

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Evaluación de la concentración de gases H₂S, SO₂, CH₄ y NO₂ emitidos a la atmósfera por materia en descomposición en los canales pluviales de la ciudad de Huánuco – 2025”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL

AUTORA: Caldas Nieto, Araceli Samantha

ASESOR: Bonifacio Munguía, Jonathan Oscar

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)****CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería Ambiental**Disciplina:** Ingeniería Ambiental y Geológica**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71523257

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 46378040

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-3013-8532

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Tarazona Miraval, Herman Atilio	Magister en salud pública y gestión sanitaria gestión y planeamiento educativo	22411008	0000-0001-5319-4708
2	Vasquez Baca, Yasser	Título con carácter provisional del título universitario oficial de máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental	42108318	0000-0002-7136-697X
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofia	Maestro en ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 20 del mes de noviembre del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal (Presidente)
- Mg. Yasser Vasquez Baca (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2460-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **“Evaluación de la concentración de gases H2S, SO2, CH4 y NO2 emitidos a la atmósfera por materia en descomposición en los canales pluviales de la ciudad de Huánuco - 2025”**, presentado por el (la) Bach. **CALDAS NIETO, ARACELI SAMANTHA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO**... Por **UNANIMIDAD**... con el calificativo cuantitativo de **15**.... y cualitativo de **BUENO**..... (Art. 47)

Siendo las **18:00** horas del día **20**....del mes de **NOVIEMBRE**....del año **2025**...., los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Mg. Herman Atilio Tarazona Mirabal
DNI: 22411008
ORCID: 0000-0001-5319-4708
Presidente



Mg. Yasser Vasquez Baca
DNI: 42108318
ORCID: 0000-0002-7136-697X
Secretario



Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel
DNI: 43616954
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ARACELI SAMANTHA CALDAS NIETO, de la investigación titulada "EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE GASES H₂S, SO₂, CH₄ Y NO₂ EMITIDOS A LA ATMOSFERA POR MATERIA EN DESCOMPOSICIÓN EN LOS CANALES PLUVIALES DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO - 2025", con asesor(a) JONATHAN OSCAR BONIFACIO MUNGUÍA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0677-2025-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 21 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 22 de octubre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

Jr. Hermilio Valdizán N° 871 - Jr. Progreso N° 650 - Teléfonos: (062) 511-113
Telefax: (062) 513-154
Huánuco - Perú

122. Caldas Nieto, Araceli Samantha.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

- | | | |
|---|--|-----------|
| 1 | repository.unas.edu.pe | 2% |
| | Fuente de Internet | |
| 2 | Naveena S. Veeranagaiah, Biplob Borah, Sunder N. Dhuri, Raghavaiah pallepogu, L. Raju Chowhan. "Design, Synthesis, Structural Analysis, and DFT Calculation Insights into The Molecular Architecture of Amino Substituted 4H-Chromene Scaffolds", Journal of Molecular Structure, 2024 | 2% |
| | Publicación | |
| 3 | conectateamiblogvida.blogspot.com | 1% |
| | Fuente de Internet | |



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Con profundo cariño y gratitud, dedico este trabajo a mis padres, quienes con su esfuerzo, amor incondicional y sacrificio constante hicieron posible cada paso de mi formación profesional. A ellos, que me enseñaron a luchar con perseverancia y nunca rendirme frente a las dificultades, les debo este logro.

Dedico también esta meta alcanzada a mis hermanos y seres queridos, quienes me brindaron apoyo moral en los momentos más difíciles y compartieron conmigo la esperanza de culminar con éxito esta etapa.

Finalmente, dedico esta investigación a Dios, fuente de fortaleza y sabiduría, por permitirme llegar hasta aquí y abrirme el camino hacia nuevos retos en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por darme la vida, salud y la fortaleza necesaria para culminar con éxito este proyecto de investigación.

Mi sincero agradecimiento al Mg. Bonifacio Munguía, Jonathan Oscar, asesor de mi tesis, por su guía académica, orientación y paciencia durante el desarrollo de este trabajo, el cual fue clave para alcanzar los objetivos planteados.

De igual manera, expreso mi reconocimiento a la Universidad, a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, y a todos quienes contribuyeron en mi formación, compartiendo sus conocimientos y experiencias.

A mi familia, por su apoyo constante, sus palabras de aliento y confianza en mí. Sin su respaldo incondicional, este logro no hubiese sido posible.

Finalmente, agradezco a mis amigos y compañeros de estudios, por acompañarme en este camino académico y compartir conmigo momentos de esfuerzo, aprendizaje y amistad.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPITULO I	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	19
1.4.2. JUSTIFICACIÓN LEGAL	19
1.4.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	19
1.4.4. JUSTIFICACIÓN INVESTIGATIVA	20
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	21
CAPITULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	22
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES	26
2.2. BASES TEÓRICAS	28

2.2.1. COMPOSICIÓN PROMEDIO DE AGUAS PLUVIALES URBANAS SEGÚN ESTUDIOS INTERNACIONALES	29
2.2.2. NORMATIVA	30
2.2.3. MARCO CONSTITUCIONAL	31
2.2.4. CANAL PLUVIAL	31
2.2.5. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS CANALES PLUVIALES	32
2.2.6. ATMÓSFERA	33
2.2.7. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	34
2.2.8. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS.....	36
2.2.9. FUENTES CONTAMINANTES	36
2.2.10. GASES CONTAMINANTES.....	37
2.2.11. EFECTOS DE LOS GASES DE LA ATMÓSFERA EN EL CLIMA.....	39
2.2.12. EFECTOS NOCIVOS PARA LA SALUD	41
2.2.13. EMISIÓN DE GASES EN SISTEMAS DE DRENAJE URBANO	41
2.2.14. CALIDAD DEL AIRE URBANO	42
2.2.15. DETECTOR DE GASES	43
2.2.16. LÍMITE DE EXPOSICIÓN PERMISIBLE	45
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	46
2.4. HIPÓTESIS.....	48
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	48
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	48
2.5. VARIABLES	49
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	49
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	49
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	50
CAPITULO III.....	51
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION	51
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	51
3.1.1. ENFOQUE	51
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	51
3.1.3. DISEÑO.....	51

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	52
3.2.1. POBLACIÓN.....	52
3.2.2. MUESTRA	53
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	55
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	58
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ..	59
CAPITULO IV	60
RESULTADOS	60
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	60
4.1.1. CONCENTRACIÓN DE GASES EN LOS CANALES PLUVIALES DE HUÁNUCO	60
4.1.2. REGISTRO DE LA PRECIPITACIÓN EN CANALES PLUVIALES DURANTE EL MONITOREO	64
4.1.3. DIFERENCIAS DE CONCENTRACIONES DEL SULFURO DE HIDRÓGENO (H_2S), 5 METROS ANTES Y DESPUÉS DEL PUNTO DEL DRENAJE PLUVIAL	65
4.1.4. DIFERENCIAS DE CONCENTRACIONES DEL DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2), 5 METROS ANTES Y DESPUÉS DEL PUNTO DEL DRENAJE PLUVIAL.....	68
4.1.5. DIFERENCIAS DE CONCENTRACIONES METANO (CH_4), 5 METROS ANTES Y DESPUÉS DEL PUNTO DEL DRENAJE PLUVIAL	71
4.1.6. DIFERENCIAS DE CONCENTRACIONES DEL DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2), 5 METROS ANTES Y DESPUÉS DEL PUNTO DEL DRENAJE PLUVIAL	74
4.1.7. VARIACIÓN TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE GASES EN TRES HORARIOS DEL DRENAJE PLUVIAL EN HUÁNUCO.....	77
4.1.8. MAPA DE CALOR DE CONCENTRACIONES DE GASES SULFURO DE HIDRÓGENO (H_2S), DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2), METANO (CH_4) Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2) CON MAYOR INFLUENCIA.....	81
4.1.9. CONCENTRACIÓN EN PROMEDIOS DE LOS GASES H_2S ,	

SO ₂ , CH ₄ Y NO ₂ EN LOS DRENAJES PLUVIALES DE HUÁNUCO.....	84
4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS	87
CAPITULO V	91
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	91
5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	91
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES.....	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXOS	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición promedio de aguas pluviales urbanas	29
Tabla 2 Normativa legal aplicable sobre contaminantes gaseosos en canales pluviales	30
Tabla 3 Marco institucional relacionado con la gestión ambiental y recursos hídricos en Huánuco	31
Tabla 4 Límites de Exposición Permisible (LEP) para Gases Contaminantes	45
Tabla 5 Operacionalización de variables	50
Tabla 6 Ubicación de los puntos de drenaje pluvial en Huánuco	55
Tabla 7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	55
Tabla 8 Especificaciones Técnicas del Detector de gases múltiples ALTAIR 5X	57
Tabla 9 Especificaciones técnicas del detector de gases múltiples ALTAIR 5X	57
Tabla 10 Metodología e Información Técnica de Equipos	58
Tabla 11 Concentración de gases a las 6:00 a.m.	60
Tabla 12 Concentración de gases a las 12:00 p.m.	61
Tabla 13 Concentración de gases a las 6:00 p.m.	62
Tabla 14 Valores expresados en milímetros (mm) acumulados en tres horarios de muestreo (06:00, 12:00 y 18:00 h)	64
Tabla 15 Concentraciones de H ₂ S registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (6:00 a.m.)	65
Tabla 16 Concentraciones de H ₂ S registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (12:00 p.m.)	66
Tabla 17 Concentraciones de H ₂ S registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (6:00 p.m.)	67
Tabla 18 Concentraciones de SO ₂ registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (6:00 a.m.)	68
Tabla 19 Concentraciones de SO ₂ registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (12:00 p.m.)	69
Tabla 20 Concentraciones de SO ₂ registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (06:00 p.m.)	70

Tabla 21 Concentraciones de CH ₄ registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (06:00 a.m.)	71
Tabla 22 Concentraciones de CH ₄ registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (12:00 p.m.)	72
Tabla 23 Concentraciones de CH ₄ registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (06:00 p.m.)	73
Tabla 24 Concentraciones de NO ₂ registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (06:00 a.m.)	74
Tabla 25 Concentraciones de NO ₂ registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (12:00 p.m.)	75
Tabla 26 Concentraciones de NO ₂ registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (06:00 p.m.)	76
Tabla 27 Variación temporal del H ₂ S en los drenajes pluviales de Huánuco	77
Tabla 28 Variación temporal del SO ₂ en los drenajes pluviales de Huánuco	78
Tabla 29 Variación temporal del CH ₄ en los drenajes pluviales de Huánuco	79
Tabla 30 Variación temporal del NO ₂ en los drenajes pluviales de Huánuco	80
Tabla 31 Promedios horarios y rangos de concentración de gases medidos en los drenajes pluviales.....	84
Tabla 32 Prueba t de Student para muestras relacionadas del H ₂ S (µg/m ³) en los horarios de 06:00, 12:00 y 18:00 horas	87
Tabla 33 Prueba t de Student para muestras relacionadas del SO ₂ (µg/m ³) en los horarios de 06:00, 12:00 y 18:00 horas	88
Tabla 34 Prueba t de Student para muestras relacionadas del CH ₄ (µg/m ³) en los horarios de 06:00, 12:00 y 18:00 horas	89
Tabla 35 Prueba t de Student para muestras relacionadas del NO ₂ (µg/m ³) en los horarios de 06:00, 12:00 y 18:00 horas	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plano de red pluvial de la ciudad de Huánuco	28
Figura 2 Diseño no experimental del trabajo.....	52
Figura 3 Plano de red pluvial de la ciudad de Huánuco	53
Figura 4 Mapa de ubicación de los catorce puntos de Drenaje Pluvial	54
Figura 5 Detector de gases múltiples ALTAIR 5X	56
Figura 6 Distribución de gases a las 6:00 a.m.	60
Figura 7 Distribución de gases a las 12:00 p.m.	61
Figura 8 Distribución de gases a las 6:00 p.m.	62
Figura 9 Valores expresados en milímetros (mm) a las 06:00, 12:00 y 18:00 h	64
Figura 10 Comparación visual del H ₂ S a 5 metros antes y después en los drenajes pluviales	65
Figura 11 Comparación gráfica de H ₂ S a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje	66
Figura 12 Comparación gráfica de H ₂ S a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje	67
Figura 13 Comparación gráfica de SO ₂ a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje	68
Figura 14 Comparación gráfica de SO ₂ a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje	69
Figura 15 Comparación gráfica de SO ₂ a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje	70
Figura 16 Comparación gráfica de CH ₄ a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje	71
Figura 17 Comparación gráfica de CH ₄ a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje	72
Figura 18 Comparación gráfica de CH ₄ a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje	73
Figura 19 Comparación gráfica de NO ₂ a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje	74

Figura 20 Comparación gráfica de NO ₂ a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje	75
Figura 21 Comparación gráfica de NO ₂ a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje	76
Figura 22 Tendencia horaria del H ₂ S en los drenajes pluviales	77
Figura 23 Tendencia horaria del SO ₂ en los drenajes pluviales	78
Figura 24 Tendencia horaria del CH ₄ en los drenajes pluviales	79
Figura 25 Tendencia horaria del NO ₂ en los drenajes pluviales	80
Figura 26 Mapa de calor de Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S), Dióxido de azufre (SO ₂), Metano (CH ₄) y Dióxido de nitrógeno (NO ₂) registrados a las 06:00 a.m.	81
Figura 27 Mapa de calor de Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S), Dióxido de azufre (SO ₂), Metano (CH ₄) y Dióxido de nitrógeno (NO ₂) registrados a las 12:00 p.m.	82
Figura 28 Mapa de calor de Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S), Dióxido de azufre (SO ₂), Metano (CH ₄) y Dióxido de nitrógeno (NO ₂) registrados a las 06:00 p.m.	83
Figura 29 Tendencia horaria de la concentración de gases en los drenajes pluviales de Huánuco	84
Figura 30 Promedios horarios de concentración de H ₂ S (µg/m ³) comparados con el valor del ECA Aire.....	85
Figura 31 Promedios horarios de concentración de SO ₂ (µg/m ³) comparados con el valor del ECA Aire.....	85
Figura 32 Promedios horarios de concentración de NO ₂ (µg/m ³) comparados con el valor del ECA Aire.....	86
Figura 33 Promedios horarios de concentración de CH ₄ (µg/m ³) comparados con el valor del ECA Aire.....	86

RESUMEN

La presente investigación titulada: Evaluación de la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por materia en descomposición en los canales pluviales de la ciudad de Huánuco - 2025, tuvo como objetivo evaluar la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de la ciudad de Huánuco. La investigación fue de enfoque cuantitativo, de tipo no experimental, nivel relacional y diseño transversal, utilizando un detector multigas portátil para la medición directa de concentraciones, expresadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los resultados evidenciaron un patrón horario definido: valores bajos en la mañana (06:00 h), con promedios de 0.01 - 0.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, incrementos marcados al mediodía (12:00 h), alcanzando concentraciones de hasta 0.06 - 0.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y una reducción hacia la tarde (18:00 h), con valores que descendieron a 0.02 - 0.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los puntos DP-02, DP-04, DP-05, DP-06 y DP-07 registraron las concentraciones más altas, llegando en promedio a 0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para NO_2 y 0.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para H_2S , asociados a la cercanía de mercados y a la mayor acumulación de residuos sólidos. Asimismo, el análisis realizado a 5 metros antes y después de cada punto mostró una disminución en las concentraciones de entre 0.01 y 0.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, atribuida al transporte y dispersión de los gases a lo largo del flujo de los canales. En conclusión, las emisiones identificadas constituyen un foco crítico de contaminación que, aunque se diluyen aguas abajo, representan un riesgo potencial para la calidad ambiental y la salud de la población cercana, destacando la necesidad de medidas preventivas, monitoreo constante y gestión adecuada de residuos en la ciudad de Huánuco.

Palabras claves: Contaminación atmosférica, Gases pluviales, Materia orgánica, Dispersión de contaminantes, Monitoreo ambiental.

ABSTRACT

The present investigation entitled: Evaluation of the concentration of gases H₂S, SO₂, CH₄ and NO₂ emitted into the atmosphere by decomposing matter in the storm drains of the city of Huánuco - 2025, had the objective of evaluating the concentration of gases H₂S, SO₂, CH₄ and NO₂ emitted into the atmosphere by the storm drains of the city of Huánuco. The research was of a quantitative approach, non-experimental type, relational level and cross-sectional design, using a portable multigas detector for the direct measurement of concentrations, expressed in $\mu\text{g} / \text{m}^3$. The results showed a defined hourly pattern: low values in the morning (6:00 a.m.), with averages of 0.01 - 0.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, marked increases at noon (12:00 p.m.), reaching concentrations of up to 0.06 - 0.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and a reduction towards the afternoon (6:00 p.m.), with values dropping to 0.02 - 0.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Points DP-02, DP-04, DP-05, DP-06 and DP-07 recorded the highest concentrations, reaching an average of 0.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for NO₂ and 0.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for H₂S, associated with the proximity of markets and the greater accumulation of solid waste. Likewise, the analysis conducted 5 meters before and after each point showed a decrease in concentrations of between 0.01 and 0.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, attributed to the transport and dispersion of gases along the channel flow. In conclusion, the identified emissions constitute a critical source of pollution that, although diluted downstream, pose a potential risk to environmental quality and the health of the nearby population. This highlights the need for preventive measures, constant monitoring, and proper waste management in the city of Huánuco.

Keywords: Air pollution, Storm gases, Organic matter, Pollutant dispersion, Environmental monitoring.

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica constituye uno de los principales problemas ambientales en las ciudades en desarrollo, debido a la presencia de fuentes de emisión asociadas a actividades urbanas, industriales y a la gestión inadecuada de residuos. En la ciudad de Huánuco, el crecimiento poblacional, la insuficiente infraestructura de saneamiento y la acumulación de materia orgánica en canales pluviales han generado condiciones propicias para la liberación de gases nocivos hacia la atmósfera.

