro, a mi novia Solange, por ser mi compañera en este camino, por sus palabras de ánimo y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, dedico este trabajo con gratitud eterna y el corazón lleno de agradecimiento.

Omar Montoya.

A Dios por haberme dado la inteligencia, fuerza, sabiduría y haber sido mi guía durante todo este proceso. A mi abuela Helda Tapullima Tamani y mi madre Claudia Abanto Tapullima por haberme dado un buen ejemplo y por el sacrificio brindado para poder culminar mis estudios.

Ruth Taco.

AGRADECIMIENTO

Agradecidos infinitamente al apoyo de nuestros padres, por el sacrificio, consejos y los valores brindados, para ser posible la culminación de este proyecto.

Agradecimiento a la Ing. MSc. Letty Leonor Sandoval Mendoza por el asesoramiento y tiempo otorgado para la elaboración y ejecución de nuestro proyecto.

A nuestros docentes que año tras año nos han impartido conocimientos para forjarnos como los profesionales que somos hoy en día.

A nuestra casa de estudio. A la Universidad Nacional de Ucayali, por la exigencia a nosotros y al mismo tiempo permitirnos obtener el Título profesional de Ingeniero Ambiental.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Pag.

DEDICATORIA ix

AGRADECIMIENTO x

ÍNDICE DE CONTENIDO xi

ÍNDICE DE TABLAS xiv

ÍNDICE DE FIGURAS xvii

RESUMEN xix

ABSTRACT xx

INTRODUCCIÓN 22

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 24

1.1.1. Problema general 26

1.1.2. Problemas específicos 26

1.2.1. Objetivo General 26

1.2.2. Objetivos Específicos 26

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 28

2.1. ANTECEDENTES 28

2.1.1. Internacionales 28

2.1.2. Nacionales 29

2.1.3. Locales 31
2.2. BASES TEÓRICAS 32
2.1.1. Calidad de aire 32
2.1.1.1. Índice de Calidad del Aire (INCA) 32
2.1.2. Contaminantes atmosféricos 35
2.1.2.1. Contaminantes del aire 36
2.1.2.2. Estándares de calidad ambiental (ECA) para aire 38
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 39
3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION 41
3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN 41
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 42
3.2.1. Población 42
3.2.2. Muestra 42
3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 45
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS 47
3.5. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCÍON DE DATOS 54
3.5.1. Preparación previa al monitoreo: 54
3.5.2. Ejecución del monitoreo: 55
3.5.3. Procesamiento en laboratorio: 56
3.5.4. Análisis de resultados: 56

3.5.5. Elaboración de informes: 57

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS..... 57

3. CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 58

4.1.1. Concentración de Material Particulado (PM10), Material Particulado (PM2,5) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan..... 58

4.1.2. Concentración de Dióxido de azufre (SO2), Monóxido de Carbono (CO) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan..... 64

4.1.3. Calidad del aire en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan Distritos de Callería, Yarinacocha y Manantay..... 72

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 77

5.1. CONCLUSIONES..... 77

5.2. RECOMENDACIONES..... 78

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS..... 79

ANEXOS..... 90

ÍNDICE DE TABLAS

Pag.

Tabla 1 Valores del Índice de Calidad del Aire 32

Tabla 2 Cuidados y recomendaciones del Índice de Calidad del Aire 33

Tabla 3 Ejes de Política-Política Nacional del Ambiente 34

Tabla 4 Niveles recomendados de las directrices sobre la calidad 35

Tabla 5 Estándares de calidad ambiental para aire..... 38

Tabla 6 Puntos de monitoreo y distancia con relación al área de influencia directa. 43

Tabla 7 Cálculo del Índice de Calidad de Aire para Material Particulado (PM_{10}). 47

Tabla 8 Cálculo del Índice de Calidad de Aire para Material particulado ($PM_{2,5}$) 47

Tabla 9 Cálculo del Índice de Calidad de Aire para Monóxido de Carbono 48

Tabla 10 Cálculo del Índice de Calidad de Aire para Sulfuro de Hidrogeno (H_2S)..... 48

Tabla 11 Cálculo del Índice de Calidad de Aire para Dióxido de Azufre (SO_2) 48

Tabla 12 Metodología de Monitoreo y Análisis de Material Particulado 50

Tabla 13 Metodología de Monitoreo y Análisis de Gases 51

Tabla 14 Análisis de Varianza de las concentraciones de PM 10 de en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan. 59

Tabla 15 Análisis de Varianza de las concentraciones de PM 2.5 de en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan. 61

Tabla 16 Análisis de Varianza de las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) de en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan. 65

Tabla 17 Análisis de Varianza de las concentraciones de Sulfuro de Hidrogeno (H2S) de en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan. 67

Tabla 18 Análisis de Varianza de las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO2) de en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan. 69

Tabla 19 Calidad de Aires en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ 72

Tabla 20 Análisis de Varianza de la Calidad del Aire en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ..... 73

Tabla 21 Calidad de Aires en el ámbito de influencia de la Planta Ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza 73

Tabla 22 Análisis de Varianza de la Calidad del Aire en el ámbito de influencia de la Planta Ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza 74

Tabla 23 Calidad de Aires en el ámbito de influencia de la Planta Cervecera San Juan. 75

Tabla 24 Análisis de Varianza de la Calidad del Aire en el ámbito de influencia de la Planta Cervecera San Juan..... 76

ÍNDICE DE FIGURAS

Pag.

Figura 1 Colocación del Motor Venturi en el equipo Hi-Vol.....50

Figura 2 Colocación de Filtros para el Análisis de PM10 y PM 2.5. 51

Figura 3 Recalibración de Caudales de Monitoreo de Gases.....52

Figura 4 Colocación de soluciones captadoras para gases.....52

Figura 5 Colocación de las botellas captadoras en el tren de muestreo de gases 53

Figura 6 Concentración de Material Particulado (PM10) en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.....58

Figura 7 Concentración de Material Particulado (PM2.5) en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.....60

Figura 8 Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.....64

Figura 9 Concentración de Sulfuro de Hidrogeno (H2S) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.....66

Figura 10 Concentración de Dióxido de Azufre (SO2) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.....68

Figura 11 Monitoreo a Barlovento Cervecera San Juan 92

Figura 12 Monitoreo a Sotavento Cervecera San Juan 92

Figura 13 Monitoreo a Barlovento de la Concretera BARSEIJ 93

Figura 14 Monitoreo a Sotavento de la Concretera BARSEIJ 93

Figura 15 Monitoreo a Barlovento de la Ladrillera Fortaleza 94

Figura 16 Monitoreo a Sotavento de la Ladrillera Fortaleza 94

Figura 17 Verificación del filtro para Material Particulado 95

Figura 18 Instalación del filtro para Material Particulado 95

Figura 19 Verificación de soluciones muestreadoras para gases..... 96

Figura 20 Llenado de soluciones muestradoras en Impinger 96

Figura 21 Calibración de caudales de muestreo de gases 97

RESUMEN

En la presente investigación titulada “Evaluación de la calidad del aire en el ámbito de influencia de tres empresas industriales de Pucallpa – 2022”, el objetivo fue evaluar la calidad del aire en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan en los Distritos de Callería, Yarinacocha y Manantay. La metodología de estudio se basó en el Protocolo Nacional de Monitoreo Ambiental de Calidad del Aire, este se evaluó a barlovento y sotavento por 5 días en cada punto, para el análisis de PM10 y PM 2.5 se utilizaron 2 equipos Hi-Vol con filtros de fibra de cuarzo y para el análisis de gases se utilizó el equipo tren de muestreo de gases con soluciones captadoras para cada gas, las cuales se analizaron en 3 empresas industriales de producción de ladrillo, de concreto y cervecera. Se obtuvieron los siguientes resultados las concentraciones de los parámetros en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ es 65 ug/m3 PM10, 20.6 ug/m3 PM 2.5, 315 ug/m3 CO, < 1.9 ug/m3 H2S y < 3.6 ug/m3 SO2, en la Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza las concentraciones son 79.7 ug/m3 PM10, 30.6 ug/m3 PM 2.5, 2650 ug/m3 CO, < 1.9 ug/m3 H2S y < 3.6 ug/m3 SO2 y en Planta Cervecera San Juan las concentraciones son 70.4 ug/m3 PM10, 28.6 ug/m3 PM 2.5, 1350 ug/m3 CO, < 1.9 ug/m3 H2S y < 3.6 ug/m3 SO2. Se concluye que la calidad del aire en el ámbito de influencia de las plantas evaluadas es la siguiente: para la Planta Concretera BARSEIJ, la calidad del aire se califica como "buena" con un índice de 29.4 INCA; para la Planta Ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza, se califica también como "buena" con un índice de 44 INCA; y para la Planta Cervecera San Juan, la calidad del aire se clasifica como "buena" con un índice de 38.6 INCA.

Palabras clave: Calidad del Aire, Dióxido de Azufre (SO_2), Material Particulado ($_{PM10}$), Material Particulado ($PM_{2,5}$) Monóxido de Carbono (CO), Sulfuro de Hidrógeno (H_2S).

ABSTRACT

In the present investigation entitled "Evaluation of air quality in the area of influence of three industrial companies in Pucallpa - 2022", the objective was **to evaluate the air quality in the area of influence of the BARSEIJ Concrete Plant, Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza Brick Plant, and San Juan Brewery Plant in the districts of Callería, Yarinacocha, and Manantay.** The study methodology was based on the National Protocol for Environmental Monitoring of Air Quality, this was evaluated upwind and leeward for 5 days at each point, for the analysis of PM10 and PM 2.5, 2 Hi-Vol equipment with quartz fiber filters were used and for the analysis of gases, the gas sampling train equipment was used with capturing solutions for each gas, which were analyzed in 3 industrial companies producing brick, concrete and brewing. The following results were obtained: the concentrations of the parameters in the area of influence of the BARSEIJ Concrete Plant are 65 ug/m3 PM10, 20.6 ug/m3 PM 2.5, 315 ug/m3 CO, < 1.9 ug/m3 H2S and < 3.6 ug/m3 SO2, in the Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza brick plant the concentrations are 79.7 ug/m3 PM10, 30.6 ug/m3 PM 2.5, 2650 ug/m3 CO, < 1.9 ug/m3 H2S and < 3.6 ug/m3 SO2 and in the San Juan Brewery Plant the concentrations are 70.4 ug/m3 PM10, 28.6 ug/m3 PM 2.5, 1350 ug/m3 CO, < 1.9 ug/m3 H2S and < 3.6 ug/m3 SO2. It is concluded that the air quality in the area of influence of the evaluated plants is as follows: for the BARSEIJ Concrete Plant, the air quality is classified as "good" with an index of 29.4 INCA; for the Ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza Plant,

it is also classified as "good" with an index of 44 INCA; and for the San Juan Brewery Plant, the air quality is classified as "good" with an index of 38.6 INCA.

Keywords: Sulfur Dioxide (SO_2), Particulate Matter (PM_{10}), Particulate Matter ($PM_{2,5}$), Carbon Monoxide (CO), Hydrogen Sulfide (H_2S).

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población y los avances tecnológicos han modificado de manera significativa el medio ambiente, siendo la actividad industrial un factor importante en la contaminación del aire. Las industrias emiten gases como dióxido de azufre (SO2), material particulado (PM10 y PM2,5), monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrógeno (H2S), los cuales pueden tener efectos perjudiciales para la salud cuando sus concentraciones son elevadas. Además, muchas de estas empresas están ubicadas cerca de zonas habitadas, y existen diferencias en los estándares y el cumplimiento de las normativas ambientales, desde un buen cumplimiento hasta la ausencia de medidas.

Por esta razón, es fundamental evaluar la calidad del aire en el área de influencia de estas empresas. Al compararla con los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (ECA) establecidos por el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM y el Índice de Calidad del Aire (INCA), podremos determinar si la calidad del aire es adecuada, si los contaminantes están dentro de los valores permitidos y si no generan impactos negativos tanto en el entorno como en la población circundante.