Los canales pluviales cumplen un rol fundamental en el drenaje de aguas de lluvia y residuos líquidos; sin embargo, la disposición inadecuada de desechos sólidos y orgánicos en su interior favorece la descomposición anaerobia de la materia orgánica. Este proceso libera gases como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), dióxido de azufre (SO_2), metano (CH_4) y dióxido de nitrógeno (NO_2), los cuales representan un riesgo tanto para la calidad ambiental como para la salud de la población expuesta. Diversos estudios han señalado que estas emisiones se ven influenciadas por factores como la temperatura, la ventilación atmosférica y la acumulación de residuos, condiciones que se presentan de manera evidente en los drenajes urbanos de Huánuco, especialmente en zonas cercanas a los mercados.

En este contexto, resulta necesario evaluar la concentración de gases emitidos por los canales pluviales y su variación en distintos horarios, con el fin de identificar zonas críticas y comprender la dinámica de dispersión en el ambiente urbano. Esta investigación busca aportar evidencia científica que contribuya a la gestión ambiental municipal, promoviendo medidas de control y prevención orientadas a reducir los impactos negativos sobre la calidad del aire y el bienestar de la población.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La polución del aire ocasionada por gases como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el dióxido de azufre (SO_2), el dióxido de nitrógeno (NO_2) y el metano (CH_4) constituye un grave reto ecológico a escala global. Estos elementos son frecuentemente liberados por fuentes tanto industriales como móviles, al igual que por sistemas de alcantarillado urbano y vías de drenaje que llevan aguas contaminadas por desechos domésticos, industriales y materia orgánica.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), cerca de 7 millones de individuos fallecen anualmente debido a la exposición a aire contaminado, siendo el NO_2 y el SO_2 algunos de los principales culpables de padecimientos respiratorios y cardiovasculares. El Health Effects Institute (2023) informó que el 99% de la población global inhala aire polucionado, especialmente en áreas urbanas donde las emisiones de sistemas de aguas residuales y canales abiertos no regulados también agravan la situación.

En zonas donde las lluvias transportan materia orgánica en descomposición y contaminantes químicos, se producen gases como el H_2S , que resulta tóxico incluso en concentraciones bajas, lo que repercute en la salud pública. La concentración de estos gases en sistemas de alcantarillado cerrado puede dar lugar a problemas de contaminación atmosférica, además de peligros de explosiones o asfixia. La detección de estos gases en drenajes pluviales indica una gestión deficiente de las aguas urbanas y los residuos, sobre todo en naciones en desarrollo. Su monitoreo es crucial para evitar efectos negativos en el medio ambiente y la salud, así como para desarrollar políticas de control urbanas más efectivas.

En Perú, la polución del aire y del agua en áreas urbanas ha emergido como una cuestión ambiental crucial, particularmente en ciudades de tamaño intermedio donde la gestión de los sistemas de drenaje de lluvia es

insuficiente. Varios análisis realizados por el Ministerio del Ambiente (MINAM) y por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) han señalado que numerosos conductos pluviales actúan también como receptáculos de aguas residuales domésticas, industriales y escorrentías repletas de desechos sólidos y líquidos.

Esta combinación de contaminantes crea entornos anaeróbicos en los canales, facilitando la liberación de gases nocivos como sulfuro de hidrógeno (H_2S) y monóxido de carbono (CO), así como dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2) cuando se encuentran residuos químicos o materia en putrefacción. Estos gases no solo perjudican la calidad del aire en las áreas urbanas, sino que también constituyen una amenaza directa para la salud de las personas que están expuestas.

De acuerdo con el MINAM, se han observado niveles de contaminantes del aire superior a los Límites Máximos Permitidos (LMP) en ciudades como Lima, Trujillo y Arequipa, particularmente en áreas adyacentes a desagües o canales abiertos. En el año 2022, la calidad del aire en 11 de las 24 regiones analizadas no alcanzó los criterios establecidos. A nivel nacional, faltan políticas concretas para la supervisión de gases en canales de lluvia, lo que pone de manifiesto una falta fundamental en la administración del medio ambiente urbano. La carencia de infraestructura adecuada y la utilización no regulada de los desagües pluviales como basureros agravan la emisión de gases contaminantes, especialmente durante la temporada de lluvias.

En la localidad de Huánuco, el incremento de vehículos, la expansión urbana desorganizada y la carencia de infraestructura apropiada para manejar las aguas pluviales han creado condiciones ambientales difíciles. Los canales pluviales, que tendrían que servir solo para drenar agua de lluvia, se están empleando incorrectamente como vertederos de desechos sólidos y aguas residuales domésticas, lo cual ocasiona la acumulación de compuestos químicos contaminantes y materia orgánica.

En particular en áreas donde hay estancamiento y el flujo de agua es escaso, esta circunstancia ha propiciado la producción y liberación de gases

dañinos como el dióxido de nitrógeno (NO_2), el dióxido de azufre (SO_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S) y el metano (CH_4) . Asimismo, cuando el medio es anaeróbico, la descomposición de materia orgánica genera H_2S . Este es un gas que tiene un olor fuerte y una toxicidad muy alta; incluso a concentraciones bajas puede tener efectos adversos para la salud humana.

Investigaciones iniciales llevadas a cabo por la Universidad Nacional Hermilio Valdizán junto con la Dirección Regional de Salud de Huánuco han detectado la existencia de olores desagradables y problemas respiratorios en las áreas cercanas a los canales ubicados en el Jr. Ayancocha, Jr. Leoncio Prado y la Av. Universitaria. No obstante, no se ha implementado un sistema de monitoreo continuo de la calidad del aire en estas localidades, lo cual constituye una grave falta en la administración ambiental en la región. La exposición prolongada a estos contaminantes, junto a la proximidad de viviendas, instituciones educativas y centros de salud, transforma esta situación en un peligro ambiental y de salud que exige atención técnica, vigilancia constante y medida de mitigación por parte de las autoridades locales y regionales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

P.G. ¿Cuál es la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de la ciudad de Huánuco–2025?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

P.E.1. ¿Cuál es la concentración de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 presentes en los distintos puntos de los canales pluviales de la ciudad de Huánuco?

P.E.2. ¿Qué variación existe en la concentración de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 entre los puntos ubicados, 5 metros antes y 5 metros

después del punto central de medición en los canales pluviales de Huánuco?

P.E.3. ¿Cómo varían las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 en los canales pluviales de Huánuco a lo largo del día, en los horarios de 6:00 a.m., 12:00 p.m. y 6:00 p.m.?

P.E.4. ¿Cuál es la distribución de zonas con mayor influencia de la concentración de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 en los diferentes puntos de los canales pluviales?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

O.G. Evaluar de la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de la ciudad de Huánuco– 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O.E.1. Determinar la concentración de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 presentes en los distintos puntos de los canales pluviales de la ciudad de Huánuco.

O.E.1. Comparar las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 entre los puntos ubicados, 5 metros antes y 5 metros después del punto central de medición en los canales pluviales de Huánuco.

O.E.1. Analizar la variación temporal en las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de Huánuco en tres horarios distintos del día (6:00 a.m., 12:00 p.m. y 6:00 p.m.).

O.E.1. Generar un mapa de calor de zonas con mayor influencia de las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La indagación se basa en teorías vinculadas a la polución atmosférica y la producción de gases originados por procesos biogeoquímicos en zonas urbanas. Se asume que los sistemas de drenaje pluvial, al recibir agua sucia y desechos orgánicos, pueden transformarse en emisores de gases como el H₂S, que resulta de la descomposición sin oxígeno. Además, la acumulación de compuestos procedentes del tráfico vehicular y actividades domésticas contribuye a la emisión de gases como SO₂ y NO₂. Esta investigación proporcionará nueva información científica sobre la producción de contaminantes gaseosos en espacios urbanos no tradicionales (sistemas de drenaje pluvial), lo que enriquecerá la base de conocimientos académicos en ciencias ambientales, salud pública y planificación urbana sostenible.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN LEGAL

La investigación se encuentra en conformidad con la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611), que defiende el derecho a habitar en un entorno sano, equilibrado y propicio para el desarrollo de la vida. Adicionalmente, se ajusta a lo especificado en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del aire y los Límites Máximos Permisibles (LMP) que ha definido el Ministerio del Ambiente (MINAM). El estudio también refuerza la urgencia de acatar el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (D. S. N° 001-2010-AG), que enfatiza la relevancia de proteger los cuerpos receptores de aguas residuales y escorrentías contaminadas.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La localidad de Huánuco muestra un desarrollo urbano rápido y una mala administración de las aguas de lluvia, lo que ha transformado sus

canales en fuentes de contaminación. Este escenario pone en riesgo a la población, especialmente a quienes residen en las cercanías de los canales, debido a la exposición a gases nocivos que impactan la salud respiratoria, provocando malestares, enfermedades e incluso problemas crónicos. La investigación tiene como objetivo crear conciencia sobre esta silenciosa problemática ambiental y ofrecer información técnica que permita a las autoridades municipales y regionales implementar estrategias de mitigación, beneficiando de forma directa a la comunidad de Huánuco.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN INVESTIGATIVA

A escala local y nacional, hay pocos estudios científicos que analicen la liberación de gases contaminantes a través de desagües pluviales en áreas urbanas, lo que representa una carencia significativa en la indagación ambiental. Este trabajo de investigación facilitará la creación de una base de datos contemporánea, que será valiosa para investigaciones subsiguientes, políticas públicas y métodos de supervisión ambiental. Asimismo, ayudará a expandir el conocimiento sobre la dinámica de los contaminantes gaseosos en entornos urbanos complicados, permitiendo la posibilidad de replicar la investigación en otras ciudades del país y de América Latina.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se enfocará únicamente en los canales pluviales urbanos más significativos de Huánuco, excluyendo áreas periféricas que igualmente podrían mostrar elevadas concentraciones de contaminación gaseosa.

La evaluación exacta de gases como H_2S , NO_2 o SO_2 demandará instrumentos especiales y onerosos, cuya accesibilidad puede ser restringida en las entidades locales de la ciudad.

La limitada información científica relacionada con las emisiones de gases contaminantes en los canales pluviales de Huánuco complicará la comparación y la verificación de los hallazgos obtenidos.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es factible en términos técnicos, operativos y logísticos. Huánuco dispone de sistemas de drenaje pluvial que son accesibles, claramente identificables y que permanecen visibles durante la mayor parte del año, lo que hará más sencilla la recolección de muestras directas.

Se intentará obtener la colaboración de la Municipalidad Provincial de Huánuco para facilitar los permisos, información previa y apoyo institucional durante la realización del trabajo de campo.

Desde una perspectiva económica, el estudio se llevará a cabo con un presupuesto razonable, optimizando la utilización de recursos, equipos móviles y software gratuito para el análisis de datos. De esta forma, se garantizará la viabilidad del estudio en términos de tiempo, costos y contexto, logrando así los objetivos establecidos para el año 2025.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

López (2020) En su investigación titulada: “Evaluación de la calidad del aire en sistemas de drenaje pluvial urbano”. El objetivo fue establecer la cantidad de gases contaminantes tales como dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre (SO_2) que se emiten desde los desagües pluviales de la ciudad de Barcelona y evaluar su influencia en la calidad del aire urbano. Se aplicó una metodología tanto cuantitativa como descriptiva. Se eligieron ocho puntos de muestreo ubicados en desagües pluviales que presentaban alta carga orgánica y cercanía a áreas con tráfico vehicular. Durante un periodo de tres meses (desde junio hasta agosto), se utilizaron sensores portátiles de tipo electroquímico para registrar las concentraciones de estos gases, correlacionándolos con las condiciones climáticas locales. Resultados: Se encontraron concentraciones medias de NO_2 en un rango de 40 a 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y de CO entre 2 y 4 ppm, siendo especialmente notables en lugares con acumulación de desechos. La concentración más alta se observó en horas con temperaturas elevadas, lo que favoreció la descomposición orgánica y la liberación de gases. Se llegó a la conclusión de que los sistemas de drenaje urbano pueden tener un impacto considerable en la contaminación del aire en la localidad. Se sugiere la implementación de sistemas de monitoreo continuo en los desagües pluviales y un mejor mantenimiento para mitigar los riesgos ambientales y la salud pública.

Ramírez (2021) En su investigación titulada: “Evaluación de la emisión de gases tóxicos en zonas de drenaje urbano de Ciudad de México”. El objetivo fue examinar la existencia y el comportamiento de gases contaminantes como el dióxido de azufre (SO_2), el dióxido de

nitrógeno (NO_2) y el sulfuro de hidrógeno (H_2S) en los canales de lluvia de la Ciudad de México que reciben descargas residuales. La metodología empleada se centró en una investigación con un enfoque descriptivo y de campo. Se eligieron cinco canales de drenaje urbano donde se llevó a cabo un monitoreo continuo durante un período de 30 días. Se dispusieron estaciones meteorológicas móviles y analizadores de gases portátiles, además de mapas georreferenciada a través de sistemas de información geográfica (SIG). Resultados: Se detectaron concentraciones de SO_2 de hasta $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y niveles estables de H_2S en áreas con acumulación de residuos sólidos. Las emisiones aumentaron durante las horas de mayor calor y en días sin precipitaciones. Los niveles de NO_2 también se mostraron elevados en las proximidades de vías muy transitadas. Conclusiones: Los canales pluviales urbanos mal administrados constituyen un importante punto de contaminación gaseosa. El estudio sugiere la implementación de políticas integrales para la limpieza, el monitoreo ambiental, la regulación de vertimientos y la concienciación ciudadana.

Santoso (2023) En su investigación titulada: "Medición de H_2S y CO en canales de drenaje urbano de Yakarta y su relación con la salud pública". El propósito fue analizar las tasas de emisión de sulfuro de hidrógeno (H_2S) y monóxido de carbono (CO) en los canales de desagüe urbano contaminado de Yakarta, así como sus posibles efectos en la salud de las poblaciones cercanas. Metodología: Se llevó a cabo un estudio aplicado con un enfoque analítico. Se identificaron diez puntos críticos de drenaje con un elevado contenido de residuos orgánicos y escasa ventilación. Para el monitoreo diario durante cuatro semanas, se utilizaron sensores portátiles electroquímicos. Al mismo tiempo, se aplicaron encuestas sobre síntomas respiratorios a 150 residentes cercanos. Resultados: Las concentraciones de H_2S superaron los 0. 07 ppm en espacios cerrados o poco ventilados, mientras que se registró CO en niveles que alcanzaron hasta 5 ppm. Se observó una correlación directa entre la proximidad al canal y la aparición de síntomas como dolor de cabeza, náuseas y congestión nasal. Conclusiones: Los canales

pluviales que funcionan como receptores de aguas residuales pueden liberar gases dañinos para la salud. Se sugiere establecer campañas de limpieza, sistemas de alerta y programas de educación ambiental en áreas en riesgo.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Quichua (2022) En su investigación titulada: “Niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S por el tránsito vehicular en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022”. El propósito fue analizar cómo los niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S generados por el tráfico vehicular afectan la calidad del aire en la Carretera Panamericana Sur 2, Ica, 2022. Material y Métodos, se realizó una investigación observacional, prospectiva y longitudinal, de carácter descriptivo y con un diseño experimental. Resultados, se llevaron a cabo mediciones en los puntos de control CA-1 y CA-2 utilizando el equipo Tren de Muestreo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2022. Se aplicó la prueba t de Student con un nivel de significancia de 0.05, tomando en cuenta 5 grados de libertad. Los resultados fueron los siguientes: Dióxido de Carbono (CO₂) con un valor tExperimental de (-13. 6821), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) con un valor tExperimental de (-53. 5422), Monóxido de Carbono (CO) con un valor tExperimental de (-35. 1194) y Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) con un valor tExperimental de (-172. 1826), mientras que el valor tCrítico fue de (-2. 0150). Por lo tanto, se aceptó la hipótesis alterna. Discusión, los hallazgos mostraron que en horarios pico y tramos con mayor densidad de tráfico se observaron concentraciones más altas de contaminantes, lo que sugiere que el tráfico vehicular es un factor clave en la calidad del aire en esta zona, y en general, los niveles se hallan por debajo de los límites fijados por el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. Conclusión, los niveles de CO₂, NO₂, CO y H₂S se mantienen dentro de los parámetros establecidos por las normas de calidad ambiental. Los resultados del análisis evidencian que no se superan los niveles tolerables de concentración de estos gases.

Taboada (2020) En su investigación titulada: “Modelamiento geoespacial de los niveles de concentración del monóxido de carbono (Co) y dióxido de azufre (So2) en la ciudad de Huancavelica y Ascensión – 2020”. El enfoque central fue el modelado geoespacial del dióxido de azufre (SO2) y del monóxido de carbono (CO) en las localidades de Huancavelica y Ascensión, utilizando el programa ArcGis 10. 7. 1 mediante el método de interpolación Kriging. Para alcanzar este objetivo, se establecieron tres puntos de muestreo desde los cuales se recolectaron las muestras mediante la ruta de muestreo, y estas se enviaron posteriormente a un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Las muestras fueron recolectadas en agosto, durante la temporada de sequía. Los resultados de las concentraciones de CO fueron de 638 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PMG-01, 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PMG-02 y 733 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PMG-03; mientras que para el SO2, las concentraciones fueron de 7. 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PMG-01, 5. 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PMG-02 y 11. 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PMG-03. Estos valores fueron evaluados en relación con los estándares de calidad ambiental del aire (ECA), observándose que ninguno de los parámetros superó los límites establecidos. Luego, se analizó la calidad del aire conforme al índice de calidad del aire (INCA). La intención fundamental del modelado geoespacial es que pueda interpretarse de modo sencillo mediante la valoración colorimétrica conforme a los INCA.