El objetivo de este estudio es evaluar la calidad del aire en el ámbito de influencia de tres plantas industriales: la Planta Concretera BARSEIJ, la Planta Ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza, y la Planta Cervecera San Juan, ubicadas en los distritos de Callería, Yarinacocha y Manantay. Este crecimiento poblacional impulsó el establecimiento de diversas actividades industriales en la región Ucayali, especialmente en la ciudad de Pucallpa, que, gracias a su acceso privilegiado por

tierra, agua y aire, se convirtió en un importante centro comercial amazónico. La industria cervecera fue una de las primeras en instalarse, con la empresa San Juan (ahora Backus), que comenzó sus operaciones en 1971, ubicándose en el kilómetro 13 de la Carretera Federico Basadre, en la margen derecha en dirección Pucallpa - Lima. A medida que crecía la demanda de edificaciones de mejor calidad y durabilidad, se fundó la empresa Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza S.A.C. a mediados de los años 90, situada en una zona estratégica para la obtención de materia prima, en las últimas cuadras de la Av. Manantay, cerca de la Ex Papelera. De manera similar, con el crecimiento de la población y la demanda de métodos constructivos más eficientes, se instalaron diversas plantas concretaras, como la Planta Concretera BARSEIJ, que comenzó operaciones a mediados de la década de 2010 en la región Ucayali.

Evaluando los resultados, se puede apreciar que la calidad el aire el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ se califica con un 29.4 como Buena, en el ámbito de la Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza se califica con un 44 como Buena y Planta Cervecera San Juan se califica con un 38.6 como Buena.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al menos 100 millones de personas en América Latina y el Caribe están expuestas a niveles de contaminación del aire que exceden las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los grupos más vulnerables a los efectos negativos de la mala calidad del aire incluyen a niños, adultos mayores, personas con problemas de salud preexistentes y aquellos que pertenecen a sectores socioeconómicos bajos (Green y Sánchez, 2012).

En un estudio realizado sobre la calidad del aire en la urbanización Primavera, ubicada en el distrito de El Agustino, afectada por las actividades industriales de las empresas MEPSA, Concretera UNICON y Papelera GLORIA, se encontró que las concentraciones de SO2, CO, H2S y plomo se mantenían dentro de los límites establecidos. Sin embargo, la concentración de PM10 alcanzó 293.83 µg/m3, lo que superó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire establecidos por el D.S. N° 074-2001-PCM, cuyo límite es de 150 µg/m3 (Valverde, 2015).

A nivel local, se realizó un estudio sobre la calidad del aire en los distritos de Yarinacocha, Callería y Manantay, con una proyección para el año 2027. Los resultados sugirieron que las emisiones generadas por diversas actividades económicas deteriorarían la calidad del aire en la zona de estudio, provocando problemas ambientales como smog y ozono troposférico, lo que afectaría directamente la salud humana (Chávez y otros, 2019).

En relación con el estudio titulado "Monitoreo y evaluación de la calidad ambiental del aire y ruido en principales ciudades de la región Ucayali", se observó que la concentración promedio de PM10 en Yarinacocha superó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire, alcanzando un nivel de alerta "Peligroso" y un índice de calidad del aire "Muy Malo". De manera similar, la concentración de material particulado en el distrito de Manantay también excedió estos estándares, con un valor de 279.2 μg/m³ (Tuesta, 2015).

Considerando a los autores mencionados previamente, se puede afirmar que es crucial evaluar la calidad del aire en el área de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ, la Planta Ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza, y la Planta Cervecera San Juan, ubicadas en los distritos de Callería, Yarinacocha y Manantay. Estas instalaciones están cerca de zonas residenciales, lo que expone a los habitantes a las emisiones de Material Particulado (PM10, PM2.5), Dióxido de Azufre (SO2), Monóxido de Carbono (CO) y Sulfuro de Hidrógeno (H2S). Estos contaminantes no solo representan un riesgo para la salud humana, sino que también afectan la capa de ozono. Los resultados de esta investigación se entregarán a las empresas involucradas, para que puedan desarrollar un plan de mejora de la calidad del aire.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Problema general

- ¿Cuál es la calidad del aire en el ámbito de influencia de las 3 empresas industriales de Pucallpa?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de Material Particulado (PM10), Material Particulado (PM2,5) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan?
- ¿Cuál es concentración de Dióxido de azufre (SO2), Monóxido de Carbono (CO) y Sulfuro de hidrogeno (H2S), en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar la calidad del aire en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de Material Particulado (PM10), Material Particulado (PM2,5) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.

- Determinar la concentración de Dióxido de azufre (SO2), Monóxido de Carbono (CO) y Sulfuro de hidrogeno (H2S), en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Internacionales

Quito (2023) realizó un estudio sobre la calidad del aire en los sectores de influencia directa de las ladrilleras artesanales de la Parroquia Sinincay, en el Cantón Cuenca, Ecuador. Los resultados obtenidos para las concentraciones de NO2 en estos sectores fueron comparados con la normativa legal vigente, y se observó que el promedio fue de 29.99 µg/m3, lo cual está por debajo del límite permitido de 50 µg/m3. Sin embargo, al analizar los datos de PM2.5, el promedio registrado fue de 224.94 µg/m3, superando ampliamente el límite legal de 50 µg/m3.

Martínez y colaboradores (2022) realizaron un estudio sobre la contaminación del aire y la percepción de riesgos para la salud por exposición al humo de las ladrilleras en una colonia de Tonalá, Jalisco, México. Las concentraciones de CO2 superaron los niveles recomendados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para el período 2020-2060 (590-710 ppm). Además, los valores de PM2.5 y PM10 excedieron tanto las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS) como las normativas mexicanas, registrando PM2.5 en 41 µg/m3 y PM10 en 70 µg/m3, lo que está por encima de los valores recomendados de 25 µg/m3 para PM2.5 y 50 µg/m3 para PM10.

En el estudio de Corral (2017), titulado “Monitoreo y Análisis de la Calidad del Aire en la Vía CUENCA – SAYAUSÍ - EL CAJAS-Ecuador”, se registraron los

valores más altos para ozono y dióxido de nitrógeno, aunque siempre se mantuvieron por debajo de los límites establecidos por la normativa.

Cuesta y colaboradores (2018) evaluaron las concentraciones de gases en el aire de Manizales, una zona con diversas actividades industriales. Los resultados mostraron que las concentraciones promedio de SO2 variaron entre 4.1 y 9.8 µg/m3, con niveles más altos en áreas influenciadas por la actividad industrial y el Nevado del Ruiz. Las concentraciones de NOX variaron entre 5.9 y 82.2 µg/m3, siendo más altas en zonas con alto flujo vehicular. Las concentraciones de O3 variaron entre 16.1 y 68.1 µg/m3, registrándose los valores más elevados en las áreas rurales.

Por último, Tarazona (2018) evaluó la calidad del aire en el barrio Mochuelo, afectado por actividades minero-industriales, y encontró que un 89% de los registros de PM10 cumplían con los límites anuales establecidos por la normativa colombiana, mientras que el 85% de las concentraciones superaron los niveles establecidos por la OMS.

2.1.2. Nacionales

En el estudio “La actividad industrial y su impacto en el territorio: una aproximación a partir del caso limeño”, se encontró que existe una correlación entre altos niveles de concentración de PM 2,5 y la gran incidencia de casos de Infecciones Respiratorias Agudas en la población de la ciudad de Lima (Giraldo Lescano, 2022).

Licla (2021), realizó la investigación denominada “Evaluación de la Calidad de Aire en el Proyecto de Explotación Cantera Camucha, distrito de Morococha, provincia de Yauli”. Donde demostró que los niveles de material particulado cumplen

con los valores máximos permitidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, lo cual indica que la calidad de aire no constituye un riesgo para la salud de los trabajadores ni al medioambiente.

Córdova y colaboradores (2021) realizaron la primera caracterización de las emisiones contaminantes y la calidad del aire en Ica, Perú. Los resultados obtenidos mostraron que las partículas en suspensión PM10, así como los gases (SO2, NO2 y H2S), se mantuvieron por debajo de los límites establecidos en las Normas Nacionales de Calidad del Aire en ambas estaciones de monitoreo (E-1 y E-2). No obstante, el material particulado PM2.5 superó los valores establecidos por las normas nacionales de calidad ambiental en la estación E-2. Se identificó que el mayor riesgo para la salud de la población proviene de las concentraciones de PM2.5, siendo el sector del transporte una de las principales fuentes de emisión en Ica.

Delgado y Aguirre (2020), en la ciudad de Lima realizaron el modelamiento y evaluación de la calidad de aire, mediante la metodología de análisis de Grey Clustering como resultado determinaron que la mayoría de distritos presentaban problemas muy graves de contaminación del aire.

Dalens y Macedo (2022) llevaron a cabo una evaluación de la calidad del aire debido a las emisiones de CO, PM2.5 y PM10 generadas por la industria ladrillera en Cusco. Los resultados del primer monitoreo (mayo) revelaron que las concentraciones de PM2.5 fueron de 30.3 µg/m3 y 16.3 µg/m3, las de PM10 fueron de 85.4 µg/m3 y 32.5 µg/m3, y las de CO fueron de 738 µg/m3 en ambos puntos.

Como conclusión, se determinó que la calidad del aire en la ladrillera de San Jerónimo se encuentra en un estado moderado.

2.1.3. Locales

En el estudio “Evaluación de la calidad de aire y emisiones gaseosas en la empresa cervecería San Juan S.A., Pucallpa - 2015”. Los resultados indican que las emisiones gaseosas de los parámetros de CO, SO_2, NO y NO_2 se encuentran por debajo de los límites referenciales establecidos por el Banco Mundial y el Decreto 638: Norma sobre Calidad de Aire y Control de la Contaminación Atmosférica (Vásquez Quispe, 2021).

En el estudio Mosqueda (2015), "Calidad del aire y los efectos en la salud por PM_{10}, en un tramo de la av. Túpac Amaru, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo Ucayali-2015". Los resultados muestran que los 3 puntos de monitoreo se encuentran en un nivel de alerta de Emergencia porque superan los Niveles de Estados de Alerta por contaminación de aire.

En la ciudad de Pucallpa se realizó el estudio de la evaluación de los Niveles de Monóxido de Carbono ocasionados por la festividad de San Juan en la ciudad de Pucallpa 2021. Los resultados indican que los niveles de Monóxido de Carbono no superan los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (Reátegui y otros, 2021).

En el estudio de Gomez y Gonzalez (2020), “Determinación de la concentración de monóxido de carbono (CO) del parque automotor de las ciudades de Pucallpa y Aguaytía”, determinaron que, en la Av. Centenario con Av. Aviación de la ciudad de Pucallpa (Centro Comercial Open Plaza), la concentración de

monóxido de carbono es de 10 171,2 µg/m^3, siendo este valor por encima del Estándar de Calidad Ambiental aire (10 000 µg/m^3) establecido en nuestro país.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.1.1. Calidad de aire

La calidad del aire es un factor fundamental, ya que cada persona respira aproximadamente 3000 galones de aire al día, por lo que los componentes del aire deben mantenerse en equilibrio con la atmósfera (Defensoría del Pueblo, 2005).

2.1.1.1. Índice de Calidad del Aire (INCA)

El método del Índice de Calidad del Aire (INCA) se clasifica en 4 categorías o niveles de calidad del aire. La cuarta categoría indica que la calidad del aire supera el valor umbral del estado de cuidado (VUEC), lo que implica que, a partir de ese valor, la autoridad de Salud (MINAM, 2016) debe aplicar los Niveles de Estados de Alerta Nacionales.

En las Tablas 1, 2 ,3, 4 y 5 se señalan la clasificación y los cálculos para el INCA de los contaminantes referentes a este estudio de investigación.

Tabla 1

Valores del Índice de Calidad del Aire

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

Fuente: MINAM (2016)

Según la clasificación del INCA, tanto la población sensible como la población en general deben seguir las precauciones y recomendaciones que se detallan en la tabla 2.