Castillo (2020) En su investigación titulada: “Variación en el tiempo de la concentración atmosférica de CO, NO2 y SO2 en la construcción de la carretera chota-Cochabamba (Cajamarca)”. La actual investigación fue llevada a cabo entre abril y diciembre de 2012, y de abril a octubre y diciembre de 2013, en cinco ubicaciones de monitoreo: Chancadora Doñana (CD-1), Plaza de Armas de Lajas (PL-2), Chancadora Ajipampa (CA-3), Cantera El Molino (CM-4) y Plaza de Armas de Cochabamba (PC-5). Este estudio se enfoca en medir la concentración de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO2) y dióxido de azufre (SO2) en el proyecto de construcción de la carretera Chota-Cochabamba en la región de Cajamarca. Para ello, se empleó el equipo AEROQUAL S200,

asegurando un flujo de 0. 1 CEM, reconocido por su fiabilidad y certificación. Las mediciones de estos gases se realizaron durante un total de doce horas al día, siendo generados por la operación de motores diésel, el uso de maquinaria pesada, así como el chancado y el transporte de agregados. Adicionalmente, se tomaron datos meteorológicos proporcionados por SENAMHI – Chota, con el fin de determinar la temperatura media, la velocidad del viento y la cantidad de precipitación. Los resultados obtenidos sobre la concentración de los gases analizados fueron comparados con los estándares de Calidad Ambiental (ECA) estipulados por el MINAM a través del D. S 003-2017, y estos no excedieron los estándares en los cinco puntos de monitoreo; aunque, en la Chancadora Doñana (CD-1) y en la Chancadora Ajipampa (CA-3), los niveles de esos gases se mantuvieron dentro de los ECA. En resumen, la investigación valida la presencia de estos gases en la obra de la carretera, pues su concentración puede provocar alteraciones en la calidad del aire, lo que conlleva riesgos para el ecosistema y la salud de las personas.

2.1.3. ANTECEDENTES REGIONALES

Diego (2023) En su investigación titulada: “Niveles de CO y CO₂ generado por el tráfico vehicular de marzo – julio en la ciudad de tingo maría – Huánuco, 2023”. El propósito del estudio fue analizar las concentraciones de CO y CO₂ producidas por el tráfico vehicular desde marzo hasta julio en la ciudad de Tingo María. Para llevar a cabo esta investigación, se escogieron 12 localizaciones en la zona urbana y se evaluó el tránsito vehicular y los niveles de CO y CO₂ durante los turnos diurno y nocturno, utilizando un dispositivo portátil de medición de gases RKI 6000, junto con el monitoreo de condiciones ambientales (microprocesador AM - 4836C e higrotermómetro BOECO). Además, se llevó a cabo una encuesta compuesta por 10 preguntas para obtener la percepción de los habitantes. Los resultados indican que la concentración promedio de CO (13 912 µg/m³) en Tingo María excede

la normativa ambiental establecida (D S N°003-2017-MINAM), mientras que la concentración promedio de CO2 (466 ppm) se encuentra dentro de los límites de la legislación vigente (D S N°015-2005-SA). Se observó que PM4 (Av. Ucayali con Jr. Callao) mostró la mayor concentración promedio de CO y PM12 (Av. Tito Jaime con Jr. Callao) presentó los niveles más altos de CO2, siendo las motocicletas las responsables principales de estas emisiones. A través de un análisis multivariado, se concluyó que no existe una correlación entre los niveles de CO y CO2; mientras que las concentraciones de CO están influenciadas por el volumen de tráfico, el CO2 depende de la temperatura y la humedad relativa. En cuanto a la percepción pública, los ciudadanos consideraron que la calidad del aire es regular y expresaron que su deterioro podría ocasionar problemas de salud y ambientales, atribuyendo gran parte de esta situación al tráfico vehicular, por lo que sugieren que se realicen revisiones técnicas de los automóviles.

Gaspar (2022) En su investigación titulada: “Concentración de CH4, CO2, H2S y CO emitidos por los canales pluviales de la ciudad de Tingo María, Huánuco – 2022”. Este estudio tuvo como objetivo establecer las concentraciones de CH4, CO2, H2S y CO que se liberan desde los canales de lluvia en Aguas Verdes, Quebrada del Águila, Dos Amigos y Qushuro. Se eligieron tres puntos de muestreo en cada canal, considerando factores tales como la presencia de animales, viviendas, comercios y escuelas, la descarga de aguas residuales, la disposición de desechos sólidos, así como la emisión de olores y gases; se realizaron evaluaciones entre febrero y mayo en horarios de 7 a 9:30 am, de 1 a 3:30 pm y de 6 a 8:30 pm. El monitoreo de gases se llevó a cabo en 12 puntos de muestreo utilizando un dispositivo portátil multigas GX - 6000 en los tiempos establecidos, registrando las concentraciones de CH4, CO2, H2S y CO. Además, durante el horario de 1 a 3:30 pm, se recogieron muestras de aire microbiológico aplicando un método volumétrico. De igual forma, la percepción de los habitantes fue evaluada mediante un cuestionario compuesto por 12 preguntas. Según las evaluaciones del monitoreo de gases, se halló que la mayor

concentración de CH₄ (925,9 ppm), H₂S (1,4 ppm) y CO₂ (31,1 ppm) se produjo en el canal Qushuro, mientras que el canal Aguas Verdes mostró una concentración de CO (3,6 ppm). Asimismo, el punto P2 del canal Aguas Verdes cumplió con todos los criterios establecidos. Se identificaron 22 géneros microbiológicos, encontrándose que *Bacillus* y *Staphylococcus* eran los más comunes entre las bacterias, y *Aspergillus* entre los hongos. En relación a la opinión de los pobladores, se observó una calificación regular respecto a la calidad del aire en su entorno; también manifestaron la percepción de olores desagradables provenientes de los canales de lluvia, atribuida a un uso inadecuado.

2.2. BASES TEÓRICAS

Figura 1

Plano de red pluvial de la ciudad de Huánuco



Nota. Plano de ubicación de drenaje pluvial en la ciudad de Huánuco. (Plano adjuntado en los anexos).

2.2.1. COMPOSICIÓN PROMEDIO DE AGUAS PLUVIALES URBANAS SEGÚN ESTUDIOS INTERNACIONALES

La mezcla típica de aguas pluviales en áreas urbanas cambia según el medio ambiente, las acciones humanas y el clima. Estas aguas frecuentemente transportan contaminantes tales como partículas en suspensión, nutrientes, metales pesados y microorganismos patógenos que proceden de superficies que no permiten la infiltración, lo que impacta negativamente la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

Tabla 1
Composición promedio de aguas pluviales urbanas

Parámetro	Concentración Promedio	Unidad
Sólidos Suspensidos Totales (TSS)	100 – 300	mg/L
Demandा Química de Oxígeno (DQO)	75 – 150	mg/L
Demandा Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	10 – 30	mg/L
Nitrógeno Total (NT)	1.5 – 3.0	mg/L
Fósforo Total (PT)	0.2 – 0.5	mg/L
pH	6.5 – 7.5	—
Conductividad Eléctrica	50 – 200	µS/cm
Hidrocarburos Totales	0.1 – 1.0	mg/L
Coliformes Fecales	10 ³ – 10 ⁵	NMP/100 mL

Nota. Los valores corresponden a datos obtenidos de escorrentía urbana, pudiendo variar según el uso del suelo, condiciones climáticas y prácticas de manejo ambiental.

2.2.2. NORMATIVA

Tabla 2
Normativa legal aplicable sobre contaminantes gaseosos en canales pluviales

Norma	Descripción	Protocolo de Monitoreo
Ley N.º 28611 – Ley General del Ambiente	Norma base del sistema ambiental peruano. Establece derechos, deberes y principios para la protección del ambiente. Justifica estudios de calidad del aire.	Elaborar un plan de monitoreo ambiental preventivo; identificar fuentes potenciales de contaminación; registrar y reportar resultados de forma sistemática.
D.S. N.º 003-2017-MINAM – ECA para Aire	Establece los límites máximos permisibles para contaminantes como CO, NO ₂ y SO ₂ en el aire. Sirve de referencia para comparar los resultados del estudio.	Realizar muestreos con equipos certificados; frecuencia diaria o continua según el nivel de riesgo. Usar sensores electroquímicos, NDIR o UV.
D.S. N.º 010-2010-MINAM – ECA para Agua	Define estándares de calidad del agua. Aplica si los canales pluviales transportan aguas contaminadas que influyen en la generación de gases.	Monitorear parámetros físico-químicos asociados (pH, DBO, DQO, temperatura, oxígeno disuelto); complementar con registro de gases emitidos a partir de la descomposición en agua estancada.
Ley N.º 29338 – Ley de Recursos Hídricos	Regula el uso y protección del agua. Relevante si los canales contienen vertimientos que pueden provocar emisiones contaminantes.	Establecer sistemas de vigilancia en fuentes hídricas; realizar evaluaciones periódicas; integrar resultados del monitoreo de gases con calidad de agua para estudios de impacto ambiental.
D.S. N.º 004-2017-MINAM – Reglamento de la Ley Ambiental	Regula los instrumentos de gestión ambiental. Respalda la realización de estudios técnicos y monitoreo de la calidad del aire en zonas urbanas.	Establecer un programa de monitoreo con objetivos claros; definir la periodicidad, ubicación, parámetros y métodos de análisis conforme a estándares nacionales e internacionales.
DS N° 010-2010-MINAM – Límites Máximos Permisibles (LMP) para emisiones de fuentes fijas	Aplica indirectamente si hay instalaciones o procesos cercanos que emiten gases.	Se emplean analizadores portátiles o estaciones fijas. Calibración y mantenimiento obligatorio.
Guía para el Monitoreo de Calidad de Aire – DIGESA	Orienta sobre el uso correcto de equipos, calibración, sitios de muestreo, condiciones meteorológicas.	Aplicar protocolos según tipo de contaminante y duración del muestreo. Sitios representativos del canal y períodos secos/húmedos.

Nota. El presente cuadro resume las principales normas nacionales vigentes que regulan la calidad del aire, el recurso hídrico y la gestión ambiental en el Perú, las cuales respaldan legalmente la ejecución del estudio en la ciudad de Huánuco.

2.2.3. MARCO CONSTITUCIONAL

Tabla 3

Marco institucional relacionado con la gestión ambiental y recursos hídricos en Huánuco

Institución	Descripción
Ministerio del Ambiente (MINAM)	Organismo rector en materia ambiental en el Perú. Elabora normas, estándares de calidad ambiental y supervisa su cumplimiento. Apoya estudios de contaminación del aire como el tuyo.
SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú)	Proporciona información meteorológica y climática. Sus datos ayudan a interpretar el comportamiento de los gases según condiciones del clima.
DIRESA Huánuco (Dirección Regional de Salud)	Entidad que vigila la salud ambiental y evalúa riesgos sanitarios. Puede usar los resultados del estudio para prevenir impactos en la salud pública.
Municipalidad Provincial de Huánuco	Administra la infraestructura urbana como canales pluviales. Tiene competencia directa sobre el mantenimiento y limpieza de estos espacios.
Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Regula el uso de cuerpos de agua. Si los canales interactúan con aguas superficiales, esta entidad interviene en su control y fiscalización.

Nota. Este cuadro presenta las instituciones públicas responsables de la regulación, monitoreo y gestión ambiental en el ámbito nacional, regional y local, que están directamente relacionadas con el contexto del estudio.

2.2.4. CANAL PLUVIAL

Un canal de lluvia es una estructura hidráulica creada para transportar y eliminar el agua de lluvia acumulada en áreas urbanas, incluyendo calles, avenidas, techos y aceras. Su propósito primordial es prevenir inundaciones, la formación de charcos y daños a las edificaciones en entornos urbanos a través de un drenaje efectivo de las aguas pluviales durante episodios de lluvia. (Salinas, 2023)

Los canales de lluvia son componentes del sistema de drenaje de las ciudades y pueden ser de tipo abierto (como zanjas o canales con

revestimiento) o cerrado (tuberías subterráneas). En ciertas situaciones, cuando el mantenimiento no se lleva a cabo adecuadamente, estos canales pueden arrastrar desechos orgánicos, aguas residuales sin tratar o basura, lo que contribuye a la liberación de gases contaminantes debido a procesos de descomposición anaeróbica.

2.2.5. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS CANALES PLUVIALES

- **Inundaciones**

Una inundación ocurre cuando el agua invade áreas que normalmente están secas. Generalmente, esto sucede debido a la llegada repentina y excesiva de agua que excede la capacidad de drenaje del río, aunque no siempre es solo por esta razón. Estas inundaciones pueden ser ocasionadas por múltiples factores, que pueden ser de origen natural, como precipitaciones, mareas o el deshielo; o de origen artificial, como la ruptura de represas. (Llasat, 2021)

- **Contaminación del agua**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) caracteriza el agua contaminada como aquella cuya composición ha cambiado, tornándose así inutilizable. En este sentido, se trata de agua tóxica que no puede consumirse ni utilizarse para actividades vitales como la agricultura, constituyendo además una fuente de problemas de salud que causa más de 500. 000 decesos anuales en todo el mundo debido a la diarrea y que propaga enfermedades como cólera, disentería, fiebre tifoidea y poliomielitis. (Galán, 2024)

Los principales agentes contaminantes del agua abarcan bacterias, virus, parásitos, fertilizantes, pesticidas, medicamentos, nitratos, fosfatos, plásticos, excrementos y hasta elementos radiactivos. Estos contaminantes no siempre alteran el color del agua, lo que a menudo hace que la contaminación sea imperceptible. Por tal motivo, se suele

llevar a cabo un análisis químico de muestras pequeñas y de organismos acuáticos para evaluar la calidad del agua.

- **Contaminación visual**

La contaminación visual abarca todo lo que interfiere o perturba la percepción de un área específica o afecta la apariencia del paisaje. Lamentablemente, nos enfrentamos cada vez más a esta situación, tanto en metrópolis como en localidades rurales. La capacidad del cerebro humano para procesar información está sobrepasada por la gran cantidad de elementos artificiales en el entorno, que además son cambiantes. La sobrecarga de información en formas, colores y luces provoca que nuestro cerebro no logre procesarla de manera adecuada, llevando a que ignore parte de ella y almacene mucha otra en la memoria, aunque no seamos conscientes de ello. Esta situación afecta negativamente nuestra salud, desde la vista hasta lo cognitivo, e incluso incide en la presión y genera estrés; estas son solo algunas de las repercusiones de este tipo de contaminación. (Martínez J. E., 2022)

2.2.6. ATMÓSFERA

La atmósfera terrestre se extiende hasta aproximadamente 10. 000 kilómetros por encima de la superficie del planeta y contiene diversas capas que ofrecen los gases esenciales para mantener una temperatura adecuada y facilitar la vida. Las corrientes de aire en esta atmósfera están íntimamente conectadas con la hidrósfera, es decir, el total del agua en la Tierra, y existe una influencia mutua entre ambas. (Yunus, 2024)

Se puede clasificar nuestra atmósfera en dos principales secciones: la homósfera, que abarca los 100 kilómetros más cercanos a la superficie, y la heterósfera, que se extiende desde los 80 kilómetros hasta el límite exterior. La variedad de gases en la homósfera es más homogénea y diversa, mientras que, en la heterósfera, son más estratificados y diferenciados.

El surgimiento y desarrollo de la atmósfera se remonta a los inicios del planeta, cuando una densa capa de gases primitivos, compuesta principalmente de hidrógeno y helio del sistema solar, envolvía la Tierra. Sin embargo, a medida que la Tierra se fue enfriando y la vida apareció posteriormente, la atmósfera fue transformándose y modificando su composición hasta conformar la que conocemos hoy, mediante procesos como la fotosíntesis, la química síntesis y la respiración. (Yunus, 2024)

- **Características de la atmósfera**

La atmósfera de la Tierra se conforma por diferentes tipos de gases, con la mayor parte de su masa concentrada en los primeros 11 kilómetros de altura (el 95% del aire se encuentra en su nivel más bajo) y una masa total que se aproxima a los $5,1 \times 10^{18}$ kg.

Los gases predominantes que la componen (en la homósfera) son el nitrógeno (78,08%), el oxígeno (20,94%), el vapor de agua (que varía entre 1 y 4% a nivel del mar) y el argón (0,93%). No obstante, también existen otros gases en proporciones más pequeñas, tales como el dióxido de carbono (0,04%), el neón (0,0018%), el helio (0,0005%), y el metano (0,0001%), entre otros. (Lee, 2025)

En lo que respecta a la heterósfera, esta presenta capas distintas de nitrógeno molecular (80-400 km), oxígeno atómico (400-1100 km), helio (1100-3500 km) y hidrógeno (3500-10.000 km). A medida que se asciende, tanto la presión como la temperatura de la atmósfera disminuyen, lo que hace que las capas superiores sean frías y menos densas.

2.2.7. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación del aire se refiere a la existencia en la atmósfera de sustancias que, debido a su cantidad, pueden ocasionar molestias o representar un peligro para la salud humana y la de otros seres vivos. Estas sustancias pueden provenir de diversas fuentes y pueden dañar

diferentes materiales, disminuir la visibilidad o generar olores desagradables. El término contaminación del aire se utiliza generalmente para describir alteraciones que tienen efectos perjudiciales en los seres vivos y en los materiales, excluyendo aquellas alteraciones que son inofensivas. Los principales causantes de la contaminación del aire son los procesos industriales que implican la combustión, tanto en fábricas como en vehículos y sistemas de calefacción doméstica, los cuales producen dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes. Asimismo, ciertas industrias liberan gases dañinos durante sus procesos de producción, tales como cloro o hidrocarburos que no han sido completamente quemados. (Manzur, 2023)

La polución del aire puede ser de naturaleza local, afectando principalmente a las áreas cercanas a la fuente, o de ámbito global, cuando las características del contaminante alteran el equilibrio del planeta y regiones distantes de las fuentes emisoras. Se define polución atmosférica como la existencia en el aire de sustancias en niveles que causan molestias o amenazas a la salud de las personas y otros seres vivos, que pueden ser de diversas índoles, además de que pueden dañar distintos materiales, disminuir la visibilidad o emitir olores desagradables. El término polución del aire generalmente se refiere a las alteraciones que generan consecuencias perjudiciales para la vida y los elementos materiales, en contraste con otras alteraciones que son inofensivas. Las principales vías de contaminación en el aire son los procesos industriales que involucran la combustión, tanto en fábricas como en vehículos y sistemas de calefacción en residencias, generando dióxido de carbono, monóxido de carbono, así como óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes. Además, algunas industrias liberan gases perjudiciales durante sus procesos de producción, como cloro o hidrocarburos que no quedaron completamente quemados. La polución del aire puede ser de carácter local, afectando las áreas cercanas a la fuente, o ser de carácter planetario, afectando el equilibrio del planeta y regiones distantes de donde están los focos de emisión. (Manzur, 2023)

2.2.8. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

Los contaminantes primarios son aquellos que se liberan de manera directa en la atmósfera, como el dióxido de azufre SO₂, el cual provoca daño inmediato a la vegetación y puede irritar el sistema respiratorio. Por otro lado, los contaminantes secundarios se generan a través de reacciones químicas en la atmósfera que afectan tanto a los contaminantes primarios como a elementos que no son contaminantes. Entre los contaminantes secundarios relevantes se encuentra el ácido sulfúrico, H₂ SO₄, que se produce por la oxidación del SO₂, el dióxido de nitrógeno NO₂, que surge al oxidarse el contaminante primario NO, y el ozono, O₃, que se origina a partir del oxígeno O₂. (Melchior, 2022)

Ambos tipos de contaminantes, tanto primarios como secundarios, pueden caer a la superficie terrestre a través de la precipitación. El nitro metano es un compuesto orgánico con la fórmula química CH₃NO₂. Es el nitrocompuesto más básico o derivado de nitro. Comparte similitudes en diversos aspectos con el nitro etano, siendo el nitro metano un líquido con una leve viscosidad, muy polar, que se utiliza frecuentemente como disolvente en múltiples aplicaciones industriales, tales como extracciones, como medio de reacción y como disolvente de limpieza.

2.2.9. FUENTES CONTAMINANTES

- **Contaminantes gaseosos:** Estos gases son principalmente producto de la quema de combustibles fósiles debido a actividades humanas y afectan considerablemente la alteración de la composición atmosférica (MMA, 2018). Algunos de estos incluyen SO₂, NO₂, CO y O₃. (Gardiner, 2021)
- **Contaminantes orgánicos persistentes:** Se refiere a compuestos tóxicos que perduran durante extensos intervalos de tiempo y cuyos efectos aumentan a medida que escalan en la jerarquía alimentaria (Ministerio para la transición ecológica y el reto

demográfico). Este grupo abarca insecticidas, dioxinas, furanos y bifenilos policlorados PCB.

- **Metales pesados tóxicos:** Son elementos naturales presentes en la corteza terrestre que no pueden ser degradados ni eliminados, pueden ser transportados por el aire e ingresar a las cadenas acuáticas y alimentarias. Entre ellos se encuentran el plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), níquel (Ni), vanadio (Va), cromo (Cr) y manganeso (Mn). (Steele, 2025)
- **Partículas:** Son diminutas motas que permanecen suspendidas en el aire, originadas por fuentes naturales y atmosféricas que difieren en su composición y tamaño, como PM2. 5 y PM10.

2.2.10. GASES CONTAMINANTES

- **CFC**

Desde los años sesenta, se ha evidenciado que los clorofluorocarbonos (CFC, conocidos también como freones) pueden tener efectos perjudiciales. Estos compuestos juegan un papel significativo en la degradación de la capa de ozono en la estratosfera y en el aumento del efecto invernadero. El protocolo de Montreal puso fin a la fabricación de la mayoría de estos productos.

- Se utilizan en sistemas de refrigeración y climatización debido a su gran capacidad de conducción, y son liberados en la atmósfera cuando los dispositivos viejos se destruyen.
- Se emplean como propelente en aerosoles, liberándose una parte con cada uso. Actualmente, los aerosoles han comenzado a utilizar otros gases alternativos, como el CO2. (Noyes, 2023)

- **Monóxido de carbono**

Es un subproducto de la combustión incompleta. Resulta peligroso tanto para seres humanos como para animales, ya que se adhiere a la hemoglobina sanguínea, obstruyendo el transporte de oxígeno en el

cuerpo. Además, carece de olor, y cuando se experimenta un leve dolor de cabeza, ya es demasiado tarde. Se dispersa fácilmente en el aire, aunque en espacios cerrados su concentración puede volverse altamente tóxica e incluso mortal.

Cada año, se reportan numerosos casos de intoxicación mortal debido a dispositivos de combustión utilizados en espacios mal ventilados. Los motores de combustión interna de automóviles emiten monóxido de carbono, provocando altas concentraciones de este gas en áreas urbanas, alcanzando niveles peligrosos de 50 a 100 ppm, que son dañinos para la salud humana. (Nixon R. , 2018)

- **Dióxido de carbono**

La cantidad de CO₂ en la atmósfera está en aumento constante como consecuencia del uso de combustibles fósiles, y es posible probar teóricamente que esto está relacionado con el incremento de la temperatura terrestre y el efecto invernadero. La magnitud con la que este fenómeno puede alterar el clima global depende de los datos utilizados en un modelo teórico; algunos modelos pronostican cambios climáticos rápidos y devastadores, mientras que otros sugieren efectos climáticos limitados. La disminución de las emisiones de CO₂ permitiría que el ciclo de carbono alcanzara un equilibrio a través de los principales sumideros de carbono, como son los océanos profundos y los sedimentos. (Eisenhower, 2022)

- **Monóxido de nitrógeno**

Conocido también como óxido de nitrógeno (II), es un gas incoloro con baja solubilidad en agua, que se produce por la combustión de combustibles fósiles en el sector del transporte y la industria. Se oxida rápidamente, transformándose en dióxido de nitrógeno, NO₂, y luego en ácido nítrico, HNO₃, contribuyendo a la formación de lluvia ácida.

- **Dióxido de azufre**

La principal fuente de emisión de dióxido de azufre en la atmósfera

es la quema de carbón que contiene azufre. El SO₂ generado a partir de la combustión del azufre se transforma por oxidación en ácido sulfúrico, H₂SO₄, que forma parte de lo que se conoce como lluvia ácida. Esta lluvia resulta perjudicial para la vegetación, dejando marcas donde las gotas de ácido han tocado las hojas.

- **Metano**

El metano, CH₄, es un gas que se genera cuando la materia orgánica se descompone en un entorno con poco oxígeno; esto sucede en lugares como ciénagas, pantanos y arrozales en regiones tropicales húmedas. También se produce durante los procesos de digestión y excreción en animales herbívoros. Este gas actúa como un gas de efecto invernadero, lo que incrementa el calentamiento global del planeta, ya que potencia la capacidad de la atmósfera para retener calor.

- **Ozono**

El ozono, O₃, es un componente natural de la atmósfera; sin embargo, cuando su concentración es más alta de lo habitual, se clasifica como un contaminante. Su concentración cerca del nivel del mar puede fluctuar en aproximadamente 0,01 mg kg⁻¹. Cuando los niveles de contaminación debido a las emisiones de los vehículos son altos y la irradiación solar es intensa, las concentraciones de ozono pueden escalar hasta alcanzar 0,1 kg⁻¹.

2.2.11. EFECTOS DE LOS GASES DE LA ATMÓSFERA EN EL CLIMA

- **Efectos climáticos:** Normalmente, los contaminantes se elevan o se dispersan alejándose de sus orígenes sin llegar a concentrarse en niveles peligrosos. La velocidad a la que estos contaminantes se alejan de una región puede verse influenciada por los vientos, las nubes, la lluvia y la temperatura. Los patrones climáticos que pueden atrapar la contaminación en valles o dispersarla sobre la tierra pueden perjudicar ecosistemas limpios situados lejos de las

fuentes de contaminación. La polución del aire surge de cualquier sustancia no deseada que ingresa a la atmósfera. Es un tema crucial en la sociedad contemporánea. Aunque la contaminación del aire tiende a ser más grave en entornos urbanos, los contaminantes afectan la calidad del aire en todos los lugares. Estos incluyen diversos gases y partículas diminutas o materia particulada que pueden ser nocivas para la salud humana y el medio ambiente. La contaminación puede presentarse en forma de gases, líquidos o sólidos. Muchos de estos contaminantes son liberados al aire debido a actividades humanas. La contaminación se manifiesta en varios niveles: individual, nacional y global. (Lee, 2025)

- **El efecto invernadero:** Impide que una parte del calor proveniente del sol escape de la atmósfera hacia el espacio. Esto provoca un aumento en la temperatura de la superficie terrestre. Hay una cantidad específica de gases de efecto invernadero en la atmósfera que son indispensables para calentar la Tierra, pero deben estar en la proporción adecuada. La quema de combustibles fósiles incrementa esta proporción, intensificando el efecto invernadero. Muchos investigadores creen que esto está originando el calentamiento global. Otros gases que agravan esta situación incluyen los clorofluorocarbonos (CFCs), el metano, los óxidos de nitrógeno y el ozono.
- **Daño a la capa de ozono:** El ozono es una variante del oxígeno O₃ que se localiza en la alta atmósfera. El deterioro de la capa de ozono es principalmente el resultado del uso de clorofluorocarbonos (CFCs). La fina capa de moléculas de ozono en la atmósfera tiene la función de absorber una parte de los rayos ultravioletas (UV) antes de que alcancen la superficie terrestre, lo cual permite la existencia de vida en el planeta. La reducción de ozono da lugar a un aumento de la radiación UV en la Tierra, lo que representa un riesgo tanto para la flora como para la fauna. (Chapman, 2023)

2.2.12. EFECTOS NOCIVOS PARA LA SALUD

Numerosos estudios han evidenciado conexiones entre la polución y repercusiones en la salud. Incrementos en la contaminación atmosférica han sido asociados a deterioro en la función respiratoria y un aumento en la incidencia de ataques al corazón. Altos índices de contaminación del aire, de acuerdo al Índice de Calidad del Aire de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, impactan negativamente a aquellos que sufren de asma y otras afecciones pulmonares o cardíacas. Aunque la calidad del aire ha progresado en los últimos 20 años, las áreas urbanas siguen siendo motivo de inquietud. Los ancianos y los niños son particularmente susceptibles a los efectos de la contaminación del aire. El grado de riesgo varía según diferentes factores:

- El nivel de polución en el aire,
- La cantidad de aire que inhalamos en un instante específico,
- El estado general de la salud.
- Otras formas indirectas en que los individuos pueden estar en contacto con los contaminantes atmosféricos son:
- La ingesta de alimentos contaminados por toxinas del aire que se han sedimentado en donde se cultivan,
- La ingesta de agua que ha sido contaminada por partículas del aire,
- El contacto con tierra, polvo o agua que están contaminados.

2.2.13. EMISIÓN DE GASES EN SISTEMAS DE DRENAJE URBANO

Los sistemas de drenaje en áreas urbanas, en particular los canales para lluvia, no cumplen exclusivamente con la tarea de eliminar el agua de lluvia, sino que también pueden transformarse en fuentes inusuales de emisiones de gases nocivos, especialmente cuando su gestión es deficiente o cuando se ven contaminados por desechos domésticos e industriales.

Cuando estos sistemas trasladan agua estancada, materia orgánica, grasas, aguas residuales sin tratar o basura, se produce un proceso de descomposición anaeróbica a causa de la carencia de oxígeno en el agua. Este fenómeno propicia la generación de diferentes gases como:

- **Sulfuro de hidrógeno (H_2S):** Este gas, que es tóxico y corrosivo, se produce a partir de la descomposición de materia orgánica que contiene altas concentraciones de azufre. Su olor es característico, similar al de huevos en descomposición, y puede tener efectos adversos severos en el sistema respiratorio.
- **Monóxido de carbono (CO):** Este gas puede resultar de reacciones de combustión incompleta en entornos contaminados, sobre todo donde hay presencia de compuestos orgánicos volátiles y escasa ventilación.
- **Dióxido de azufre (SO_2) y dióxido de nitrógeno (NO_2):** También se pueden generar en pequeñas proporciones mediante procesos químicos complejos que involucran desechos tanto orgánicos como inorgánicos.
- **Gases como metano (CH_4) y otros compuestos volátiles** pueden estar presentes en función del tipo de residuos y el tiempo de exposición a los mismos.

El peligro se eleva en áreas urbanas con alta densidad poblacional, como Huánuco, donde la utilización informal de sistemas de drenaje pluvial como vertederos clandestinos incrementa la carga de contaminantes. Además, estos gases no solo perjudican la calidad del aire en las ciudades, sino que también constituyen un riesgo para la salud y el medio ambiente de las comunidades circundantes.

2.2.14. CALIDAD DEL AIRE URBANO

La calidad del aire en las ciudades se refiere a la condición del aire en áreas con alta densidad poblacional, la cual es determinada por la

cantidad y el tipo de contaminantes en el ambiente que pueden influir en la salud de las personas, el entorno y los objetos. Este concepto se fundamenta en el respeto a normas establecidas por entidades nacionales e internacionales, que dictan niveles máximos permitidos para compuestos como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el dióxido de azufre (SO₂), el ozono (O₃), las partículas en suspensión (PM₁₀ y PM_{2.5}) y otros gases nocivos. La calidad del aire en las zonas urbanas es analizada mediante el seguimiento ambiental y se considera un indicador fundamental para la gestión sostenible del medio ambiente en las ciudades. (Berners-Lee, 2023)

2.2.15. DETECTOR DE GASES

Un aparato para la detección de gases es un instrumento creado para reconocer y cuantificar la existencia y concentración de diferentes gases en el entorno, en particular aquellos que podrían constituir un peligro para la salud de las personas o el medio ambiente. Estos dispositivos operan gracias a sensores especializados que responden a ciertos compuestos gaseosos, tales como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el dióxido de azufre (SO₂) y el oxígeno (O₂). Los detectores pueden ser tanto móviles como fijos, utilizando tecnologías que incluyen sensores electroquímicos, infrarrojos, catalíticos o semiconductores. Son herramientas esenciales para la vigilancia del medio ambiente, la seguridad en la industria y la mitigación de riesgos en lugares públicos y de trabajo. (Lardiés, 2023)

1. Detector con sensor electroquímico

Los detectores que emplean sensores electroquímicos funcionan mediante una reacción química entre el gas que se quiere detectar y un electrolito que está incorporado en el sensor. Esta reacción produce una corriente eléctrica que es proporcional a la concentración del gas. Se utilizan frecuentemente para detectar gases tóxicos como el dióxido de azufre (SO₂), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el sulfuro de hidrógeno (H₂S)

y el monóxido de carbono (CO) por su precisión y sensibilidad excepcionales. Aunque suelen tener una vida útil más o menos corta, que por lo general varía entre uno y tres años, estos sensores son pequeños, necesitan poca energía y ofrecen respuestas rápidas. (Blanco, 2015)

2. Detector con sensor catalítico

Este tipo de detector está hecho para reconocer gases inflamables, tales como el metano (CH_4) o el hidrógeno (H_2), a través de la oxidación del gas en una superficie caliente de manera catalítica. Esta reacción produce calor, que se registra como un cambio en la resistencia eléctrica. Son particularmente valiosos en entornos industriales donde existe riesgo de explosiones. Entre sus cualidades se encuentran su rápida respuesta y durabilidad. Sin embargo, requieren una cantidad adecuada de oxígeno para operar de manera eficiente y pueden verse afectados por gases corrosivos o contaminantes que pueden dañar el catalizador. (Lardiés, 2023)

3. Detector con sensor de infrarrojo (IR)

Los sensores infrarrojos, al cuantificar la absorción de radiación infrarroja por las moléculas del gas que se desea detectar, tienen la capacidad de identificar gases. Son particularmente apropiados para identificar gases como el metano (CH_4), el dióxido de carbono (CO_2) y algunos compuestos orgánicos volátiles. Su principal ventaja es que no necesitan oxígeno para operar y tienen una vida útil prolongada. Asimismo, ofrecen una enorme estabilidad y precisión a través del tiempo. No obstante, la detección de gases inorgánicos como el H_2S o el CO no es eficaz y su precio suele ser mayor que el de otros tipos de sensores. (Blanco, 2015)

4. Detector con sensor de semiconductores (MOS)

Los sensores de óxido metálico (MOS) tienen la capacidad de medir gases mediante el análisis de las alteraciones en la conductividad eléctrica de un semiconductor cuando este se pone en contacto con los

gases. Son una opción económica y de respuesta rápida para identificar una amplia gama de gases inflamables, tóxicos y olores. No obstante, si la humedad y la temperatura cambian, esto puede tener un impacto en su precisión debido a que tienen una selectividad baja. Son adecuados para aplicaciones generales en las que se necesita un aviso anticipado, pero no es necesario que la medición sea precisa. (Blanco, 2015)

5. Detector foto ionizador (PID)

Los dispositivos PID emplean una lámpara de luz ultravioleta para ionizar los compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera. La corriente resultante de esta ionización se correlaciona con la cantidad de gas presente. Estas herramientas son reconocidas por su gran sensibilidad, lo que les permite identificar niveles muy bajos de gases como benceno, tolueno y xileno. Son ampliamente utilizados en la supervisión del medio ambiente y en el ámbito laboral. Sin embargo, no son capaces de detectar gases inorgánicos como el CO, H₂S o SO₂, y requieren un mantenimiento más frecuente que otros tipos de sensores debido a la delicadeza de su lámpara UV. (Lardiés, 2023)