Tabla 2

Cuidados y recomendaciones del Índice de Calidad del Aire

CALIFICACIÓN	CUIDADOS	RECOMENDACIONES
Buena	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Puede realizar actividades al aire libre.
Moderada	La población sensible (niños, tercera edad, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares) podrían experimentar algunos problemas de salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para la población sensible.
Mala	La población sensible podría experimentar problemas de salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.
VUEC*	La concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población sensible, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares.	Reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de Estado de Alerta de acuerdo al Decreto Supremo N°009-2003 SA y su modificatoria Decreto Supremo N° 012-2005-SA.

Fuente: MINAM (2016)

2.1.1.2. Política Nacional del Ambiente

La Política Nacional del Ambiente debe ser acatada en todos los niveles de gobierno —nacional, regional y local—, y sirve como guía para el sector

privado y la sociedad civil. Su estructura se basa en cuatro pilares fundamentales de la gestión ambiental (MINAM, 2009).

Tabla 3

Ejes de Política-Política Nacional del Ambiente

Ejes temáticos	Lineamientos
Eje de política 1	Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica
Eje de política 2	Gestión integral de la calidad ambiental.
Eje de política 3	Gobernanza gubernamental.
Eje de política 4	Compromisos y oportunidades ambientales internacionales.

Fuente: Política Nacional del Ambiente (2009).

Lineamientos de política en materia de calidad del aire.

a) Adoptar acciones destinadas a prevenir y reducir los impactos de los contaminantes del aire en la salud humana.

b) Establecer sistemas de alerta temprana y prevención de emergencias por contaminación atmosférica, priorizando las áreas con mayor concentración de población expuesta a contaminantes críticos.

c) Promover la renovación del parque automotor mediante incentivos, fomentando el uso de transporte y combustibles que disminuyan la contaminación del aire.

d) Detectar y corregir prácticas operativas y habituales inapropiadas que deterioran la calidad del aire.

e) Desarrollar y aplicar mecanismos técnicos y normativos para monitorear y controlar la contaminación sonora y las radiaciones no ionizantes. (MINAM, 2009).

2.1.1.3. Niveles directrices de calidad del aire de la OMS

Tabla 4

Niveles recomendados de las directrices sobre la calidad

Contaminante	Tiempo promedio	Meta intermedia				Nivel de las directrices sobre la calidad del aire
		1	2	3	4	
$MP_{2,5}$, µg/m³	Anual	35	25	15	10	5
	24 horas[a]	75	50	37,5	25	15
MP_{10}, µg/m³	Anual	70	50	30	20	15
	24 horas[a]	150	100	75	50	45
O_3, µg/m³	Temporada alta[b]	100	70	–	–	60
	8 horas[a]	160	120	–	–	100
NO_2, µg/m³	Anual	40	30	20	–	10
	24 horas[a]	120	50	–	–	25
SO_2, µg/m³	24 horas[a]	125	50	–	–	40
CO, mg/m³	24 horas[a]	7	–	–	–	4

Fuente : (OMS, 2021)

2.1.2. Contaminantes atmosféricos

La contaminación del aire surge de una combinación compleja de sustancias contaminantes originadas tanto por actividades humanas como por fuentes naturales. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el 23% de

las muertes globales están relacionadas con factores ambientales. Estos contaminantes se dividen en partículas y gases (Raherison Semjen, 2020).

2.1.2.1. Contaminantes del aire

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro y extremadamente tóxico que puede ser letal cuando se inhala en altas concentraciones. Este gas se genera debido a la combustión incompleta de combustibles basados en carbono y también está presente en las atmósferas de las estrellas de carbono (Téllez y otros, 2006).

Dióxido de azufre (SO2)

El dióxido de azufre es un gas incoloro con un fuerte olor irritante que se percibe a concentraciones entre 0,3 y 1,4 ppm, siendo claramente distinguible a partir de 3 ppm. Es aproximadamente dos veces más denso que el aire, no inflamable ni explosivo, y químicamente estable. Es altamente soluble en agua, formando ácido sulfúrico al contacto con ella. Su composición incluye un átomo de azufre y dos de oxígeno (Instituto para la Salud Geoambiental, 2013).

Sulfuro de hidrógeno (H2S)

El sulfuro de hidrógeno (H2S), también conocido como ácido sulfhídrico, se encuentra de forma natural en el petróleo crudo, el gas natural, los gases volcánicos y las aguas termales. También puede generarse a través de la descomposición bacteriana de materia orgánica (ATSDR, 2016).

Material particulado (MP)

El material particulado es una combinación de partículas sólidas y líquidas compuestas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Constituye un componente clave de la contaminación atmosférica. Su composición incluye sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruro de sodio, carbón, polvo mineral, cenizas metálicas y agua, entre otros. Estas partículas, clasificadas según su tamaño, pueden ser PM10 (diámetro menor a 10 µm) o PM2,5 (diámetro menor a 2,5 µm), lo que influye en sus propiedades y efectos sobre la salud y el medio ambiente (Torres, 2021).

Material particulado PM10

Estas partículas contienen mayormente compuestos inorgánicos, como silicatos, aluminatos y metales pesados, además de material orgánico adherido a partículas de carbono, como el hollín (Arciniégas, 2012).

Material particulado PM2,5

Son partículas extremadamente pequeñas, con un diámetro de 2,5 micrómetros o menos, emitidas principalmente por vehículos, fábricas, quema de madera y otras actividades. Su tamaño diminuto les permite permanecer en el aire por períodos prolongados, afectando la calidad del aire y la salud humana (Ordóñez y Sánchez, 2018).

Emisiones industriales

Las industrias generan emisiones contaminantes que pueden ser controladas mediante mediciones directas o difíciles de cuantificar debido a su dispersión.

Durante la combustión de combustibles con azufre, como el carbón, se liberan contaminantes como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, metales pesados y partículas finas, estas últimas con capacidad para desplazarse grandes distancias, incrementando la contaminación ambiental (Jiménez, 2011).

2.1.2.2. Estándares de calidad ambiental (ECA) para aire

El Decreto Supremo Nº 003-2017-MINAM establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el aire, los cuales constituyen un marco obligatorio para la elaboración e implementación de los instrumentos de gestión ambiental por parte de los responsables de actividades productivas, extractivas y de servicios (MINAM, 2017).

Tabla 5

Estándares de calidad ambiental para aire

PARÁMETROS	PERÍODO	VALOR [µg/M3]	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	MÉTODO DE ANÁLISIS
Benceno (C6 H6)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM2,5)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial / filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM10)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	

Mercurio Gaseoso Total (Hg)	24 horas	2	No excede	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O3)	8 horas	1000	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM10	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	24 horas	150	Media aritmética móvil	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: (MINAM, 2017)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Barlovento:** es la parte desde donde viene el viento con respecto a un punto de referencia (Campos, 2024).
- **Contaminantes**: Son la una mezcla de partículas sólidas y gases en el aire (EPA, 2024).
- **Gases contaminantes:** son compuestos gaseosos emitidos por actividades humanas e industriales que tienen un efecto perjudicial sobre el medio ambiente y la salud humana (Incinerox, 2023).

- **Meteorología:** se asocia a las condiciones de la atmósfera en un tiempo y lugar específico, con relación a la temperatura, precipitaciones, y otros factores como pueden ser las nubes (Eastcott & Momatiuk, 2011).
- **Sotavento:** sería el lado que está a resguardo (o al otro lado) del viento, con el punto de referencia (Campos, 2024).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Enfoque de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo y aplicado, ya que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos sobre contaminantes del aire (PM10, PM2.5, SO_2, CO y H_2S), usando herramientas estadísticas para interpretar los resultados. Su finalidad es generar información útil para proponer acciones de mejora en la calidad del aire en zonas afectadas por la actividad industrial.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo, porque se describirá el estado de la concentración de Material Particulado (PM10), Material Particulado (PM2,5), Dióxido de Azufre (SO2), Monóxido de Carbono (CO) y Sulfuro de hidrogeno (H2S) obteniendo datos precisos de las variables a estudiar con el fin de que se pueda aplicar en promedios y cálculos estadísticos.

3.1.3. Tipo de la investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que busca resolver un problema específico relacionado con la calidad del aire en áreas urbanas cercanas a fuentes industriales, generando información útil para la toma de decisiones y mejoras ambientales.

3.1.4. Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es no experimental, transversal. No se manipularon variables, sino que se observaron y midieron los niveles de contaminación del aire en su contexto natural. Además, el estudio es transversal porque la recolección de datos se realizó en un período determinado sin seguimiento en el tiempo.



Donde:

M= Muestras

OX = Observación de concentraciones de emisiones (Variable independiente)

OY = Observación de calidad de aire (Variable dependiente)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población estuvo representada por las empresas de los distritos de Callería, Yarinacocha y Manantay, del rubro industrial de construcción de obras en general, cervecera y de fabricación de ladrillos.

3.2.2. Muestra

La muestra fue de tipo no probabilística por conveniencia representada por la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Fuertes y Durables Fortaleza y la Planta de la Cervecería San Juan.

En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de los propósitos del investigador, el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores (Hernández y otros, 2014).

Tabla 6

Puntos de monitoreo y distancia con relación al área de influencia directa.

N°	Áreas de influencia directa	Zonas de monitoreo	Coordenadas para muestreo de acuerdo a la dirección del viento
1	Planta Concretera Consorcio BARSEIJ	Barlovento	543523.00 m E / 9071019.00 m N
		Sotavento	543511.00 m E / 9071106.00 m N
2	Planta Ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza	Barlovento	550374.00 m E / 9068002.00 m N
		Sotavento	550266.00 m E / 9068115.00 m N
3	Planta de la Cervecería San Juan S.A.	Barlovento	539244.00 m E / 9070568.00 m N
		Sotavento	538647.00 m E / 9071377.00 m N

Fuente: Elaboración propia

Figura 1

Mapa de Ubicación de los puntos de monitoreo



3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En base al protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire, se tomaron los siguientes procedimientos:

- Se identificaron las empresas a evaluar: Se seleccionaron tres empresas industriales en la ciudad de Pucallpa que representan sectores clave: una planta concretera (BARSEIJ), una planta ladrillera (Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza) y una planta cervecera (San Juan).
- Se definió el punto de barlovento y sotavento de cada empresa: Se ubicaron los puntos de monitoreo en las direcciones de barlovento (a favor del viento) y sotavento (contra el viento) para cada empresa, considerando la dirección predominante del viento y la proximidad a las fuentes emisoras.
- Se determinó los protocolos de monitoreo y análisis según parámetro: Se establecieron los protocolos específicos según el Protocolo Nacional de Monitoreo. Para PM10 y PM2.5 se utilizaron filtros, mientras que para gases como CO, H2S y SO2 se emplearon soluciones captadoras específicas según la norma técnica correspondiente.
- Se estableció el tiempo y repeticiones de monitoreo: El monitoreo se realizó durante cinco días consecutivos en cada punto, con intervalos adecuados para asegurar la representatividad de los datos.
- Se instalaron los equipos de monitoreo de calidad de aire: Se utilizaron equipos Hi-Vol para la recolección de material particulado y un tren de muestreo de gases para la captura de los parámetros gaseosos. Los

equipos fueron calibrados previamente y se instalaron en los puntos definidos de monitoreo.

- Se recolectaron datos meteorológicos del punto de monitoreo: Se registraron datos meteorológicos, como velocidad y dirección del viento, temperatura, y humedad relativa, en cada punto de monitoreo. Estos datos permitieron contextualizar los resultados de calidad del aire.
- Se monitoreo las muestras de aire de material particulado y gases: Se llevaron a cabo las mediciones de material particulado (PM10 y PM2.5) y de gases (CO, H2S, SO2) siguiendo los tiempos y condiciones establecidos en el protocolo.
- Se envió las muestras al laboratorio para su análisis (Anexo 3): Las muestras recolectadas fueron transportadas al laboratorio autorizado para su análisis. Los filtros de material particulado y las soluciones captadoras de gases fueron manipulados bajo estrictas condiciones para evitar contaminación.
- Se comparó los resultados con el ECA Aire: Los resultados obtenidos se compararon con los límites establecidos por los ECA para determinar si las concentraciones se encontraban dentro de los valores permitidos.
- Se analizaron los resultados con el Índice de Calidad del Aire: Los datos se procesaron utilizando el Índice Nacional de Calidad del Aire (INCA), que permite clasificar la calidad del aire en diferentes categorías (buena, moderada, mala, etc.).