2.2.16. LÍMITE DE EXPOSICIÓN PERMISIBLE

Tabla 4
Límites de Exposición Permisible (LEP) para Gases Contaminantes

Gas	LEP-TWA (8 h)	LEP-STEL (15 min)	Fuente de Referencia
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	1 ppm (1.88 mg/m ³)	5 ppm	DS N.º 010-2019-TR / ACGIH
Dióxido de azufre (SO ₂)	2 ppm (5.2 mg/m ³)	5 ppm	DS N.º 010-2019-TR / ACGIH
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	1 ppm (1.4 mg/m ³)	5 ppm	DS N.º 010-2019-TR / ACGIH
Metano (CH ₄)	No aplica (asfixiante simple)	Límite inferior de explosividad (LEL) = 5 % v/v (50,000 ppm)	NIOSH / OSHA / ACGIH

Nota. Los valores están expresados en partes por millón (ppm) y su equivalente en miligramos por metro cúbico (mg/m³), según disponibilidad. El LEP-TWA corresponde a la exposición promedio durante una jornada laboral de 8 horas, mientras que el LEP-STEL es el límite a corto plazo para 15 minutos de exposición. Los valores son referenciales y deben interpretarse según el contexto específico del monitoreo ambiental.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Contaminación del Aire**

La polución atmosférica se refiere a la existencia de elementos químicos, biológicos o físicos en el aire que impactan la salud de las personas, la integridad de los ecosistemas y el balance de la biosfera. Entre estos agentes contaminantes se encuentran gases como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el dióxido de azufre (SO₂) y las partículas sólidas suspendidas (PM). (Bustamante, 2021)

- **Monóxido de Carbono (CO)**

El monóxido de carbono (CO) es un gas que no tiene color, olor ni sabor, y se genera a partir de la combustión parcial de materiales fósiles. Resulta extremadamente venenoso para personas, dado que afecta la habilidad de la sangre para llevar oxígeno, provocando envenenamientos y, en concentraciones elevadas, la muerte. (Fred, 2021)

- **Dióxido de Nitrógeno (NO₂)**

El gas dióxido de nitrógeno (NO₂) es un compuesto nocivo que se incluye dentro de los óxidos de nitrógeno (NOx). Se genera en gran medida por la combustión de combustibles fósiles en automóviles y plantas industriales. Este gas es un precursor en la generación de ozono en la troposfera y juega un papel en la acidez de la lluvia, impactando tanto la salud respiratoria como el entorno. (Eisenhower, 2022)

- **Dióxido de Azufre (SO₂)**

El dióxido de azufre (SO₂) es un gas generado en gran parte por la combustión de carbón y petróleo, además de diversas actividades industriales. Este compuesto contribuye a la creación de lluvia ácida y puede provocar dificultades respiratorias, además de empeorar condiciones pulmonares como el asma. (Steele, 2025)

- **Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)**

El ácido sulfídrico (H₂S) es un gas inflamable y nocivo con un aroma

distintivo similar al de huevos en mal estado. Se genera de forma natural durante la descomposición de materia orgánica, aunque también se produce a través de procesos industriales. A elevados niveles de concentración, resulta peligroso, ya que puede provocar daños en los sistemas nervioso y respiratorio. (Lee, 2025)

- **Oxígeno (O₂)**

El oxígeno (O₂) es un gas fundamental para la respiración de los organismos. En términos ambientales, la cantidad de oxígeno presente en la atmósfera puede fluctuar debido a la actividad biológica, la polución o factores climáticos. Concentraciones reducidas de oxígeno pueden resultar riesgosas, particularmente en áreas cerradas o con poca ventilación. (Fred, 2021)

- **Límite de Exposición Permisible (LEP)**

El Límite de Exposición Permisible (LEP) representa la concentración más alta de un compuesto químico en el aire que un trabajador o individuo puede inhalar sin experimentar efectos perjudiciales para la salud en un lapso específico (generalmente de 8 horas). Estos límites son fijados por entidades como OSHA o ACGIH. (Valldaura, 2019)

- **Monitoreo Ambiental**

El seguimiento ambiental implica la cuantificación y documentación de variables del entorno, tales como la pureza del aire, el agua y la tierra, con el objetivo de analizar las consecuencias de las acciones humanas en la naturaleza. Se emplean herramientas y tecnologías específicas para obtener información que facilite la toma de decisiones fundamentadas sobre la administración del ambiente. (Yunus, 2024)

- **Ánalisis de Gases Contaminantes**

El estudio de gases tóxicos implica la cuantificación y valoración de la presencia de gases nocivos en la atmósfera, empleando diferentes métodos analíticos como la cromatografía gaseosa, la espectrometría de masas o

dispositivos de detección electrónicos. Este estudio resulta fundamental para determinar la pureza del aire y los peligros relacionados con el contacto con contaminantes. (Álvarez, 2018)

- **Detector de Gases**

Un medidor de gases es un aparato creado para cuantificar la presencia de un gas particular en la atmósfera. Estos medidores pueden ser móviles o permanentes, y su función es evitar el riesgo de contacto con gases nocivos, como el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno, entre otros. Funcionan mediante sensores electroquímicos, infrarrojos o catalíticos, dependiendo del gas que se quiera analizar. (Blanco, 2015)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Ha. Se logró determinar la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de la ciudad de Huánuco.

Ho: No se logró determinar la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de la ciudad de Huánuco.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Ha.1. Se logró determinar diferencias en las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 en los distintos puntos de los canales pluviales de Huánuco.

Ho1: No se logró determinar diferencias en las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 en los distintos puntos de los canales pluviales de Huánuco.

Ha2: Se logró identificar diferencias significativas en las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 entre los puntos ubicados a 5 metros antes y 5 metros después del punto central de medición.

Ho2: No se logró identificar diferencias significativas en las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 entre los puntos ubicados a 5 metros antes y 5 metros después del punto central de medición.

Ha3: Se logró evidenciar variaciones significativas en las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 según el horario de medición (6:00 a.m., 12:00 p.m. y 6:00 p.m.).

Ho3: No se logró evidenciar variaciones significativas en las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 según el horario de medición (6:00 a.m., 12:00 p.m. y 6:00 p.m.).

Ha3: Se logró generar un mapa de calor de zonas con mayor influencia de las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales.

Ho3: No se logró generar un mapa de calor de zonas con mayor influencia de las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Monitoreo de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 en las distintas partes de la ciudad de Huánuco

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Gases emitidos a la atmósfera H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 .

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 5
Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Unidad de medición	Instrumento	Tipo de variable
Variables independientes: Monitoreo de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 en las distintas partes de la ciudad de Huánuco.	Evaluación sistemática de variables ambientales en distintos puntos de la ciudad para identificar y controlar la contaminación.	Distancia Precipitación	Distancia Precipitación	Metros (m) Milímetros (Mm)	Cinta métrica Pluviómetro	Numérica Continua
		Sulfuro de Hidrógeno	Concentración de H_2S	$\mu g/m^3$	Multigas Portátil	
Variable dependiente: Gases emitidos a la atmósfera.	Nivel de presencia de gases contaminantes emitidos por descomposición y procesos químicos en los canales pluviales.	Metano Dióxido de Azufre Dióxido de Nitrógeno	Concentración de CH_4 Concentración de SO_2 Concentración de NO_2	mg/m^3 $\mu g/m^3$ $\mu g/m^3$	Multigas Portátil Multigas Portátil Multigas Portátil	Numérica Continua

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Supo & Zacarias (2020), los tipos de investigación se clasifican por criterios:

Según el número de variables analíticas el estudio es relacional porque busca establecer asociaciones entre las variables. Según la intervención del investigador se trata de un estudio sin intervención, porque no se va a modificar los valores de la variable de estudio. Según el control de las mediciones de las variables se clasifica como estudio retrospectivo porque el investigador no tuvo participación. Según el número de medición de variables de estudio es transversal porque se hará una sola medición.

3.1.1. ENFOQUE

El presente proyecto de investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque se centra en la medición y análisis de datos numéricos para evaluar la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 . (Supo & Zacarias, 2020)

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

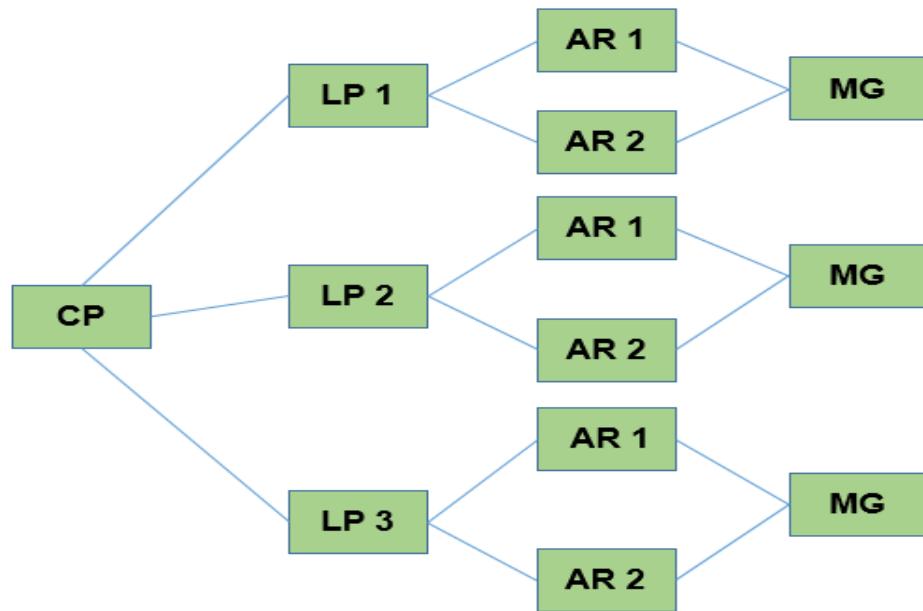
El presente estudio corresponde a un estudio de nivel relacional. (Supo & Zacarias, 2020)

3.1.3. DISEÑO

El diseño estará integrado por los canales pluviales CP: cada uno de los canales está compuesto por siete puntos, lo que resulta un total de 14 puntos de muestreo. LP1: inicial, LP2: intermedio y LP3: final. LP.

En estos puntos se medirá la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 en horarios de la mañana (06:00 am), tarde (12:00 pm) y noche (18:00 pm).

Figura 2
Diseño no experimental del trabajo



- **CP:** Canales Pluviales
- **LP:** Línea Pluvial (línea continua del drenaje)
- **AR:** Área referencial (zona donde se realiza el monitoreo Ejem. Mercado modelo)
- **MG:** Monitoreo de Gases

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Para mi presente estudio de evaluación de la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por materia en descomposición en los canales pluviales de la ciudad de Huánuco, mi población será el total de canales pluviales de la ciudad de Huánuco.

Figura 3 *Plano de red pluvial de la ciudad de Huánuco*



Nota. La imagen muestra el drenaje pluvial en la ciudad de Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

La muestra será medida en 3 horarios 6:00 a.m., 12:00 m. y 6:00 p.m. y estará conformada en este caso por:

Figura 4
Mapa de ubicación de los catorce puntos de Drenaje Pluvial

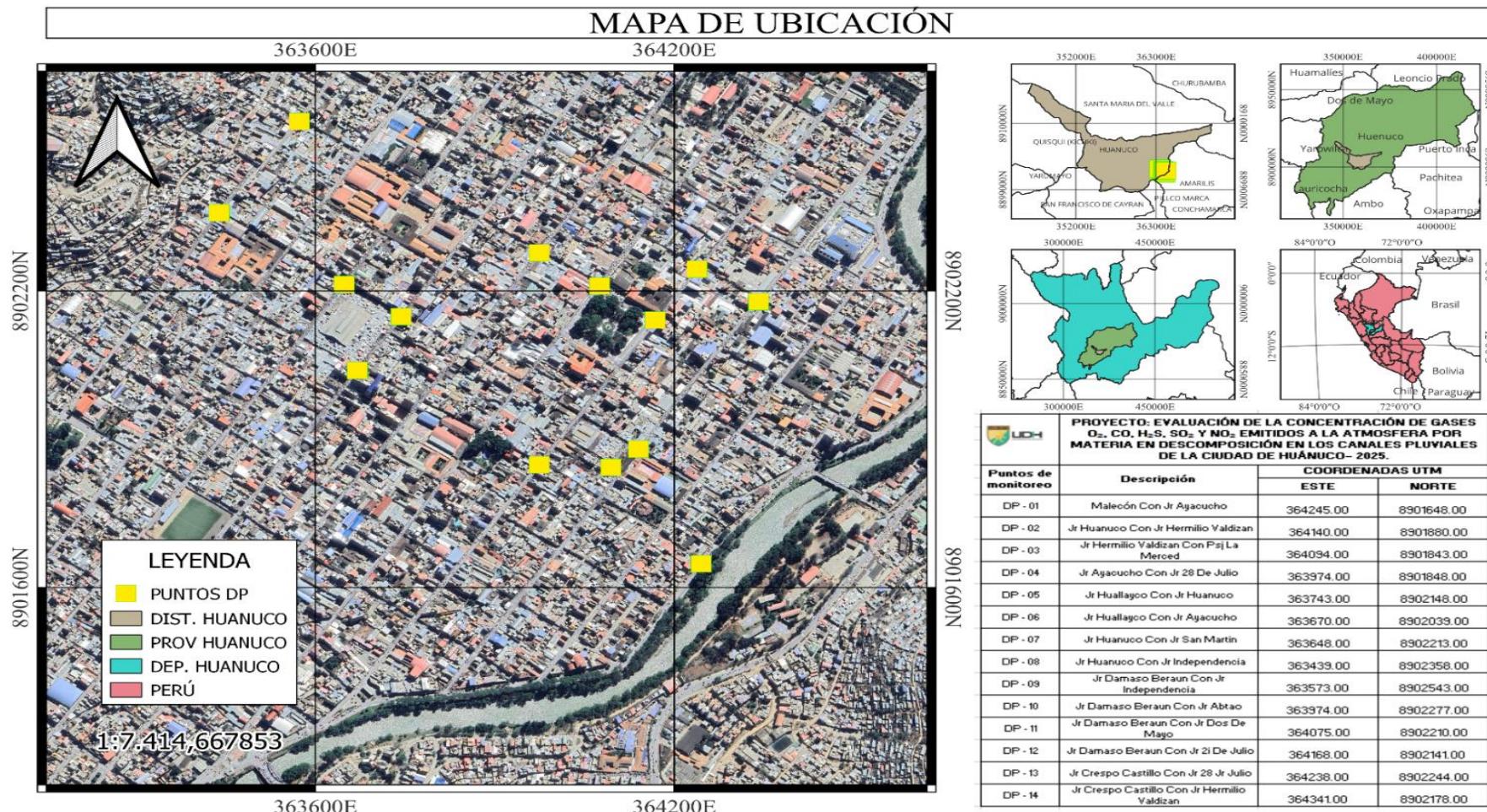


Tabla 6
Ubicación de los puntos de drenaje pluvial en Huánuco

Puntos de monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
DP - 01	Malecón Con Jr Ayacucho	364245.00	8901648.00
DP - 02	Jr Huanuco Con Jr Hermilio Valdizan	364140.00	8901880.00
DP - 03	Jr Hermilio Valdizan Con Psj La Merced	364094.00	8901843.00
DP - 04	Jr. Ayacucho Con Jr 28 De Julio	363974.00	8901848.00
DP - 05	Jr Huallayco Con Jr Huanuco	363743.00	8902148.00
DP - 06	Jr Huallayco Con Jr Ayacucho	363670.00	8902039.00
DP - 07	Jr Huanuco Con Jr San Martin	363648.00	8902213.00
DP - 08	Jr Huanuco Con Jr Independencia	363439.00	8902358.00
DP - 09	Jr Damaso Beraun Con Jr Independencia	363573.00	8902543.00
DP - 10	Jr Damaso Beraun Con Jr Abtao	363974.00	8902277.00
DP - 11	Jr Damaso Beraun Con Jr Dos De Mayo	364075.00	8902210.00
DP - 12	Jr Damaso Beraun Con Jr 28 De Julio	364168.00	8902141.00
DP - 13	Jr Crespo Castillo Con Jr 28 Jr Julio	364238.00	8902244.00
DP - 14	Jr Crespo Castillo Con Jr Hermilio Valdizan	3641.00	8902178.00

Nota. Coordenadas UTM de los puntos de monitoreo.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Evaluación de la concentración de gases H₂S, SO₂, CH₄ y NO₂ emitidos a la atmósfera por materia en descomposición en los canales pluviales de la ciudad de Huánuco– 2025.

Tabla 7
Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variable de interés	Indicadores	Técnica	Instrumento
Canales pluviales	<ul style="list-style-type: none"> • Distancia • Precipitación 	Observacional	Multigas Detector Portátil

Nota. Tabla de técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Protocolo de desarrollo del estudio

1. Equipos

- **Detector de gases múltiples ALTAIR 5X**

Es un dispositivo portátil que tiene la capacidad de medir a la vez hasta cinco tipos de gases, incluyendo H_2S , SO_2 , CH_4 , NO_2 y gases inflamables, utilizando sensores XCell que ofrecen alta precisión y respuesta veloz. Cuenta con una pantalla a color, así como alarmas que son visuales, sonoras y vibratorias, además de una carcasa resistente a impactos y con protección IP65/67, lo que lo hace perfecto para el monitoreo ambiental y la seguridad en contextos industriales y de campo.