- Se estableció la calidad del aire: Finalmente, se determinó la calidad del aire en el ámbito de influencia de cada planta industrial evaluada, considerando los resultados obtenidos y su clasificación en el INCA.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas

3.4.1.1. Cálculo del Índice de Calidad del Aire (INCA)

Para calcular el INCA, los valores fueron calculados se tomarán como referencia los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire. (MINAM 2016).

Tabla 7

Cálculo del Índice de Calidad de Aire para Material Particulado (PM_{10}).

Material Particulado (PM_{10}) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	**Intervalo de concentraciones (ug/m³)**	**Ecuación**
0-50	0-75	$I(PM_{10}) = ([PM_{10}[*100) /150$
51-100	76-150	
101-167	151-250	
>167	>250	

Fuente: MINAM (2016)

Tabla 8

Cálculo del Índice de Calidad de Aire para Material particulado ($PM_{2,5}$)

Material Particulado ($PM_{2,5}$) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	**Intervalo de concentraciones (ug/m³)**	**Ecuación**
0-50	0-12,5	$I(PM_{2,5}) = ([PM_{2,5}[*100) /25$
51-100	12.6-25	

101-500	25.1-125
>500	>125

Fuente: MINAM (2016)

Tabla 9

Cálculo del Índice de Calidad de Aire para Monóxido de Carbono

Monóxido de carbono (CO) promedio 8 horas		
Intervalo del INCA	**Intervalo de concentraciones (ug/m^3)**	**Ecuación**
0-50	0-5049	I (CO)=[CO]* 100/10000
51-100	5050-10049	
101-150	10050-15049	
>150	>15050	

Fuente: MINAM (2016)

Tabla 10

Cálculo del Índice de Calidad de Aire para Sulfuro de Hidrogeno (H_2S)

Sulfuro de Hidrogeno (H_2S) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	**Intervalo de concentraciones (ug/m^3)**	**Ecuación**
0-50	0-75	I (H_2S) =[H_2S]* 100/150
51-100	76-150	
101-1000	151-1500	
>1000	>1500	

Fuente: MINAM (2016)

Tabla 11

Cálculo del Índice de Calidad de Aire para Dióxido de Azufre (SO_2)

Dióxido de Azufre (SO_2) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	**Intervalo de concentraciones (ug/m^3)**	**Ecuación**

0-50	0-10	I (SO_2) =[SO_2]* 100/20
51-100	11-20	
101-625	21-500	
>625	>500	

Fuente: MINAM (2016)

3.4.1.2. Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire

En base al protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire se definieron los criterios para el diseño de las redes o estaciones de monitoreo, con la finalidad de asegurar el desarrollo de operaciones eficaces y eficientes, basadas en una planificación previa sustentada en aspectos técnicos. Asimismo, se determinan los métodos que resultan aplicables para el monitoreo de la calidad del aire, así como aquellos aspectos que deben ser considerados al momento de su aplicación (MINAM, 2019).

- Se establecieron los puntos de monitoreo particulado (PM_{10}; $PM_{2,5}$; y de gases SO_2; H_2S y CO). Ubicados a 50 m del área de influencia directa a barlovento y a 50 m del área de influencia directa a sotavento.
- Se trabajó para el muestro de Material Particulado PM10 y PM 2.5 con equipó HI-VOL por 24 Horas, con las siguientes metodologías.

Tabla 12

Metodología de Monitoreo y Análisis de Material Particulado

Parámetros	**Método de Referencia**
Determinación de peso de material particulado y peso de filtro: PM2.5 y PM10 Alto volumen	NTP 900.030:2018 (Item 11.2 al 11.5 y 11.16 al 11.17) (No Incluye Muestreo) (VALIDADO - Modificado). 2019. MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL. Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2

Colocación del Motor Venturi en el equipo Hi-Vol



Figura 3

Colocación de Filtros para el Análisis de PM10 y PM 2.5.



- Para el Análisis de Gases de gases SO_2; H_2S y CO, se trabajó con un tren de Muestreo, con tiempo respectivos de 24 horas para SO_2, 24 horas para H_2S y 8 Horas de CO.

Tabla 13

Metodología de Monitoreo y Análisis de Gases

Parámetros	**Método de Referencia**
Dióxido de azufre (SO2)	EPA 40 CFR Appendixe A-2 to part 50. 2018. Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method).
Monóxido de Carbono (CO)	Peter O. Warner,"Analysis of Air Pollutants" Ed. Spanish 1981, Chap. 3, p. 121-122. Does Not Include Sampling (Validated, 2022).
Sulfuro de Hidrogeno (H2S)	EPA CFR Title 40, Chapter I, Subchapter C, Appendix A-6 to Part 60 Method 16A - Determination of Total Reduced Sulfur Emission From Stationary Sources (Impinger Technique)

Fuente: Elaboración propia.

- Se recalibra los caudales de Monitoreo de Gases, independiente para cada, además de configurar el Tiempo de Monitoreo.

Figura 4

Recalibración de Caudales de Monitoreo de Gases



Figura 5

Colocación de soluciones captadoras para gases



Figura 6

Colocación de las botellas captadoras en el tren de muestreo de gases



3.4.2. Instrumentos

Los siguientes instrumentos se emplearon para la recolección de datos:

- Equipos de monitoreo de material particulado: Hi-Vol con filtros de fibra de cuarzo: Para recolectar muestras de PM10 y PM2.5, cumpliendo con los requisitos de precisión y sensibilidad establecidos en el protocolo.
- Equipos de monitoreo de gases: Tren de muestreo de gases: Utilizado para capturar parámetros como monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO2) y sulfuro de hidrógeno (H2S). Este equipo empleó soluciones captadoras específicas para cada gas.
- Estación meteorológica portátil: Registró variables como velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa, necesarias para interpretar los resultados de calidad del aire.
- Materiales de soporte:

- Soluciones captadoras: Preparadas para el análisis químico de gases.
- Filtros de fibra de cuarzo: Utilizados en los equipos Hi-Vol para la captura de material particulado.
- Contenedores de transporte: Aseguraron el traslado seguro de las muestras al laboratorio.

3.5. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCÍON DE DATOS

3.5.1. Preparación previa al monitoreo:

3.5.1.1. *Revisión del Protocolo Nacional:*

Se verificaron los procedimientos a seguir para garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes.

3.5.1.2. Calibración de equipos:

Los equipos de monitoreo (Hi-Vol y tren de muestreo de gases) fueron calibrados previamente para asegurar la precisión de las mediciones.

3.5.1.3. Definición de puntos de monitoreo:

Se establecieron las ubicaciones específicas en barlovento y sotavento de las empresas evaluadas, considerando la dirección predominante del viento y la cercanía a las fuentes emisoras.

3.5.2. Ejecución del monitoreo:

3.5.2.1. Instalación de equipos en campo:

Los equipos de monitoreo se instalaron en los puntos seleccionados, siguiendo las especificaciones del protocolo para evitar interferencias externas.

3.5.2.2. Recolección de datos meteorológicos:

En cada punto de monitoreo se registraron variables meteorológicas como velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa.

3.5.2.3. Monitoreo de parámetros ambientales:

Se recolectaron muestras de aire durante cinco días consecutivos en cada punto de monitoreo para los siguientes parámetros:

- Material particulado (PM10 y PM2.5): Utilizando equipos Hi-Vol con filtros de fibra de cuarzo.
- Gases (CO, SO2, H2S): Empleando trenes de muestreo con soluciones captadoras específicas para cada gas.

3.5.2.4. Control y aseguramiento de calidad*:*

Durante el monitoreo, se realizaron verificaciones periódicas del funcionamiento de los equipos y del estado de las muestras recolectadas.

3.5.3. Procesamiento en laboratorio:

3.5.3.1. Transporte de muestras:

Las muestras recolectadas fueron enviadas a un laboratorio acreditado, bajo condiciones controladas, para evitar su contaminación o degradación.

3.5.3.2. Análisis en laboratorio:

Las muestras de PM10 y PM2.5 fueron analizadas mediante técnicas gravimétricas.

Los gases fueron analizados utilizando métodos químicos específicos según el protocolo.

3.5.4. Análisis de resultados:

3.5.4.1. Comparación con los ECA para aire:

Los resultados obtenidos se contrastaron con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para determinar si cumplían con los límites permitidos.

3.5.4.2. Cálculo del Índice Nacional de Calidad del Aire (INCA):

Se procesaron los datos mediante el INCA para clasificar la calidad del aire en cada punto de monitoreo.

3.5.5. Elaboración de informes:

3.5.5.1 Interpretación de datos:

Se realizó un análisis integral considerando los parámetros medidos, las condiciones meteorológicas y las actividades industriales de cada empresa.

3.5.5.2. Generación del informe técnico:

Los resultados fueron documentados en la presente investigación, incluyendo tablas, gráficos y las conclusiones sobre la calidad del aire en las zonas evaluadas.

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS

Para el tratamiento o procesamiento de datos se utilizó el método de Análisis de Varianza (ANOVA); e interpretados mediante el programa estadístico MINITAB V.22. La base de cálculo de varianza ANOVA es el resultado de monitoreo, en los que se compara los resultados, respecto a las variables, donde se utilizó el nivel de significancia para la prueba de hipótesis, $\alpha = 0.05$, aplicándose el test de Tukey.

CAPÍTULO IV

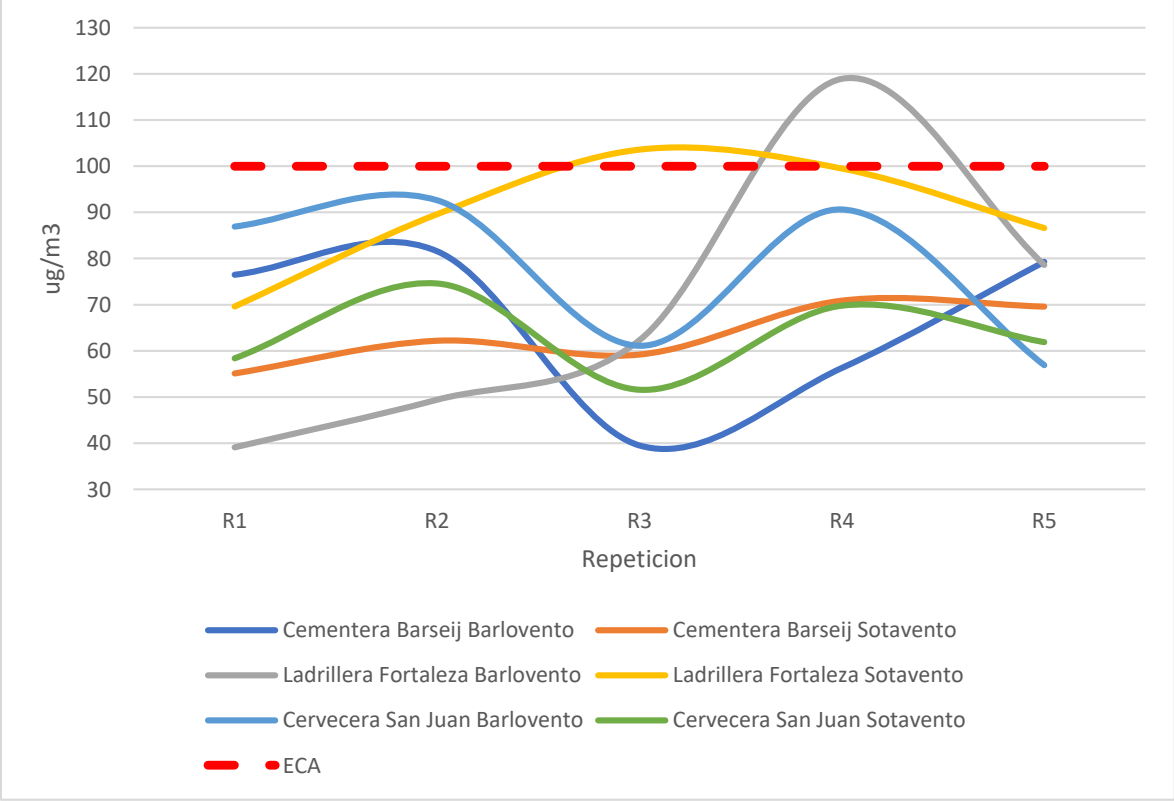
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Concentración de Material Particulado (PM10), Material particulado (PM2.5) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.