Figura 5
Detector de gases múltiples ALTAIR 5X



Tabla 8
Especificaciones Técnicas del Detector de gases múltiples ALTAIR 5X

Tipo de gas	Rango	Resolución
Combustible	0-100% LEL	1% LEL
Combustible	0-5% Vol, CH4	0.05% Vol CH4
Oxígeno	0-30%Vol	0.1%Vol
Monóxido de Carbono	0-2000 ppm	1 ppm
Monóxido de Carbono	0-10,000 ppm	5 ppm
Sulfuro de Hidrógeno	0-200 ppm	1 ppm
Sulfuro de Hidrógeno - LC	0-100 ppm	0.1 ppm
Dióxido de Azufre	0-20 ppm	0.1 ppm
Cloro	0-10 ppm	0.05 ppm
Amoniaco	0-100 ppm	1 ppm
Dióxido de Nitrógeno	0-20 ppm	0.1 ppm
Dióxido de Nitrógeno (XCELL)	0-50 ppm	0.1 ppm
Dióxido de Cloro	0-1 ppm	0.01 ppm
Fosfina	0-5 ppm	0.05 ppm
Cianuro de Hidrógeno	0-30 ppm	0.5 ppm
Dióxido de Carbono, CO2	0-10%Vol	0.01%Vol
Butano, C4H10	0-25%Vol	0.1%Vol
Metano, CH4	0-100%Vol	1%Vol
Propano, C3H8	0-100%Vol	1%Vol
PID - 10.6 EV	0-2000 ppm	0.1 ppm

Nota. Rangos y resoluciones según especificaciones técnicas del fabricante.

Tabla 9
Especificaciones técnicas del detector de gases múltiples ALTAIR 5X

Prueba de Caída	10 pies
Carcasa	Armadura de goma resistente
Peso	1 lb (sin sensor IR)
Dimensiones (L X A X A)	6.69 L x 3.49 A x 1.79 A sin clip de sujeción, sensor PID o IR
Alarma Audible	>95 dB típico
Alarma Visual	2 LEDs ultra brillantes, al frente
Alarma Vibratoria	Estándar
Motion Alert & Instant Alert	Estándar
Pantalla	Monocromática de alto contraste o pantalla a color
Luz de Fondo	Tiempo de espera ajustable
Batería	Li-ION recargable o alcalina AA
Tiempo de Funcionamiento	20 horas a temperatura ambiente
Protección de Ingreso	IP65
Garantía Estándar	3 años para CO, H2S, LEL, O2, SO2 y sensores IR 2 años para sensores NH3, Cl2 1 año para otros sensores

Nota. Información basada en datos técnicos proporcionados por el fabricante. Se adjunta la calibración del equipo Detector de gases múltiples ALTAIR 5X (ANEXO 3)

Tabla 10

Metodología e Información Técnica de Equipos

Equipo	Gases medidos	Metodología de uso en campo	Unidad de medida	Ventajas	Limitaciones
ALTAIR 5X	H ₂ S, SO ₂ , CH ₄ NO ₂ y gases combustibles (% LEL)	Encendido y verificación de calibración previa. Medición directa por difusión en puntos estratégicos de los canales pluviales. Registro automático mediante datalogger integrado.	ppm, % LEL	Alta precisión con sensores XCell®. Alarmas visuales, sonoras y vibratorias. Carcasa resistente y protección IP65/67.	Menor autonomía de batería en uso continuo con registro de datos. Peso ligeramente mayor que los equipos básicos.

Nota. Datos obtenidos tras calibración y medición directa en puntos estratégicos.

2. Materiales

- Tablero
- Lapiceros
- Chaleco
- Casco blanco
- Hoja de campo

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Reconocimiento y distribución del área a monitorear

Seleccionar los lugares de medición en los canales de lluvia de Huánuco:

4. Elegir localizaciones clave donde es probable que los gases se acumulen en mayor medida, o en áreas representativas del flujo. Georreferenciada las ubicaciones con un GPS para garantizar que las mediciones sean reproducibles en estudios o análisis futuros.
5. Encender el Detector Portátil de Multigas y confirmar que se encuentre en el modo de medición correcto.

6. Colocar el detector a una altura de cerca de 1.5 metros sobre el suelo, para replicar la exposición humana al aire próximo a los desagües pluviales.

Efectuar mediciones a 5 metros antes y después del punto de referencia central. Emplear una cinta métrica para confirmar que se está a la distancia adecuada del punto de medición.

Realizar mediciones en tres momentos determinados:

7. 06:00 a. m. (por la mañana, antes de que la actividad humana sea muy intensa).
8. 12:00 p. m. (mediodía, cuando puede haber mayor actividad y variación).
9. 06:00 p. m. (tarde-noche, para comparar posibles variaciones con respecto al resto del día).

Medir durante 3 minutos en cada punto para obtener una lectura estable y precisa. Los resultados del equipo se visualizan en tiempo real y se archivan automáticamente.

10. Las cifras se registraron en cuadernos de campo, para luego ser trasladadas adecuadamente al trabajo realizado en el gabinete.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Se emplearon programas como Excel y SPSS, programas responsables del procesamiento de datos, para lo que se utilizaron tablas y diagramas que mostraron los datos recolectados por el investigador, los cuales son imprescindibles para la descripción y las conclusiones del proyecto.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

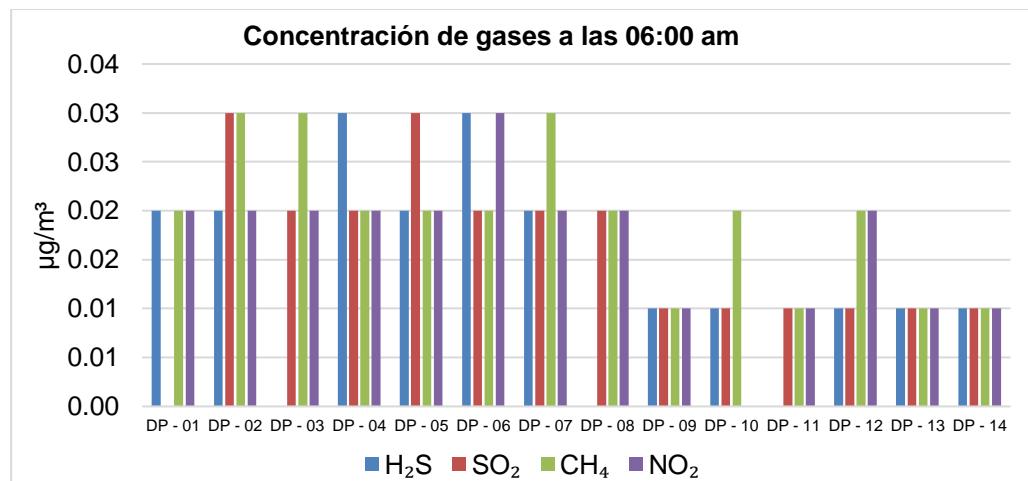
4.1.1. CONCENTRACIÓN DE GASES EN LOS CANALES PLUVIALES DE HUÁNUCO

Tabla 11
Concentración de gases a las 6:00 a.m.

Punto de Monitoreo	H ₂ S (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	CH ₄ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
DP - 01	0.02	0.00	0.02	0.02
DP - 02	0.02	0.03	0.03	0.02
DP - 03	0.00	0.02	0.03	0.02
DP - 04	0.03	0.02	0.02	0.02
DP - 05	0.02	0.03	0.02	0.02
DP - 06	0.03	0.02	0.02	0.03
DP - 07	0.02	0.02	0.03	0.02
DP - 08	0.00	0.02	0.02	0.02
DP - 09	0.01	0.01	0.01	0.01
DP - 10	0.01	0.01	0.02	0.00
DP - 11	0.00	0.01	0.01	0.01
DP - 12	0.01	0.01	0.02	0.02
DP - 13	0.01	0.01	0.01	0.01
DP - 14	0.01	0.01	0.01	0.01

Nota. La tabla presenta las concentraciones de Sulfuro de hidrógeno (H₂S), Dióxido de azufre (SO₂), Metano (CH₄) y Dióxido de nitrógeno (NO₂) registradas a las 6:00 a.m., expresadas (µg/m³). Los valores más bajos se registraron en los puntos DP-09 a DP-14, mientras que las concentraciones más altas se observaron en DP-02, DP-04, DP-05, DP-07 y DP-06.

Figura 6
Distribución de gases a las 6:00 a.m.



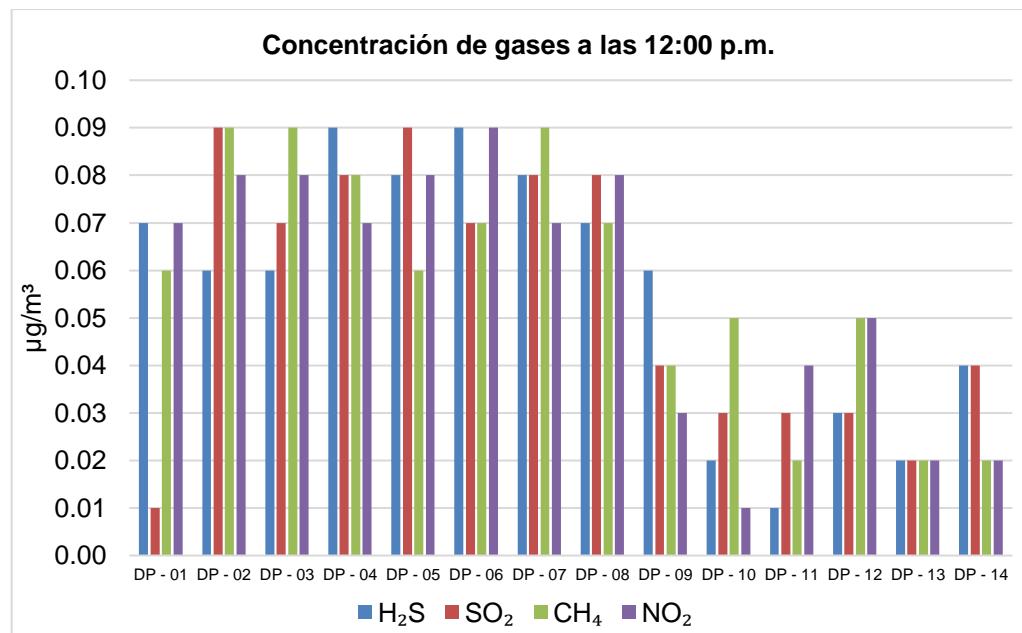
Nota. El gráfico muestra la distribución de las concentraciones de Sulfuro de hidrógeno (H₂S), Dióxido de azufre (SO₂), Metano (CH₄) y Dióxido de nitrógeno (NO₂) a las 6:00 a.m. en los puntos de monitoreo evaluados. Se observa que el CH₄ y el H₂S alcanzaron valores relativamente más altos en los puntos DP-02, DP-04, DP-05 y DP-06, mientras que el SO₂ presentó ligeros incrementos en DP-02 y DP-05. En contraste, las concentraciones más bajas de todos los gases se registraron en los puntos DP-09 a DP-14, evidenciando una tendencia de menor presencia de contaminantes en la zona final de los canales pluviales.

Tabla 12
Concentración de gases a las 12:00 p.m.

Punto de Monitoreo	H ₂ S (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	CH ₄ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
DP - 01	0.07	0.01	0.06	0.07
DP - 02	0.06	0.09	0.09	0.08
DP - 03	0.06	0.07	0.09	0.08
DP - 04	0.09	0.08	0.08	0.07
DP - 05	0.08	0.09	0.06	0.08
DP - 06	0.09	0.07	0.07	0.09
DP - 07	0.08	0.08	0.09	0.07
DP - 08	0.07	0.08	0.07	0.08
DP - 09	0.06	0.04	0.04	0.03
DP - 10	0.02	0.03	0.05	0.01
DP - 11	0.01	0.03	0.02	0.04
DP - 12	0.03	0.03	0.05	0.05
DP - 13	0.02	0.02	0.02	0.02
DP - 14	0.04	0.04	0.02	0.02

Nota. La tabla presenta las concentraciones de Sulfuro de hidrógeno (H₂S), Dióxido de azufre (SO₂), Metano (CH₄) y Dióxido de nitrógeno (NO₂) a las 12:00 p.m. (µg/m³). Los valores más elevados se registraron en DP-02, DP-03, DP-04, DP-05, DP-06 y DP-07, mientras que las concentraciones más bajas se observaron en DP-10, DP-11, DP-13 y DP-14.

Figura 7
Distribución de gases a las 12:00 p.m.



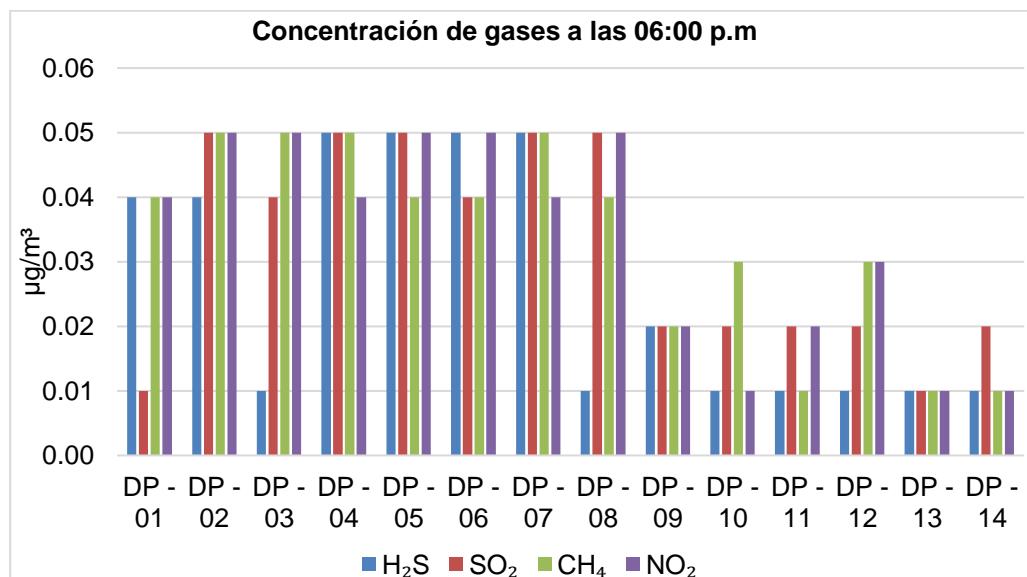
Nota. El gráfico refleja la variación de los cuatro gases a las 12:00 p.m. Se identifican picos de H₂S en DP-04 y DP-06, de SO₂ en DP-02 y DP-05, de CH₄ en DP-02, DP-03 y DP-07, y de NO₂ en DP-06. En contraste, los niveles más bajos de todos los gases se registraron principalmente en DP-10, DP-11, DP-13 y DP-14, mostrando un descenso hacia los puntos finales de monitoreo.

Tabla 13
Concentración de gases a las 6:00 p.m.

Punto de Monitoreo	H ₂ S (μg/m ³)	SO ₂ (μg/m ³)	CH ₄ (μg/m ³)	NO ₂ (μg/m ³)
DP - 01	0.04	0.01	0.04	0.04
DP - 02	0.04	0.05	0.05	0.05
DP - 03	0.01	0.04	0.05	0.05
DP - 04	0.05	0.05	0.05	0.04
DP - 05	0.05	0.05	0.04	0.05
DP - 06	0.05	0.04	0.04	0.05
DP - 07	0.05	0.05	0.05	0.04
DP - 08	0.01	0.05	0.04	0.05
DP - 09	0.02	0.02	0.02	0.02
DP - 10	0.01	0.02	0.03	0.01
DP - 11	0.01	0.02	0.01	0.02
DP - 12	0.01	0.02	0.03	0.03
DP - 13	0.01	0.01	0.01	0.01
DP - 14	0.01	0.02	0.01	0.01

Nota. La tabla presenta las concentraciones de Sulfuro de hidrógeno (H₂S), Dióxido de azufre (SO₂), Metano (CH₄) y Dióxido de nitrógeno (NO₂) registradas a las 6:00 p.m. (μg/m³). Se identifican valores más elevados en los puntos DP-02 a DP-07, mientras que las concentraciones más reducidas corresponden a los puntos DP-10 a DP-14.

Figura 8
Distribución de gases a las 6:00 p.m.



Nota. El gráfico refleja la distribución espacial de los gases evaluados a las 6:00 p.m., donde se distinguen picos de H₂S en DP-04 a DP-07, incrementos de SO₂ en DP-02, DP-04, DP-05 y DP-07, y mayores niveles de CH₄ y NO₂ en DP-02 a DP-04. En contraste, los puntos DP-10 a DP-14 presentan una marcada disminución en todos los compuestos.

Los resultados evidencian variaciones notables en las concentraciones de los gases según el horario de muestreo. A las 6:00 a.m. las concentraciones fueron generalmente bajas y uniformes, predominando valores reducidos de SO_2 y NO_2 , con ligeros incrementos de H_2S y CH_4 en puntos como DP-02, DP-04 y DP-06. A las 12:00 p.m. se registraron las concentraciones más elevadas del día, observándose aumentos marcados de SO_2 en DP-02, DP-05 y DP-06, así como picos de CH_4 y NO_2 en DP-02 a DP-04; en este horario también destacó el H_2S en DP-04 y DP-06. Finalmente, a las 6:00 p.m. se presentó una disminución general de los compuestos, con concentraciones moderadas de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 en DP-02 a DP-07, y los valores más bajos registrados en DP-09 a DP-14. Esto indica que el mediodía concentra los niveles más altos de gases, mientras que la mañana y, sobre todo, la tarde muestran valores más reducidos, reflejando un comportamiento descendente hacia el final del día.

4.1.2. REGISTRO DE LA PRECIPITACIÓN EN CANALES PLUVIALES DURANTE EL MONITOREO

Tabla 14

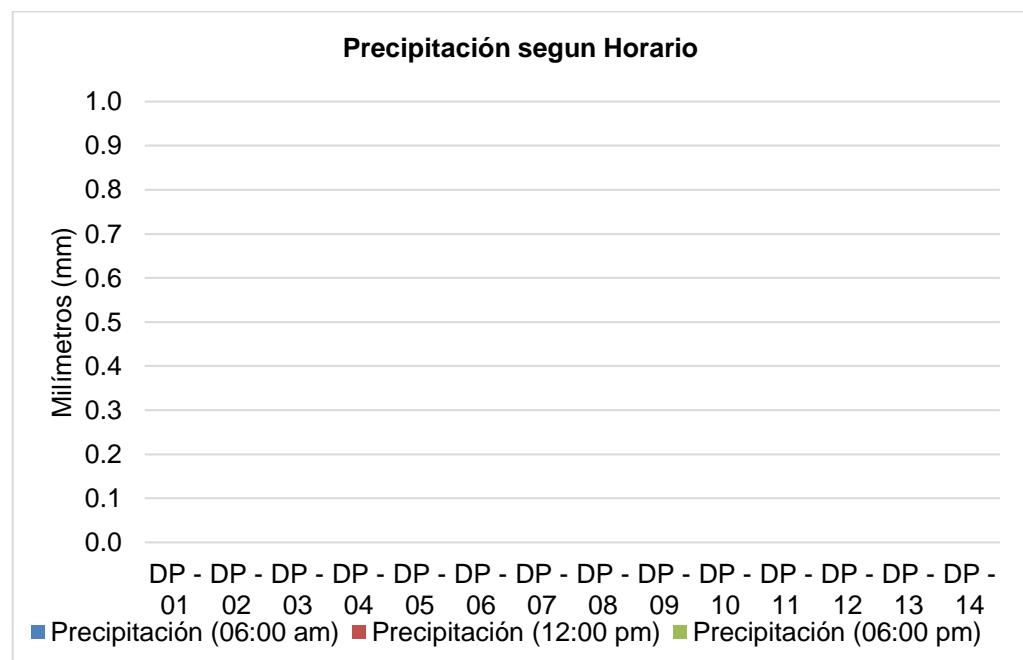
Valores expresados en milímetros (mm) acumulados en tres horarios de muestreo (06:00, 12:00 y 18:00 h)

Canal pluvial	Precipitación (06:00 am)	Precipitación (12:00 pm)	Precipitación (06:00 pm)
DP - 01	0.0	0.0	0.0
DP - 02	0.0	0.0	0.0
DP - 03	0.0	0.0	0.0
DP - 04	0.0	0.0	0.0
DP - 05	0.0	0.0	0.0
DP - 06	0.0	0.0	0.0
DP - 07	0.0	0.0	0.0
DP - 08	0.0	0.0	0.0
DP - 09	0.0	0.0	0.0
DP - 10	0.0	0.0	0.0
DP - 11	0.0	0.0	0.0
DP - 12	0.0	0.0	0.0
DP - 13	0.0	0.0	0.0
DP - 14	0.0	0.0	0.0

Nota. La tabla muestra que durante el periodo de evaluación no se registró precipitación en ninguno de los puntos de monitoreo, con valores constantes de 0.0 mm en todos los horarios.

Figura 9

Valores expresados en milímetros (mm) a las 06:00, 12:00 y 18:00 h



Nota. El gráfico muestra ausencia de lluvias durante el monitoreo, con valores constantes de 0.0 mm en todos los puntos.

4.1.3. DIFERENCIAS DE CONCENTRACIONES DEL SULFURO DE HIDRÓGENO (H_2S), 5 METROS ANTES Y DESPUÉS DEL PUNTO DEL DRENAJE PLUVIAL

Tabla 15

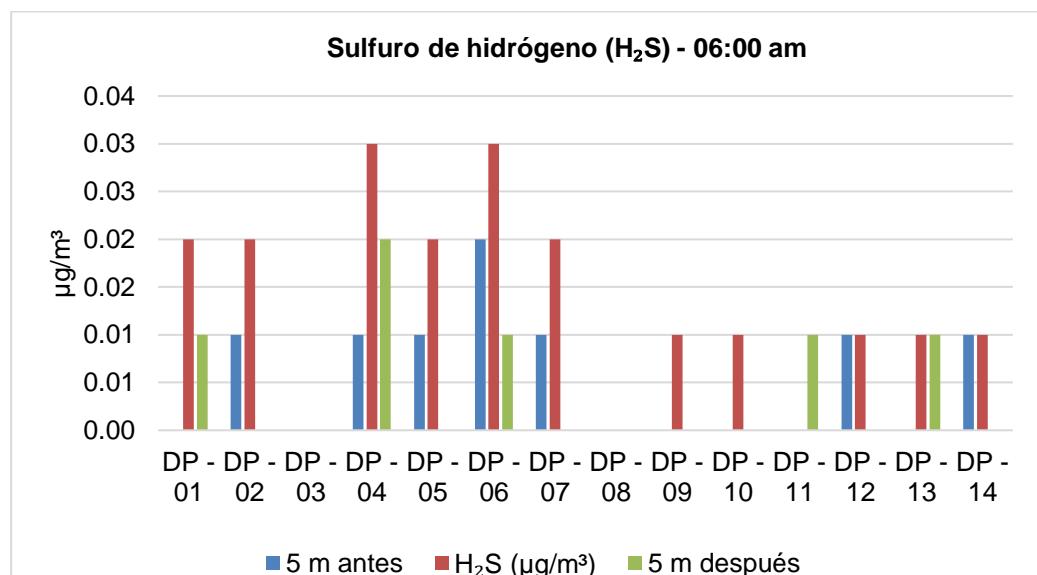
Concentraciones de H_2S registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (6:00 a.m.)

Canal pluvial	5 m antes	H_2S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5 m después
DP - 01	0.00	0.02	0.01
DP - 02	0.01	0.02	0.00
DP - 03	0.00	0.00	0.00
DP - 04	0.01	0.03	0.02
DP - 05	0.01	0.02	0.00
DP - 06	0.02	0.03	0.01
DP - 07	0.01	0.02	0.00
DP - 08	0.00	0.00	0.00
DP - 09	0.00	0.01	0.00
DP - 10	0.00	0.01	0.00
DP - 11	0.00	0.00	0.01
DP - 12	0.01	0.01	0.00
DP - 13	0.00	0.01	0.01
DP - 14	0.01	0.01	0.00

Nota. La tabla presenta las concentraciones de sulfuro de hidrógeno (H_2S) medidas en los drenajes pluviales, comparando los registros tomados a 5 metros antes y después del punto central a las 6:00 a.m. Los valores más elevados se identificaron en DP-04 y DP-06, alcanzando hasta $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que los niveles más bajos se encontraron en DP-03 y DP-08, con ausencia del gas en ambos extremos.

Figura 10

Comparación visual del H_2S a 5 metros antes y después en los drenajes pluviales



Nota. El gráfico ilustra la comparación de las concentraciones de H_2S antes y después del punto de muestreo en cada drenaje. Se distinguen incrementos en DP-04, DP-06 y DP-01, donde los valores posteriores superan a los iniciales. En contraste, en DP-02, DP-05 y DP-07 se observa una ligera reducción. Los puntos DP-03 y DP-08 resaltan como los de menor incidencia al no registrar presencia del gas.

Tabla 16

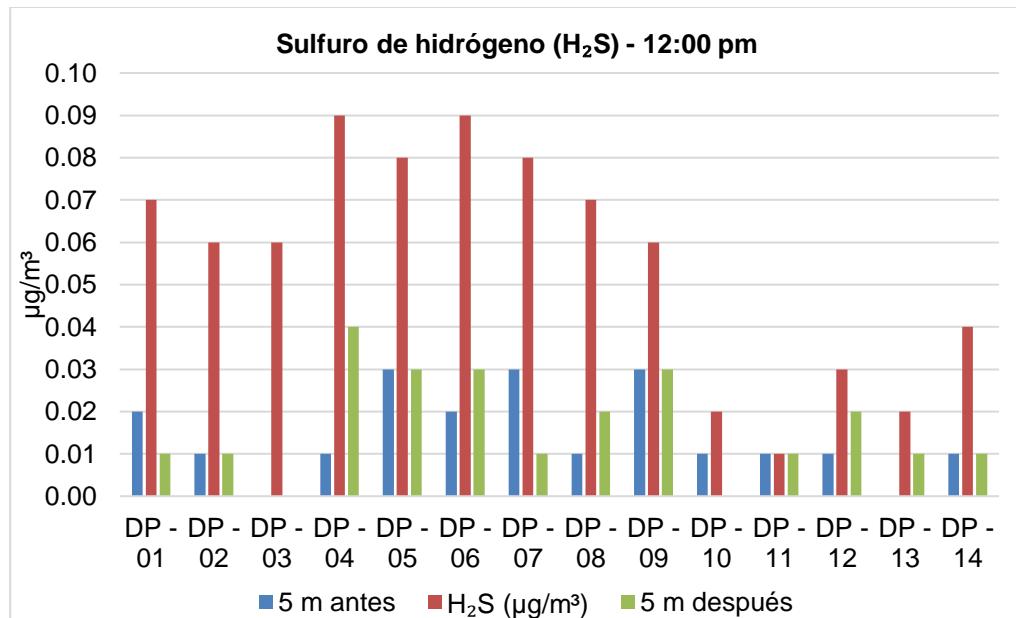
Concentraciones de H_2S registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (12:00 p.m.)

Canal pluvial	5 m antes	H_2S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5 m después
DP - 01	0.02	0.07	0.01
DP - 02	0.01	0.06	0.01
DP - 03	0.00	0.06	0.00
DP - 04	0.01	0.09	0.04
DP - 05	0.03	0.08	0.03
DP - 06	0.02	0.09	0.03
DP - 07	0.03	0.08	0.01
DP - 08	0.01	0.07	0.02
DP - 09	0.03	0.06	0.03
DP - 10	0.01	0.02	0.00
DP - 11	0.01	0.01	0.01
DP - 12	0.01	0.03	0.02
DP - 13	0.00	0.02	0.01
DP - 14	0.01	0.04	0.01

Nota. La tabla muestra las concentraciones de H_2S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a 5 m antes y 5 m después del punto central. Los máximos se registran en los puntos centrales DP-04 y DP-06 (0.09), seguidos por DP-05 y DP-07 (0.08); los mínimos aparecen en DP-11 (0.01) y DP-10/DP-13 (0.02). En general, el punto central supera a las mediciones laterales en casi todos los drenajes.

Figura 11

Comparación gráfica de H_2S a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje



Nota. El gráfico muestra que las concentraciones más altas de H_2S se presentan en los puntos centrales, especialmente en DP-04 y DP-06. En contraste, los valores más bajos se observan en los laterales de DP-03, DP-10 y DP-11. En la mayoría de drenajes el punto central es superior, aunque en algunos como DP-01 y DP-07 los valores 5 metros antes del punto resultan mayores que 5 metros después.

Tabla 17

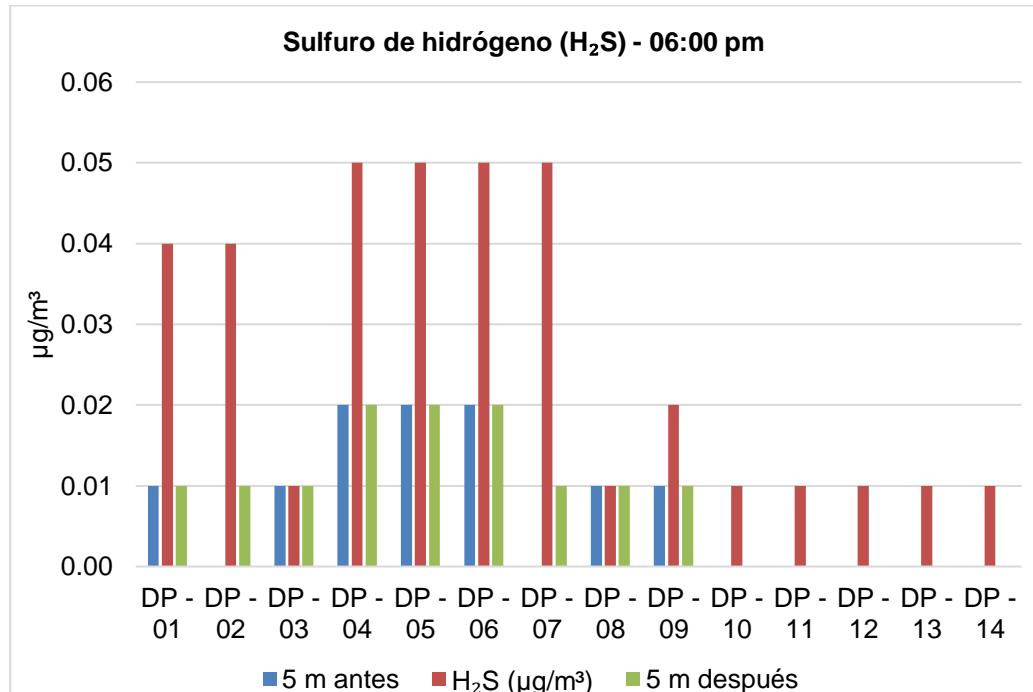
Concentraciones de H_2S registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (6:00 p.m.)

Canal pluvial	5 m antes	H_2S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5 m después
DP - 01	0.01	0.04	0.01
DP - 02	0.00	0.04	0.01
DP - 03	0.01	0.01	0.01
DP - 04	0.02	0.05	0.02
DP - 05	0.02	0.05	0.02
DP - 06	0.02	0.05	0.02
DP - 07	0.00	0.05	0.01
DP - 08	0.01	0.01	0.01
DP - 09	0.01	0.02	0.01
DP - 10	0.00	0.01	0.00
DP - 11	0.00	0.01	0.00
DP - 12	0.00	0.01	0.00
DP - 13	0.00	0.01	0.00
DP - 14	0.00	0.01	0.00

Nota. La tabla muestra que las concentraciones más elevadas de H_2S se encuentran en los puntos centrales, principalmente en DP-04, DP-05, DP-06 y DP-07 con valores de hasta $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que los niveles más bajos se registran en los extremos, destacando DP-10 al DP-14 con valores mínimos de 0.00 a $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 12

Comparación gráfica de H_2S a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje



Nota. El gráfico muestra una clara diferencia entre zonas centrales y periféricas: los drenajes como DP-04 a DP-07 concentran los picos más altos, en tanto que los puntos finales como DP-10, DP-11 y DP-12 reflejan niveles prácticamente nulos. Esta tendencia resalta una mayor acumulación de H_2S en sectores intermedios del canal pluvial.

4.1.4. DIFERENCIAS DE CONCENTRACIONES DEL DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2), 5 METROS ANTES Y DESPUÉS DEL PUNTO DEL DRENAJE PLUVIAL

Tabla 18

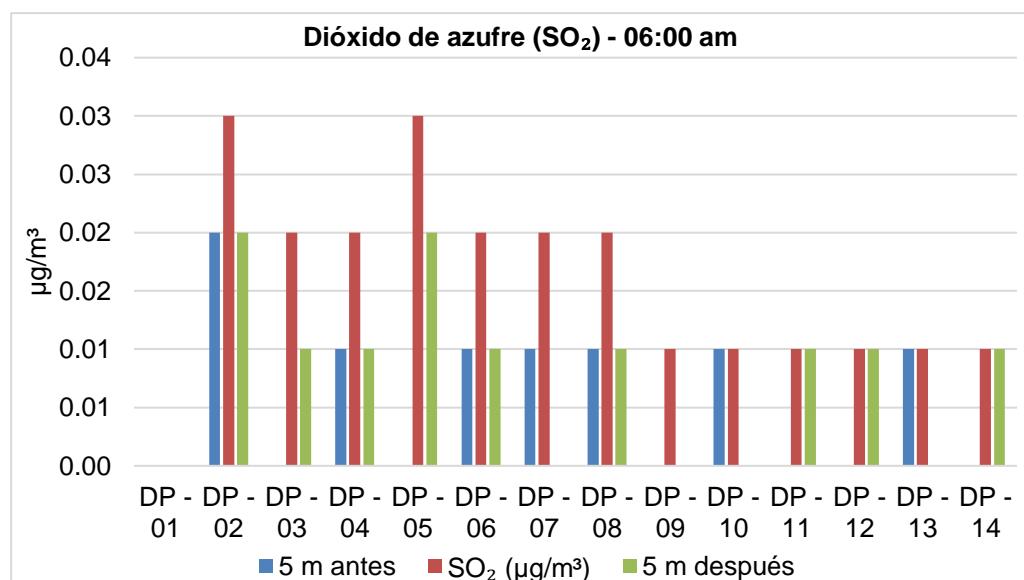
Concentraciones de SO_2 registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (6:00 a.m.)

Canal pluvial	5 m antes	SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5 m después
DP - 01	0.00	0.00	0.00
DP - 02	0.02	0.03	0.02
DP - 03	0.00	0.02	0.01
DP - 04	0.01	0.02	0.01
DP - 05	0.00	0.03	0.02
DP - 06	0.01	0.02	0.01
DP - 07	0.01	0.02	0.00
DP - 08	0.01	0.02	0.01
DP - 09	0.00	0.01	0.00
DP - 10	0.01	0.01	0.00
DP - 11	0.00	0.01	0.01
DP - 12	0.00	0.01	0.01
DP - 13	0.01	0.01	0.00
DP - 14	0.00	0.01	0.01

Nota. La tabla muestra que los valores más altos de SO_2 se presentan en los puntos DP-02 y DP-05, con incrementos hasta $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en la mayoría de los puntos los niveles son bajos y constantes, manteniéndose entre 0.00 y $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 13

Comparación gráfica de SO_2 a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje



Nota. El gráfico muestra que los drenajes DP-02 y DP-05 concentran los picos más notorios de SO_2 , en contraste con los valores nulos observados en puntos como DP-01, DP-09 y DP-11. La tendencia general indica bajas concentraciones con ligeras elevaciones en sectores puntuales.