Figura 7

Concentración de Material Particulado (PM10) en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.



En la Figura 6, se aprecia la Concentración de Material Particulado (PM10) en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan, siendo la concentración de PM 10 en la Planta Concretara BARSEIJ a Barlovento de 66.64 ug/m3 y a Sotavento de 63.4 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire, seguido por la concentración de PM 10 en la Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza a Barlovento de 69.66 ug/m3 y a Sotavento de 89.78 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire y la concentración de PM 10 en la Planta Cervecera San Juan a Barlovento de 77.62 ug/m3 y a Sotavento de 63.26 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire.

Tabla 14

Análisis de Varianza de las concentraciones de PM 10 de en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.

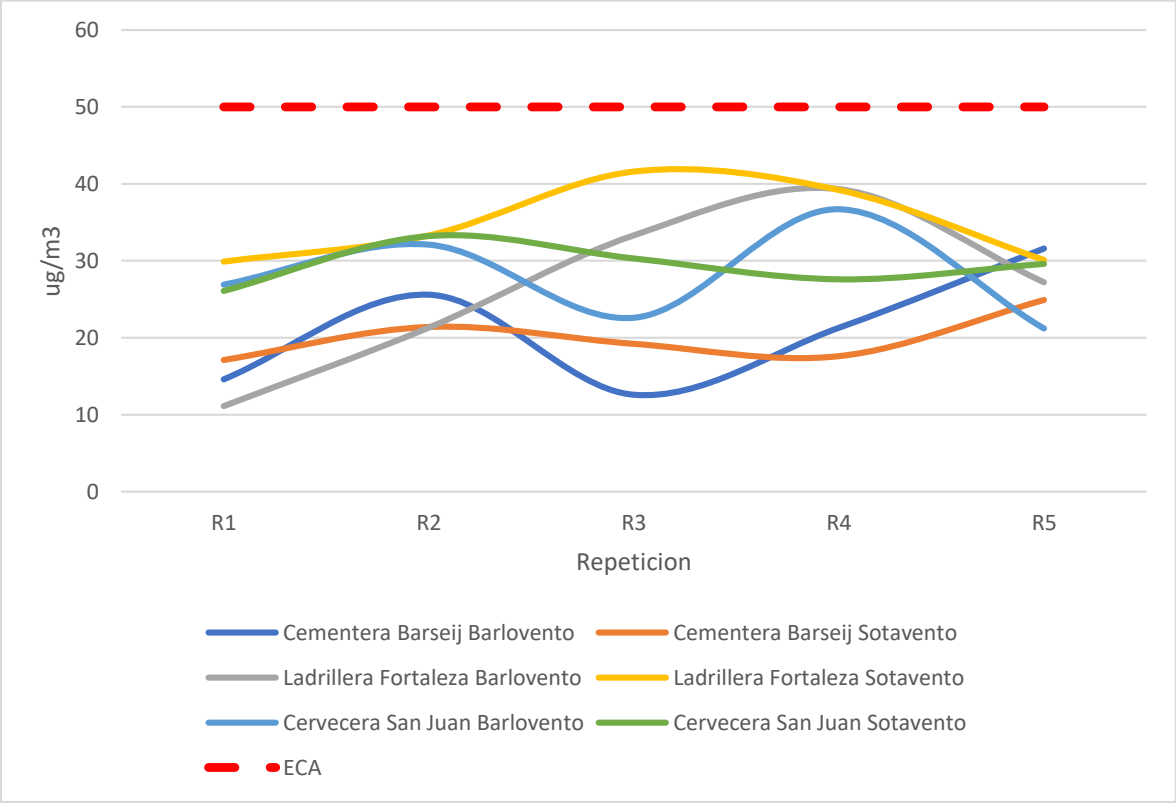
Parámetro	Valor P
Planta Concretara BARSEIJ / Barlovento PM 2.5 vs. Sotavento PM 2.5	0.854
Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza / Barlovento PM 2.5 vs. Sotavento PM 2.5	0.265
Planta Cervecera San Juan / Barlovento PM 2.5 vs. Sotavento PM 2.5	0.754

En la tabla 14 , se aprecia el Análisis de Varianza de las concentraciones de PM 10 se presenta los siguientes resultados, en el caso de Planta Concretara BARSEIJ se aprecia un valor “P” de 0.854 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de PM 2.5 a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia

significativa entre sí, en el caso de Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza se aprecia un valor “P” de 0.265 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de PM 2.5 a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre sí y en el caso de Planta Cervecera San Juan se aprecia un valor “P” de 0.754 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de PM 10 a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre sí.

Figura 8

Concentración de Material Particulado (PM2.5) en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.



En la Figura 7, se aprecia la Concentración de Material Particulado (PM2.5) en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan, siendo la concentración de PM 2.5 en la Planta Concretara BARSEIJ a Barlovento de 21.14 ug/m3 y a Sotavento de 20.04 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire, seguido por la concentración de PM 2.5 en la Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza a Barlovento de 26.44 ug/m3 y a Sotavento de 34.82 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire y la concentración de PM 2.5 en la Planta Cervecera San Juan a Barlovento de 27.9 ug/m3 y a Sotavento de 29.36 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire.

Tabla 15

Análisis de Varianza de las concentraciones de PM 2.5 de en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.

Parámetro	Valor P
Planta Concretara BARSEIJ / Barlovento PM 2.5 vs. Sotavento PM 2.5	0.778
Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza / Barlovento PM 2.5 vs. Sotavento PM 2.5	0.161
Planta Cervecera San Juan / Barlovento PM 2.5 vs. Sotavento PM 2.5	0.655

En la tabla 15 , se aprecia el Análisis de Varianza de las concentraciones de PM 2.5 se presenta los siguientes resultados, en el caso de Planta Concretera BARSEIJ se aprecia un valor “P” de 0.778 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de PM 2.5 a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia

significativa entre sí, en el caso de Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza se aprecia un valor “P” de 0.161 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de PM 2.5 a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre sí y en el caso de Planta Cervecera San Juan se aprecia un valor “P” de 0.655 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de PM 2.5 a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre sí.

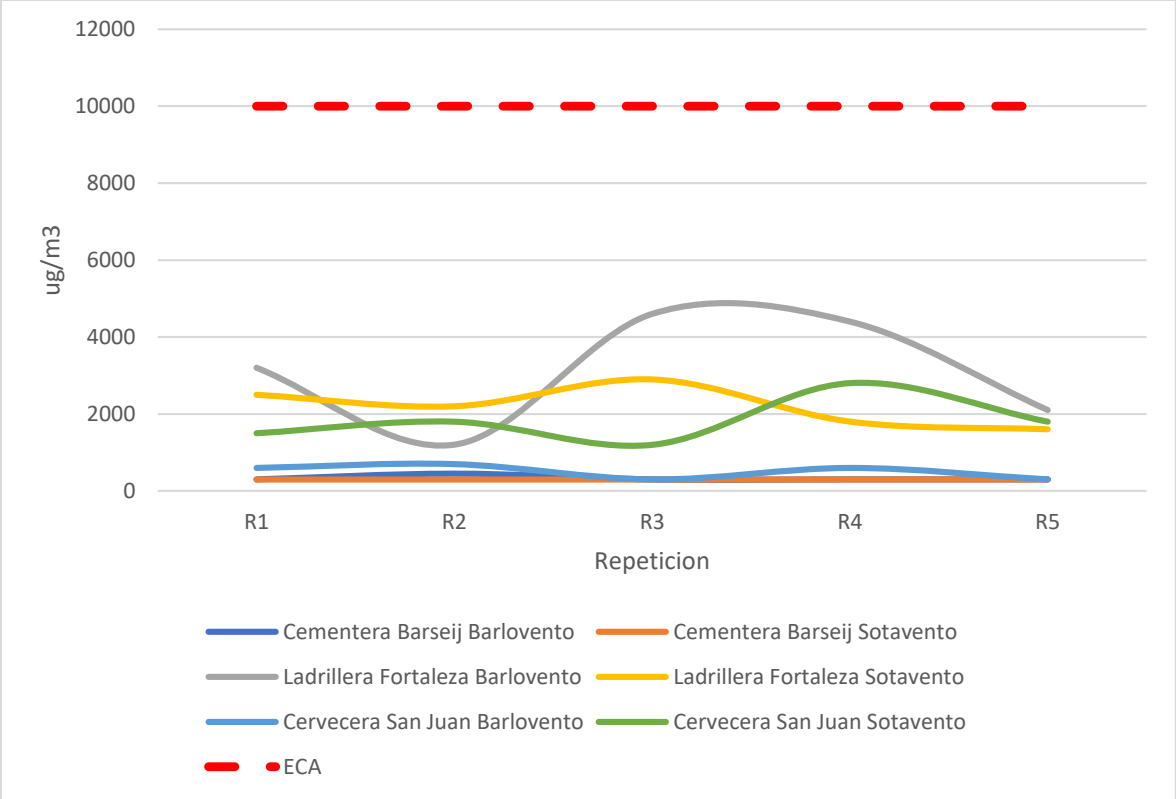
Estudios de calidad de aire en areas con actividades productivas similares, presentan resultados que se asemejan los encontrados, estudios como el de Córdova y otros (2021), evaluaron las zonas como emisiones, obteniendo como resultado que las Partículas en Suspensión PM10 son inferiores a los normados en las Normas Nacionales de Calidad). Sin embargo, el Material Particulado $PM_{2.5}$, supera lo establecido en las normas nacionales de calidad ambiental en la estación E-2. Se evidencia el mayor riesgo del $MP_{2,5}$ a la salud de la población, siendo el sector transporte una de las fuentes de emisión significativa en Ica. Así mismo el estudio de Warthon y otros (2023), evaluó la contaminación por PM 2.5 en la ciudad del Cusco, donde el nivel de PM 2.5 alcanzaron promedio ha sido de 125 ug/m3, que corresponde al intervalo INCA de más de 125, dentro del umbral de color rojo de cuidado. Algunos estudios enfocados a las fuentes contaminantes, como las chimeneas de ladrilleras, estas emiten según lo estimaron las emisiones para $PM_{2.5}$ en horno continuo son 7.8445 gPM2.5/h, horno intermitente 113.02257 gPM2.5/h y horno artesanal 61.5938 gPM2.5/h (Durán y Mantilla, 2018). Este se ve reflejado en los parámetros de PM10, como menciona Grattelli (2022), el material particulado (PM_{10}) es de 162.84 µg/m3 para la empresa “Fortaleza” y de 73.2 µg/m3 para la

empresa “Júpiter”, concluyendo que solo en la empresa “Fortaleza” existe contaminación. Otra industria que estaba cercana a la zona de estudio como la de las ladrilleras, presentan un efecto negativo en los niveles de PM10, como lo menciona Vera y Quispe (2023), donde los resultados se muestran en el mapa de dispersión de PM10 del sector ladrillero, donde se identificó que la concentración de PM 10 es de 133.12 µg/m^3 siendo el punto que sobrepasa los ECA para aire. Por tal en comparaciones las actividades industriales que tienen plantas tienen un efecto en la calidad del aire, pero este no es significativo y de gravedad en la ciudad de Pucallpa, en estas tres plantas no se puede indicar explícitamente que afectan en gran manera negativamente ya que ninguna sobrepasa los límites del ECA para PM10 y Pm 2.5.

4.1.2. Concentración de Dióxido de azufre (SO2), Monóxido de Carbono (CO) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.

Figura 9

Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.



En la Figura 8, Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan, siendo la concentración de CO en la Planta Concretara BARSEIJ a Barlovento de 330 ug/m3 y a Sotavento de 300 ug/m3 cumpliendo con

el ECA Aire, seguido por la concentración de CO en la Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza a Barlovento de 3100 ug/m3 y a Sotavento de 2200 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire y la concentración de CO en la Planta Cervecera San Juan a Barlovento de 500 ug/m3 y a Sotavento de 1820 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire.

Tabla 16

Análisis de Varianza de las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) de en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.

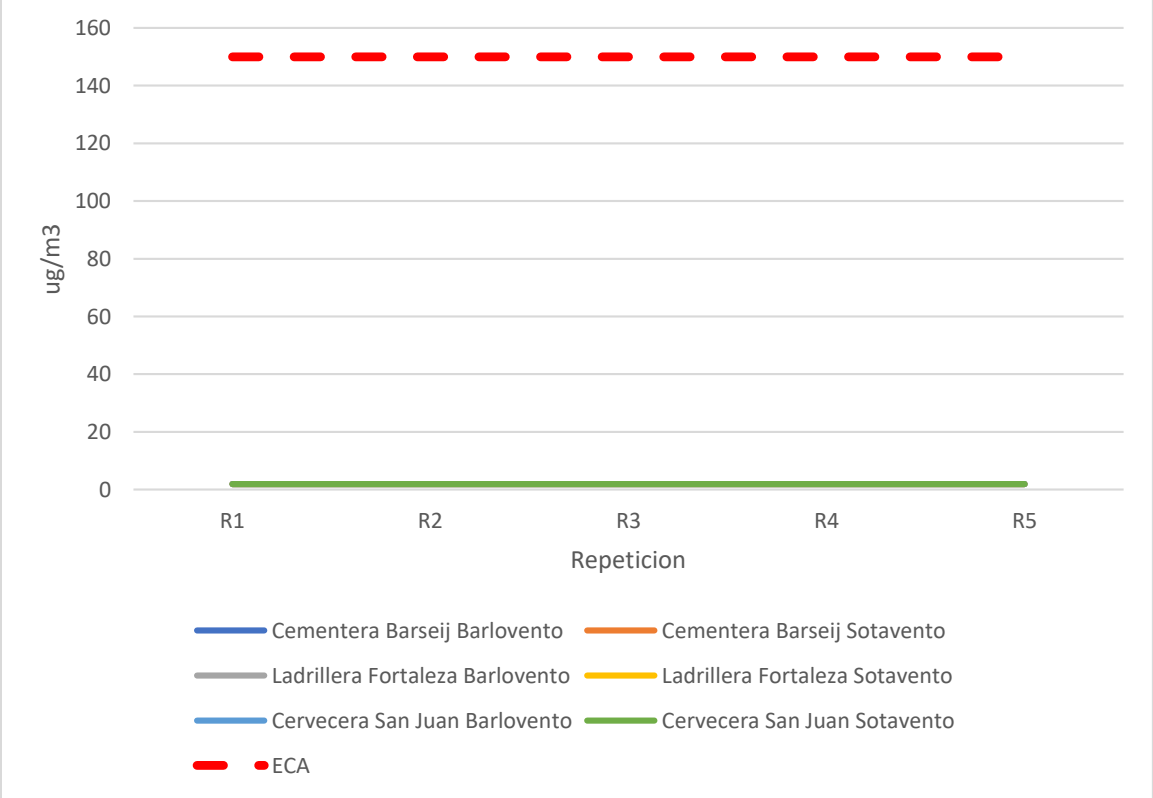
Parámetro	Valor P
Planta Concretara BARSEIJ / Barlovento CO vs. Sotavento CO	0.347
Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza / Barlovento CO vs. Sotavento CO	0.231
Planta Cervecera San Juan / Barlovento CO vs. Sotavento CO	0.002

En la tabla 16 , se aprecia el Análisis de Varianza de las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) se presenta los siguientes resultados, en el caso de Planta Concretara BARSEIJ se aprecia un valor “P” de 0.347 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de Monóxido de Carbono (CO) a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre sí, en el caso de Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza se aprecia un valor “P” de 0.231 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de Monóxido de Carbono (CO) a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre

sí y en el caso de Planta Cervecera San Juan se aprecia un valor “P” de 0.002 menor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de Monóxido de Carbono (CO) a Barlovento y Sotavento tienen una diferencia significativa entre sí.

Figura 10

Concentración de Sulfuro de Hidrogeno (H2S) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.



En la Figura 9, Concentración de Sulfuro de Hidrogeno (H2S) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan., siendo la concentración de H2S en la Planta Concretara BARSEIJ a Barlovento de <1.9 ug/m3 y a Sotavento de <1.9 ug/m3

cumpliendo con el ECA Aire, seguido por la concentración de H2S en la Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza a Barlovento de <1.9 ug/m3 y a Sotavento de <1.9 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire y la concentración de H2S en la Planta Cervecera San Juan a Barlovento de <1.9 ug/m3 y a Sotavento de <1.9 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire.

Tabla 17

Análisis de Varianza de las concentraciones de Sulfuro de Hidrogeno (H2S) de en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.

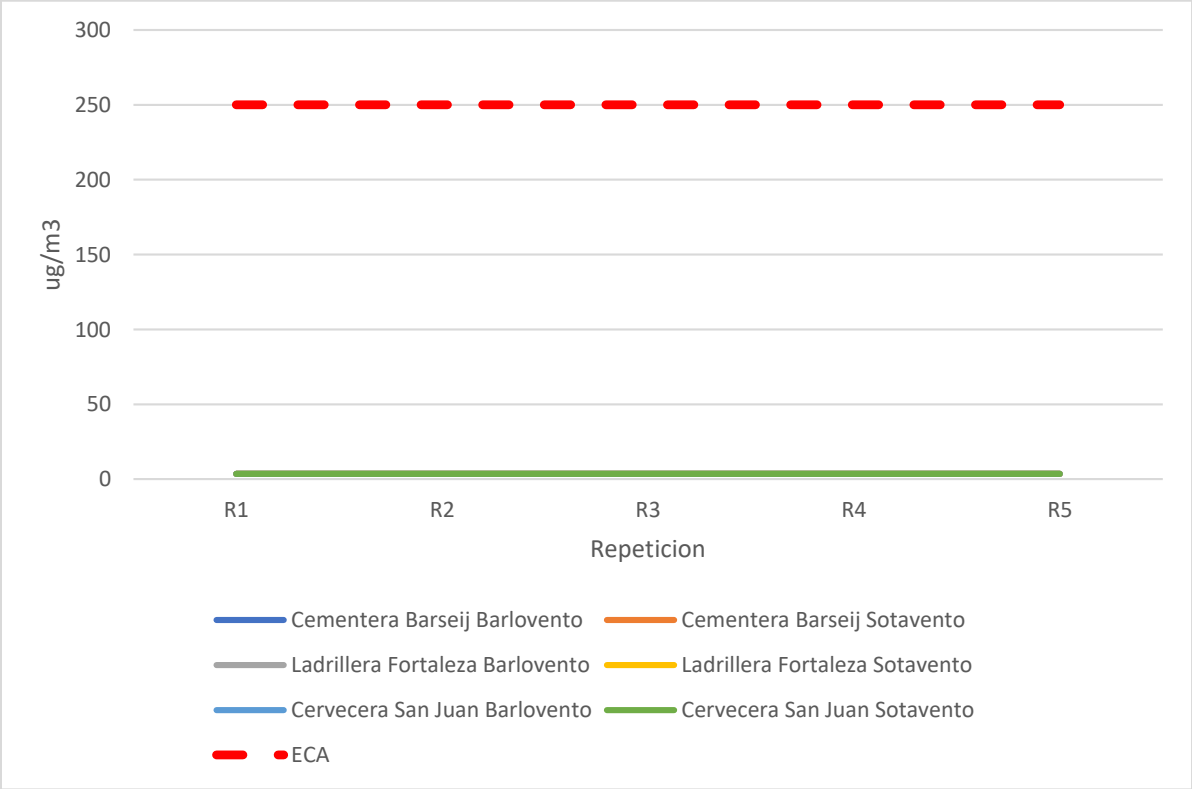
Parámetro	Valor P
Planta Concretara BARSEIJ / Barlovento H2S vs. Sotavento H2S	0.999
Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza / Barlovento H2S vs. Sotavento H2S	0.999
Planta Cervecera San Juan / Barlovento H2S vs. Sotavento H2S	0.999

En la tabla 17 , se aprecia el Análisis de Varianza de las concentraciones de Sulfuro de Hidrogeno (H2S) se presenta los siguientes resultados, en el caso de Planta Concretara BARSEIJ se aprecia un valor “P” de 0.999 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de Sulfuro de Hidrogeno (H2S) a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre sí, en el caso de Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza se aprecia un valor “P” de 0.999 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de Sulfuro de Hidrogeno (H2S) a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre sí y en el caso de Planta Cervecera San Juan se aprecia un valor “P” de 0.999

mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de Sulfuro de Hidrogeno (H2S) a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre sí.

Figura 11

Concentración de Dióxido de Azufre (SO2) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.



En la Figura 10, Concentración de Dióxido de Azufre (SO2) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan., siendo la concentración de SO2 en la Planta Concretara BARSEIJ a Barlovento de <3.6 ug/m3 y a Sotavento de <3.6 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire, seguido por la concentración de SO2 en la Planta

ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza a Barlovento de <3.6 ug/m3 y a Sotavento de <3.6 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire y la concentración de SO2 en la Planta Cervecera San Juan a Barlovento de <3.6 ug/m3 y a Sotavento de <3.6 ug/m3 cumpliendo con el ECA Aire.

Tabla 18

Análisis de Varianza de las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO2) de en la Planta Concretara BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.

Parámetro	Valor P
Planta Concretara BARSEIJ / Barlovento SO2 vs. Sotavento SO2	0.999
Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza / Barlovento SO2 vs. Sotavento SO2	0.999
Planta Cervecera San Juan / Barlovento SO2 vs. Sotavento SO2	0.999

En la tabla 18 , se aprecia el Análisis de Varianza de las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO2) se presenta los siguientes resultados, en el caso de Planta Concretara BARSEIJ se aprecia un valor “P” de 0.999 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de Dióxido de Azufre (SO2) a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre sí, en el caso de Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza se aprecia un valor “P” de 0.999 mayor a 0.05 lo cual indica que las medias de concentración de Dióxido de Azufre (SO2) a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre sí y en el caso de Planta Cervecera San Juan se aprecia un valor “P” de 0.999 mayor a

0.05 lo cual indica que las medias de concentración de Dióxido de Azufre (SO2) a Barlovento y Sotavento no tienen una diferencia significativa entre sí.

Como se aprecia los niveles de los gases de CO varían respectivamente el lugar y niveles por debajo del ECA, comparado con otros estudios como el de Grattelli (2022), donde los resultados indican que la concentración de monóxido de carbono (CO) es de 8290.9 µg/m3 para la empresa “Fortaleza” y de 5731.2 µg/m3 para la empresa “Júpiter”, concluyendo que no existe contaminación por este parámetro. Así mismo el estudio de Vásquez (2021), evaluó la calidad del aire en la Cervecería San Juan, obteniendo niveles de CO a barlovento de 744 ug/m3 y 607 ug/m3 a sotavento, los cuales cumplen con el ECA Aire. Así mismo el estudio de Gomez y González (2020), Determinación de la concentración de monóxido de carbono (CO) del parque automotor de las ciudades de Pucallpa y Aguaytía, donde la concentración encontrada de monóxido de carbono en la ciudad Pucallpa se promedia en 6 822.13 µg/m3, ya que esta evaluación se realizó en las principales vías. Como se puede apreciar en la comparativas con otros estudios, los niveles de CO en la calidad del aire cumple con las normativas a igual que en el presente estudio, pero la concentraciones de CO varia según la zona y actividad ya que este se vee influenciados por las condiciones del entorno.

Así mismo los niveles de los gases de H2S y SO2 presentan niveles por debajo del ECA y con concentraciones muy bajas, comparados con otras investigaciones presentan una relación, así como el estudio de Córdova y otros (2021), indica que los gases SO_2 y H_2S son inferiores a los normados en las Normas Nacionales de Calidad y con concentraciones menores a 10 ug/m3 y 20 ug/m3

respectivamente en las ciudades de ICA que evaluaron las emisiones de la ciudad. Así mismo el estudio de Corral (2017), en la ciudad de El Cajas presenta nivles de SO2 inferiores a 3 ug/m3. Así mismo el estudio de Vásquez (2021), evaluó la calidad del aire en la Cervecería San Juan, obteniendo niveles de SO2 a barlovento de menor a 1.9 ug/m3 y menor a 1.9 ug/m3 a sotavento, los cuales cumplen con el ECA Aire. También un estudio realizado por OEFA (2016), evaluo la calidad del aire en las inmediaciones de la empresa Unión de Concreteras S.A. (UNICON), donde los niveles de SO2 fueron menores a 13.68 ug/m3, los niveles promedio de CO 10 535 ug/m3 superando el ECA. Otro estudio realizado por Valverde (2015), donde evaluaron los contaminantes emanados por las empresas MEPSA, Concretera UNICON y Papelera GLORIA, donde los niveles de SO2 son menores a 20 ug/m3, el H2S menor a 0.0001 ug/m3 y CO en promedio de 1758 ug/m3 estos resultados cumplen con los ECAS. Como se puede apreciar en la comparativas con otros estudios, los niveles de los gases de SO2 y H2S en la calidad del aire cumple con las normativas a igual que en el presente estudio.

4.1.3. Calidad del aire en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.

Tabla 19

Calidad de Aire en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ

Parámetro	Barlovento		Sotavento		Promedio	
PM10	44	Bueno	42	Bueno	42	Bueno
PM2.5	85	Moderada	80	Moderada	83	Moderada
CO	3	Bueno	3	Bueno	3	Bueno
H2S	1	Bueno	1	Bueno	1	Bueno
SO2	18	Bueno	18	Bueno	18	Bueno
				General	29.4	Bueno

En la tabla 19, se aprecia la Calidad de Aires en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ, se obtuvo una Calidad del Aire promedio de bueno con una puntuación de 29.4, la calidad del aire a barlovento y sotavento también presentan una calidad del aire buena. El parámetro de PM 2.5 a barlovento y sotavento presentan una calidad del aire moderado, aunque esta no supera los ECA Aire para PM 2.5.

Tabla 20

Análisis de Varianza de la Calidad del Aire en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ubicación	1	2.172	2.172	0.15	0.711
Error	8	117.844	14.731		
Total	9	120.016			

En la tabla 20, se aprecia el Análisis de Varianza de la Calidad del Aire en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ, como se aprecia en análisis arrojo que un valor “p” de 0.711 el cual es mayor a 0.05, indicando que todas las medias son iguales y no existe diferencia significativa entre las medias del Índice de Calidad de Aire a Barlovento y Sotavento.

Tabla 21

Calidad de Aires en el ámbito de influencia de la Planta Ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza

Parámetro	Barlovento		Sotavento		Promedio	
PM10	46	Bueno	60	Moderada	53	Moderada
PM2.5	106	Mala	139	Mala	123	Mala
CO	31	Bueno	22	Bueno	27	Bueno
H2S	1	Bueno	1	Bueno	1	Bueno
SO2	18	Bueno	18	Bueno	18	Bueno
				General	44	Bueno

En la tabla 21, se aprecia la Calidad de Aires en el ámbito de influencia de la Planta Ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza, se obtuvo un Calidad del Aire promedio de bueno con una puntuación de 44, la calidad del aire a barlovento y sotavento también presentan una calidad del aire buena. El parámetro de PM 2.5 a barlovento y sotavento presentan una calidad del aire Mala, aunque esta no supera los ECA Aire para PM 2.5, esta se ve afectada por otras actividades en su entorno, como es la producción de carbón vegetal y la presencia de empresas de aserrío de madera, generando con gran probabilidad los altos niveles de Material Particulado y Monóxido de Carbono.

Tabla 22

Análisis de Varianza de la Calidad del Aire en el ámbito de influencia de la Planta Ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ubicación	1	824.7	824.71	11.80	0.009
Error	8	559.3	69.91		
Total	9	1384.0			

En la tabla 22, se aprecia el Análisis de Varianza de la Calidad del Aire en el ámbito de influencia de la Planta Ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza, como se aprecia en análisis arrojo que un valor “p” de 0.009 el cual es menor a 0.05, indicando que todas las medias no son iguales y existiendo diferencia significativa entre las medias del Índice de Calidad de Aire a Barlovento y Sotavento.

Tabla 23

Calidad de Aire en el ámbito de influencia de la Planta Cervecera San Juan.

Parámetro	Barlovento		Sotavento		Promedio	
PM10	52	Moderada	42	Bueno	47	Bueno
PM2.5	112	Mala	117	Mala	115	Mala
CO	5	Bueno	18	Bueno	12	Bueno
H2S	1	Bueno	1	Bueno	1	Bueno
SO2	18	Bueno	18	Bueno	18	Bueno
				General	38.6	Bueno

En la tabla 23, se aprecia la Calidad de Aires en el ámbito de influencia de la Planta Cervecera San Juan, se obtuvo un Calidad del Aire promedio de bueno con una puntuación de 38.6, la calidad del aire a barlovento y sotavento también presentan una calidad del aire buena. El parámetro de PM 2.5 a barlovento y sotavento presentan una calidad del aire Mala, aunque esta no supera los ECA Aire para PM 2.5, esta se ve afectada por otras actividades en su entorno, como es la producción de carbón vegetal y la presencia de empresas de aserrío de madera, generando con gran probabilidad los altos niveles de Material Particulado y Monóxido de Carbono. Con respecto a la calidad de aire se ve más afectada a barlovento ya que está más cerca de estas actividades, a diferencia de Sotavento solo se ve afectada por el tráfico vehicular.

Tabla 24

Análisis de Varianza de la Calidad del Aire en el ámbito de influencia de la Planta Cervecera San Juan

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ubicación	1	8.962	8.962	0.26	0.624
Error	8	275.512	34.439		
Total	9	284.474			

En la tabla 24, se aprecia el Análisis de Varianza de la Calidad del Aire en el ámbito de influencia de la Planta Cervecera San Juan, como se aprecia en análisis arrojo que un valor “p” de 0.624 el cual es mayor a 0.05, indicando que todas las medias son iguales y no existiendo diferencia significativa entre las medias del Índice de Calidad de Aire a Barlovento y Sotavento.

Estudios similares evaluaron fuentes puntuales de actividades productivas, como el de Dalens y Macedo (2022), revaluaron la calidad del aire generado por la industria ladrillera en Cusco, determinando que el estado de calidad del aire en la ladrillera de San Jerónimo es moderado. Pero en general el Índice de calidad del Aire en otras ciudades, con alta densidad poblacional como Lima, como menciona Delgado y Aguirre (2020), donde los distritos con mayor contaminación atmosférica de Lima Metropolitana para el año 2017 es Ate Vitarte con una calidad muy mala y el menos contaminado, el distrito de San Martín de Porres con una calidad muy buena.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las concentraciones de Material Particulado (PM10) y Material Particulado (PM2,5) en la Planta Concretera BARSEIJ es 65 ug/m3 PM10 y 20.6 ug/m3 PM 2.5, en la Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza las concentraciones son 79.7 ug/m3 PM10 y 30.6 ug/m3 PM 2.5 y en Planta Cervecera San Juan las concentraciones son 70.4 ug/m3 PM10 y 28.6 ug/m3 PM 2.5
- Las concentraciones de Dióxido de azufre (SO_2), Monóxido de Carbono (CO) y Sulfuro de hidrogeno (H_2S) en la Planta Concretera BARSEIJ es de 315 ug/m3 CO, < 1.9 ug/m3 H2S y < 3.6 ug/m3 SO2, en la Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza las concentraciones es de 2650 ug/m3 CO, < 1.9 ug/m3 H2S y < 3.6 ug/m3 SO2y en Planta Cervecera San Juan las concentraciones son de 1350 ug/m3 CO, < 1.9 ug/m3 H2S y < 3.6 ug/m3 SO2.
- La calidad del aire en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ se califica con un 29.4 INCA como Buena, en el ámbito de influencia de la Planta ladrillera Ladrillos Fuertes se califica con un 44 INCA como Buena y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan se califica con un 38.6 INCA como Buena.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener el actual sistema de control de emisiones, que ha permitido registrar niveles bajos de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de azufre (SO2), Sulfuro de hidrógeno (H2S) asegurando su continuidad en el tiempo mediante revisiones técnicas periódicas.
- A pesar de los buenos resultados, se sugiere complementar el monitoreo con equipos más modernos o electrónicos, que mejoren la precisión de los registros y refuercen la confiabilidad de los datos obtenidos.
- Se recomienda continuar con buenas prácticas en los procesos de combustión de las empresas evaluadas, tales como el mantenimiento preventivo de maquinaria y la optimización del uso de combustibles.
- Como medida preventiva y de responsabilidad ambiental, se propone implementar cercos vivos o barreras vegetales alrededor de las instalaciones, con el fin de mejorar la calidad del aire en zonas residenciales cercanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS

Arciniégas Suárez, C. A. (2012). Diagnóstico y Control de Material Particulado: Partículas Suspendidas Totales y Fracción Respirable PM10. *Luna Azul*(34), 195-213. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742012000100012

ATSDR. (2016). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Obtenido de http://medbox.iiab.me/modules/en-cdc/www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts114.html

ATSDR. (2016). *Sulfuro de hidrógeno.* Atlanta: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts114.pdf

Campos, D. (21 de Julio de 2024). *https://www.meteored.cl*. Obtenido de https://www.meteored.cl/noticias/ciencia/a-que-nos-referimos-cuando-hablamos-de-barlovento-y-sotavento-en-meteorologia.html

Canales Rodríguez, M. Á., Quintero Núñez, M., Castro Romero, T. G., & García Cuento, R. O. (2014). Las Partículas Respirables PM10 y su Composición Química en la Zona Urbana y Rural de Mexicali, Baja California en México. *Información Tecnológica, 25*(6), 13-22. doi:10.4067/S0718-07642014000600003

Chávez Cabello, B. M., Chavez Cabello, R. E., & Gonzales Llontop, R. (21 de 12 de 2019). Actividades antropogénicas como fuentes emisoras de contaminación atmosférica. Influencia en la calidad del aire en Pucallpa, Perú. *Revistas y Humanidades de la Universidad del Zulia, 35*(90), 213-238. Obtenido de https://produccioncientificaluz.org/index.php/opcion/article/view/30463

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (17 de Noviembre de 2018). *Gobierno de México*. Recuperado el 16 de Agosto de 2024, de https://www.gob.mx/conanp/articulos/el-aire-elemento-de-vida-en-la-tierra

Córdova Mendoza, P., Barrios Mendoza, T., & Córdova Barrios, I. (2021). Primera caracterización de emisiones contaminantes y la calidad del aire en Ica, Perú. *Revista Cubana de Química, 33*(1), 138-152. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212021000100138&script=sci_arttext

Corral Corral , J. G. (2017). *Monitoreo y análisis de la calidad del aire en la vía CUENCA - SAYAUSÍ - EL CAJAS.* Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13322

Cuesta, A., Gonzalez, C., Velasco, M., & Aristizabal, B. (2018). DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CONCENTRACIONES DE SO2, NOX Y O3 EN EL AIRE AMBIENTE DE MANIZALES. *Revista internacional de contaminación ambiental, 34*(3), 489-504. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992018000300489&script=sci_abstract&tlng=pt

Dalens Rojas, Z., & Macedo Gallegos, T. (2022). *Evaluación de la calidad del aire por emisiones de CO, PM2.5, PM10 generado por la industria ladrillera en Cusco.* Cusco: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/99877

Defensoría del Pueblo. (2005). *La calidad del aire en Lima y su impacto en la salud y la vida de sus habitantes.* Lima: Defensoría del Pueblo. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/465.pdf

Delgado Villanueva, A., & Aguirre Loayza, A. (2020). Modelamiento y evaluación del nivel de calidad del aire mediante el análisis de grey clustering, estudio de caso Lima metropolitana. *TECNIA*, 114–120. Obtenido de https://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/588

Durán León, Y., & Mantilla Escobar, S. D. (2018). *Estimación de emisiones de carbono negro en el material particulado fino pm2.5 en la industria ladrillera de los Departamentos Norte de Santander y Santander.* Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/5179

Eastcott, J., & Momatiuk, Y. (05 de Septiembre de 2011). *https://www.nationalgeographic.es*. Obtenido de https://www.nationalgeographic.es/ciencia/la-meteorologia

EPA. (02 de Octubre de 2024). *https://espanol.epa*. Obtenido de https://espanol.epa.gov/cai/acerca-de-los-contaminantes-del-aire-en-interiores-y-sus-fuentes

Gaitán, M., & Behrentz, E. (2009). *Evaluación del estado de la calidad del aire en Bogotá.* Bogotá: Universidad de Los Andes. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/b27d165e-d6ae-401a-bd59-fc6ae913834a/content

Giraldo Lescano, M. M. (2022). *La actividad industrial y su impacto en el territorio: una aproximación a partir del caso limeño.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/21340

Gomez Castañeda, A. S., & Gonzalez Yjuma, H. M. (2020). *Determinación de la concentración de Monóxido de Carbono (CO) del parque automotor de las ciudades de Pucallpa y Aguaytía.* Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4274

Grattelli Michelena, S. (2022). *Cuantificación de emisiones de monóxido de carbono (CO), material particulado (PM10) y ruido asociado al sistema productivo de dos empresas ladrilleras de Pucallpa.* Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.unu.edu.pe/

bitstream/handle/UNU/5939/B12_2022_UNU_AMBIENTAL_T_2022_SCARLETH_GRATTELLI_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Green, J., & Sánchez, S. (2012). *La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica.* Clean Air Institute. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/4283.pdf

Guevara Reátegui, J. R. (2017). *Índice de la calidad de aire en el Distrito de Morales debido a la presencia de material particulado 2.5 microgramos.* San Martín: Universidad Peruana Unión. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU_c9b06397385e5dfee3d58beb931b182e/Description#tabnav

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación.* México: Mexicana. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf

Incinerox. (23 de Diciembre de 2023). *https://incinerox.com.ec*. Obtenido de https://incinerox.com.ec/comprendiendo-los-gases-contaminantes-y-su-impacto-ambiental/

INEI. (2016). *Calidad del aire.* Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1442/cap08.pdf

INSHT. (2014). *Dióxido de azufre.* Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.insst.es/documents/94886/289651/DLEP+86+DIOXIDO+DE+AZUFRE.pdf/d339b938-aa66-4f09-a056-39c2866676af

Instituto para la Salud Geoambiental. (2013). Obtenido de https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-azufre-so2/

Jiménez Muñoz, X. A. (2011). *Caracterización de la calidad del aire en el sector industrial y propuesta de herramientas de medida.* España: Universidad Politécnica de Catalunya. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/41804397.pdf

Licla Tomayro, L. R. (2021). Evaluación de la Calidad de Aire en el Proyecto de Explotación Cantera Camucha, distrito de Morococha, provincia de Yauli, Junín. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas, 24*(48), 245-251. Obtenido de https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/21777

Martinez, J., Sanchez, M., Orozco, M., & Figueroa, A. (2022). Contaminación del aire y percepción de riesgos a la salud por exposición al humo de ladrilleras

en una colonia en Tonalá, Jalisco, México. *Pädi, 10*(19), 99-107. Obtenido de https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/download/8691/9114

MINAM. (2009). *Política Nacional del Ambiente.* Lima: Ministerio del Ambiente. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Pol%C3%ADtica-Nacional-del-Ambiente.pdf

MINAM. (2016). *Índice de Calidad de Aire.* Lima: Ministerio del Ambiente. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-181-2016-MINAM.pdf

MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.* Lima: Diario El Peruano. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Proyecto-de-DS-ECA-AIRE.pdf

MINAM. (2019). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.* Lima: Ministerio del Ambiente. Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-protocolo-nacional-monitoreo-calidad

Mosqueda Hoyos, E. M. (2015). *Calidad del aire y de los efectos en la salud por pm10, en un tramo de la av. Túpac Amaru, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo- Ucayali - 2015.* Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali.

Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNU_b27d5c5cc4428096bddcaa5ca5524fa0/Details

OEFA. (2016). *Informe del monitoreo ambiental de calidad de aire en las inmediaciones de la empresa Unión de Concreteras S.A. (UNICON).* Lima: Ministerio del Ambiente. Obtenido de https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/508

OMS. (2021). *Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire.* Organización Mundial de la Salud. Obtenido de https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ordóñez Aquino, C., & Sánchez Ccoyllo, O. (2018). Caracterización química - morfológica del PM2,5 en Lima metropolitana mediante microscopía electrónica de barrido (MEB). *Acta Nova, 8*(3), 397-420. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000100008

Quijano Parra, A., Quijano Vargas, M. J., & Henao Martínez, J. A. (2010). Caracterización fisicoquímica del material particuladofracción respirable PM2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, 8*(1), 1-20. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/903/90315226007.pdf

Quito, J. (2023). *ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AIRE EN LOS SECTORES DE INFLUENCIA DIRECTA DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES DE LA PARROQUIA SININCAY, CANTÓN CUENCA, ECUADOR.* CUENCA - ECUADOR: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA. Obtenido de https://dspace.ucacue.edu.ec/items/cfa4fc79-9951-4637-8286-85dcad56d1e0

Raherison Semjen, C. (2020). Contaminación atmosférica y medioambiental y patología respiratoria. *EMC-Tratado de Medicina, 24*(3), 1-9. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1636541020440243

Reátegui Ramos, P. K., Esteban Robladillo, I., Pari Quispe, D., Zeña Rubio, J. P., Caruzo Sangama, P. C., & Bernal Apaestegui, S. (2021). Niveles de Monóxido de Carbono causado por la festividad de “San Juan” en la ciudad de Pucallpa 2021. *Investigación Universitaria UNU, 11*(2), 615–629. Obtenido de http://revistas.unu.edu.pe/index.php/iu/article/view/67

Tarazona, P. (2018). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE POR EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO (PM10) EN LA VEREDA MOCHUELO-ALTO BOGOTÁ D.C.* Bogotá: Universidad El Bosque. Obtenido de https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/da795dde-ded3-4493-942b-7bfa5036c21b/content

Téllez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, Á. (2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. *Revista de Salud Pública, 8*(1), 108-117. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42280110

Torres Muñoz, R. (2021). *Estándares de Calidad del Aire, Legislación Comparada.* Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32571/1/Estandares_de_Calidad_del_Aire._Legislacion_Comparada.pdf

Tuesta Torrejon, T. (2015). *Monitoreo y evaluación de la calidad ambiental del aire y ruido en principales ciudades de la región Ucayali.* Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4171

US EPA. (2021). *Monóxido de carbono.* Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://childrensenviro.uic.edu/wp-content/uploads/sites/812/2021/09/EPA-Carbon-Monoxide-Spanish-Monoxido-de-carbono-_-US-EPA.pdf

Valverde, J. (2015). Estudio de la calidad del aire afectada por la actividad industrial en la urb. Primavera - distrito de El Agustino. *Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), 18*(35), 115-119. Obtenido de https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/11848/10575/41246

Vásquez Quispe, H. A. (2021). *Evaluación de la calidad de aire y emisiones gaseosas en la empresa Cervecería San Juan S.A. Pucallpa - 2015.*

Pucallpa: Universidad Nacional del Callao. Obtenido de https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6060?show=full

Vera Marmanillo, V. I., & Quispe Chávez, E. H. (2023). Modelamiento de la dispersión de PM10 de las ladrilleras del distrito de San Jerónimo Cusco. *Revista Boliviana de Química, 40*(5), 11-20. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602023000500011&script=sci_arttext

Warthon, B., Miranda, I., Quispe Ccolque, I., Ponce, R., Ramos Salcedo, V., Zamalloa, A., . . . Warthon, J. (2023). Evaluación de la contaminación del aire por material particulado pm2.5 en la ciudad del cusco respecto de los índices de calidad del aire entre 2017 y 2018. *physics.soc-ph*, 15414. Obtenido de https://arxiv.org/abs/2305.15414

Zamoratgui Molina, A. (2016). *Determinación de la Concentración de Material Particulado Atmosférico (Pm2.5) en la Zona Ladrillera de la Comunidad de Yerbabuena; Gto.* México: Universidad de Guanajuato. Obtenido de http://www.repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/2479

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

<table>
<tr><th colspan="6">EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁMBITO DE INFLUENCIA DE TRES EMPRESAS INDUSTRIALES DE PUCALLPA – 2022</th></tr>
<tr><td>Problema</td><td>Objetivo</td><td>Hipótesis</td><td rowspan="2">Variable</td><td rowspan="2">Dimensión</td><td rowspan="2">Indicador</td></tr>
<tr><td>General</td><td>General</td><td>General</td></tr>
<tr><td>¿Cuál es la calidad del aire en el ámbito de influencia de las 3 empresas industriales de Pucallpa?</td><td>Evaluar la calidad del aire, en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ, Planta Ladrillera Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.</td><td>La calidad del aire en el ámbito de influencia de la Planta Concretera BARSEIJ, Planta Ladrillera Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan es buena.</td><td rowspan="4">Variable Independiente: Concentración de Material Particulado PM_{10} y $PM_{2,5}$ y de gases SO_2; H_2S y CO

Variable Dependiente: Calidad del aire</td><td>- PM_{10}
- $PM_{2,5}$
- SO_2
- H_2S
- CO</td><td>$\mu g/m^3$
$\mu g/m^3$
$\mu g/m^3$
$\mu g/m^3$</td></tr>
<tr><td>Especifico</td><td>Especifico</td><td>Especifico</td><td>- Buena
- Moderada
- Mala
- VUEC</td><td>0-50
51-100
101-150
151- mas</td></tr>
<tr><td>¿Cuál es la concentración de Material Particulado (PM_{10}), Material Particulado ($PM_{2,5}$) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan?</td><td>Determinar la concentración de Material Particulado (PM_{10}), Material Particulado ($PM_{2,5}$) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.</td><td>La concentración de Material Particulado (PM_{10}), Material Particulado ($PM_{2,5}$) en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan es buena.</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>¿Cuál es concentración de Dióxido de azufre (SO_2), Monóxido de Carbono (CO) y Sulfuro de hidrogeno (H_2S), en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan?</td><td>Determinar la concentración de Dióxido de azufre (SO_2), Monóxido de Carbono (CO) y Sulfuro de hidrogeno (H_2S), en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan.</td><td>La concentración de Dióxido de azufre (SO_2), Monóxido de Carbono (CO) y Sulfuro de hidrogeno (H_2S), en la Planta Concretera BARSEIJ, Planta ladrillera Ladrillos Fuertes y Durables Fortaleza y Planta Cervecera San Juan es buena.</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Anexo 2: Panel Fotografico

Figura 12

Monitoreo a Barlovento Cervecera San Juan



Figura 13

Monitoreo a Sotavento Cervecera San Juan



Figura 14

Monitoreo a Barlovento de la Concretera BARSEIJ



Figura 15

Monitoreo a Sotavento de la Concretera BARSEIJ



Figura 16

Monitoreo a Barlovento de la Ladrillera Fortaleza



Figura 17

Monitoreo a Sotavento de la Ladrillera Fortaleza



Figura 18

Verificación del filtro para Material Particulado



Figura 19

Instalación del filtro para Material Particulado



Figura 20

Verificación de soluciones muestreadoras para gases



Figura 21

Llenado de soluciones muestradoras en Impinger



Figura 22

Calibración de caudales de muestreo de gases