Tabla 19

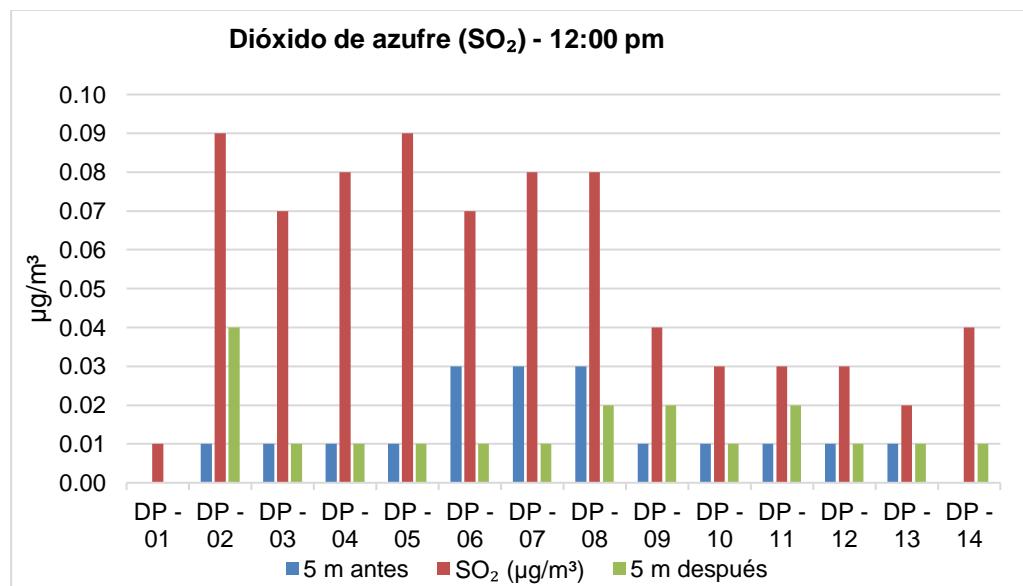
Concentraciones de SO_2 registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (12:00 p.m.)

Canal pluvial	5 m antes	SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5 m después
DP - 01	0.00	0.01	0.00
DP - 02	0.01	0.09	0.04
DP - 03	0.01	0.07	0.01
DP - 04	0.01	0.08	0.01
DP - 05	0.01	0.09	0.01
DP - 06	0.03	0.07	0.01
DP - 07	0.03	0.08	0.01
DP - 08	0.03	0.08	0.02
DP - 09	0.01	0.04	0.02
DP - 10	0.01	0.03	0.01
DP - 11	0.01	0.03	0.02
DP - 12	0.01	0.03	0.01
DP - 13	0.01	0.02	0.01
DP - 14	0.00	0.04	0.01

Nota. La tabla muestra las concentraciones de SO_2 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los picos del punto central se observan en DP-02 y DP-05 (0.09), seguidos por DP-04, DP-07 y DP-08 (0.08) y DP-03 y DP-06 (0.07); los más bajos en DP-01 (0.01) y DP-13 (0.02). A 5 metros antes, el valor más alto fue 0.03 (DP-06–DP-08) y a 5 metros después, el máximo alcanzó 0.04 (DP-02), mientras que varios puntos se mantuvieron cercanos a 0.00.

Figura 14

Comparación gráfica de SO_2 a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje



Nota. El gráfico muestra que las concentraciones centrales de SO_2 son más altas, con picos en DP-02 y DP-05, seguidos por DP-04, DP-07 y DP-08. En contraste, los valores más bajos se registran en DP-01 y en DP-10 a DP-13. Además, en DP-06 a DP-08 los niveles a 5 metros antes superan a los de 5 metros después, mientras que en DP-02 ocurre lo contrario.

Tabla 20

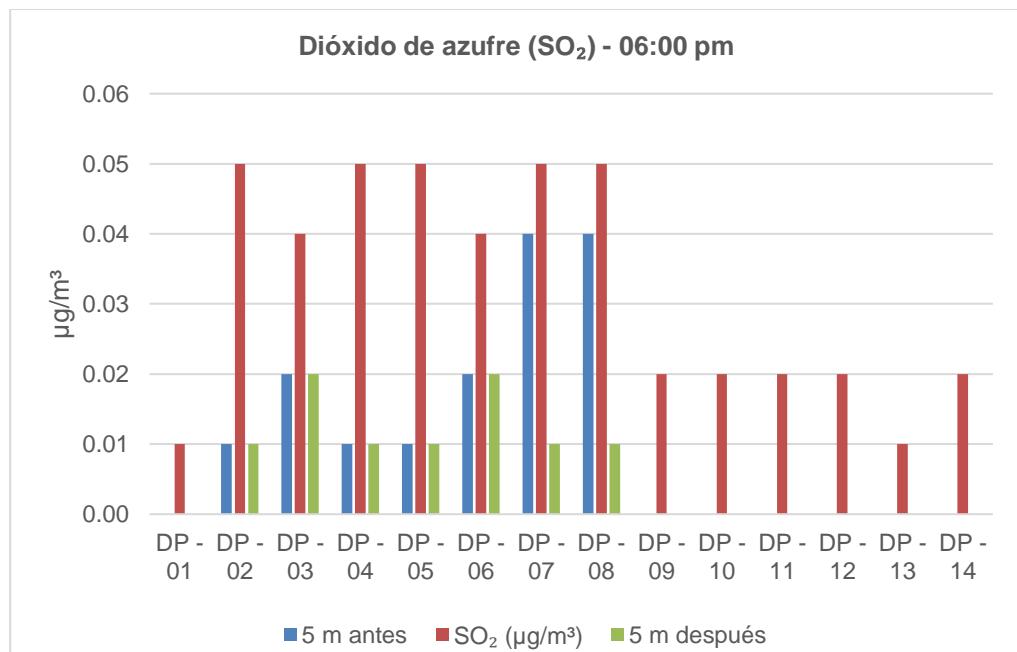
Concentraciones de SO_2 registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (06:00 p.m.)

Canal pluvial	5 m antes	SO_2 ($\mu g/m^3$)	5 m después
DP - 01	0.00	0.01	0.00
DP - 02	0.01	0.05	0.01
DP - 03	0.02	0.04	0.02
DP - 04	0.01	0.05	0.01
DP - 05	0.01	0.05	0.01
DP - 06	0.02	0.04	0.02
DP - 07	0.04	0.05	0.01
DP - 08	0.04	0.05	0.01
DP - 09	0.00	0.02	0.00
DP - 10	0.00	0.02	0.00
DP - 11	0.00	0.02	0.00
DP - 12	0.00	0.02	0.00
DP - 13	0.00	0.01	0.00
DP - 14	0.00	0.02	0.00

Nota. La tabla muestra que los valores más altos de SO_2 se registraron en DP-07 y DP-08 ($0.04 \mu g/m^3$ a 5 metros antes y $0.05 \mu g/m^3$ en el punto central), mientras que concentraciones intermedias se observaron en DP-02, DP-04, DP-05 y DP-06. En contraste, los niveles más bajos se detectaron en DP-01 y DP-09 a DP-14, donde la mayoría de mediciones se mantuvo en $0.00 \mu g/m^3$ antes y después.

Figura 15

Comparación gráfica de SO_2 a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje



Nota. El gráfico muestra que las concentraciones más altas de SO_2 se presentan en DP-07 y DP-08, seguidas de DP-02, DP-04, DP-05 y DP-06, con incrementos marcados en el punto central. Por otro lado, los valores más bajos se evidencian en DP-01 y DP-09 a DP-14, con registros cercanos a cero. La comparación indica que la mayoría de puntos reflejan un aumento en el centro respecto a los extremos.

4.1.5. DIFERENCIAS DE CONCENTRACIONES METANO (CH₄), 5 METROS ANTES Y DESPUÉS DEL PUNTO DEL DRENAJE PLUVIAL

Tabla 21

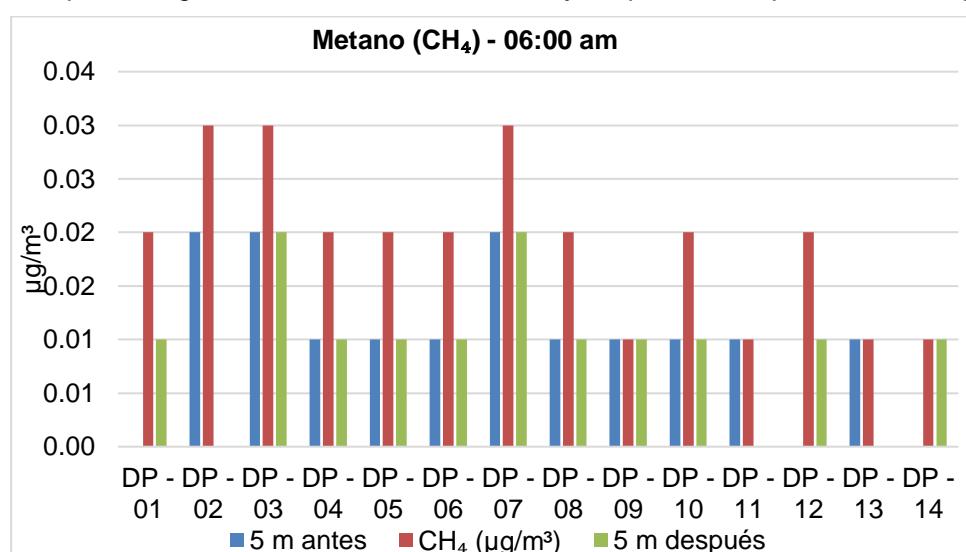
Concentraciones de CH₄ registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (06:00 a.m.)

Canal pluvial	5 m antes	CH ₄ (µg/m ³)	5 m después
DP - 01	0.00	0.02	0.01
DP - 02	0.02	0.03	0.00
DP - 03	0.02	0.03	0.02
DP - 04	0.01	0.02	0.01
DP - 05	0.01	0.02	0.01
DP - 06	0.01	0.02	0.01
DP - 07	0.02	0.03	0.02
DP - 08	0.01	0.02	0.01
DP - 09	0.01	0.01	0.01
DP - 10	0.01	0.02	0.01
DP - 11	0.01	0.01	0.00
DP - 12	0.00	0.02	0.01
DP - 13	0.01	0.01	0.00
DP - 14	0.00	0.01	0.01

Nota. La tabla muestra que los valores más altos de CH₄ se registraron en DP-02, DP-03 y DP-07 (0.02 µg/m³ a 5 metros antes y 0.03 µg/m³ en el punto central). Los niveles más bajos se evidencian en DP-01, DP-12, DP-13 y DP-14, con concentraciones iniciales de 0.00 µg/m³. En general, la mayoría de puntos presentan incrementos leves en el centro respecto a los extremos.

Figura 16

Comparación gráfica de CH₄ a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje



Nota. El gráfico muestra que las concentraciones más elevadas de metano corresponden a DP-02, DP-03 y DP-07, con valores que alcanzan 0.03 µg/m³ en el punto central. En contraste, las menores concentraciones se registran en DP-01, DP-12, DP-13 y DP-14, donde las mediciones antes del drenaje son nulas.

Tabla 22

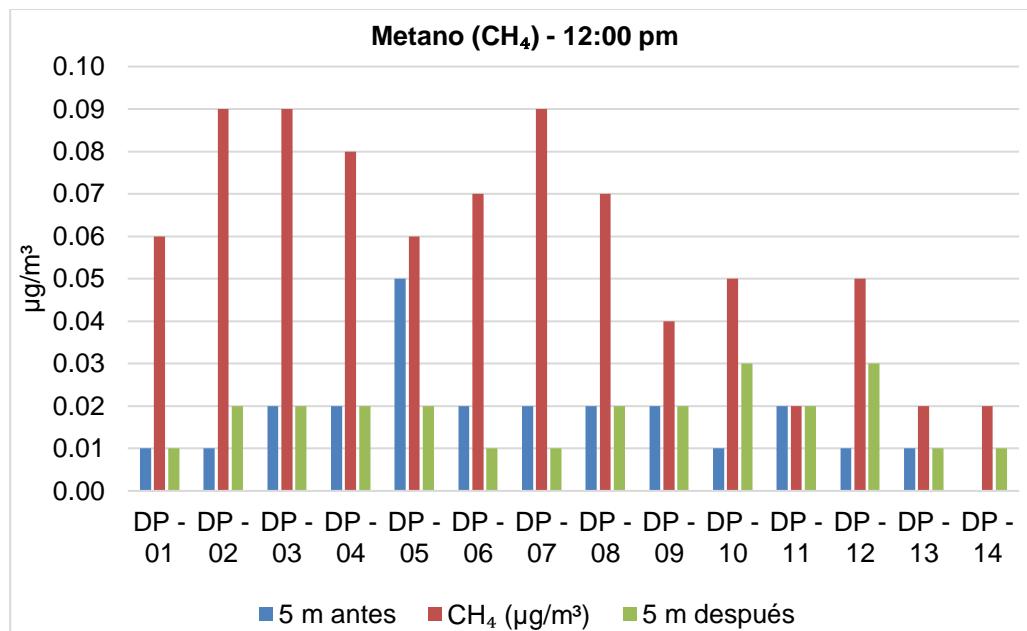
Concentraciones de CH_4 registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (12:00 p.m.)

Canal pluvial	5 m antes	CH_4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5 m después
DP - 01	0.01	0.06	0.01
DP - 02	0.01	0.09	0.02
DP - 03	0.02	0.09	0.02
DP - 04	0.02	0.08	0.02
DP - 05	0.05	0.06	0.02
DP - 06	0.02	0.07	0.01
DP - 07	0.02	0.09	0.01
DP - 08	0.02	0.07	0.02
DP - 09	0.02	0.04	0.02
DP - 10	0.01	0.05	0.03
DP - 11	0.02	0.02	0.02
DP - 12	0.01	0.05	0.03
DP - 13	0.01	0.02	0.01
DP - 14	0.00	0.02	0.01

Nota. La tabla muestra que las concentraciones más altas de CH_4 se presentaron en DP-02, DP-03 y DP-07, con valores de hasta $0.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el centro. El punto DP-05 también destacó con $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 5 metros antes. En contraste, las concentraciones más bajas se registraron en DP-14, con $0.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ antes y solo $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el centro. En general, los valores centrales superan a los de los extremos.

Figura 17

Comparación gráfica de CH_4 a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje



Nota. El gráfico muestra un incremento notable de CH_4 en los puntos DP-02, DP-03 y DP-07, con concentraciones centrales de $0.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los puntos DP-01, DP-10 y DP-12 reflejan aumentos moderados, mientras que DP-14 registra las concentraciones más bajas. La tendencia general evidencia mayores valores en el centro respecto a los 5 metros antes y después.

Tabla 23

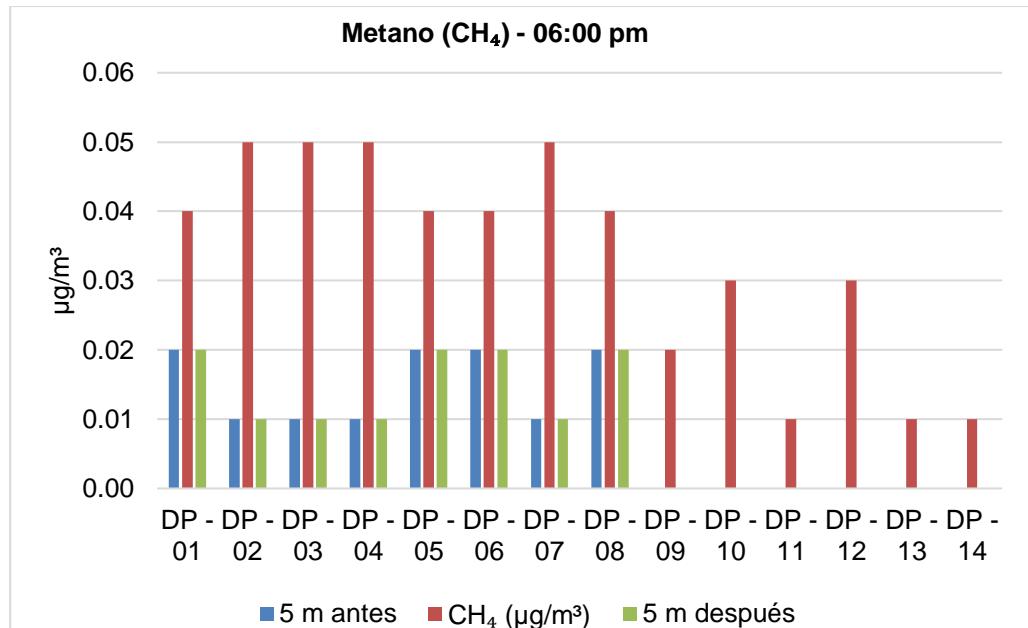
Concentraciones de CH_4 registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (06:00 p.m.)

Canal pluvial	5 m antes	CH_4 ($\mu g/m^3$)	5 m después
DP - 01	0.02	0.04	0.02
DP - 02	0.01	0.05	0.01
DP - 03	0.01	0.05	0.01
DP - 04	0.01	0.05	0.01
DP - 05	0.02	0.04	0.02
DP - 06	0.02	0.04	0.02
DP - 07	0.01	0.05	0.01
DP - 08	0.02	0.04	0.02
DP - 09	0.00	0.02	0.00
DP - 10	0.00	0.03	0.00
DP - 11	0.00	0.01	0.00
DP - 12	0.00	0.03	0.00
DP - 13	0.00	0.01	0.00
DP - 14	0.00	0.01	0.00

Nota. La tabla muestra que los mayores valores de CH_4 se presentan en DP-02, DP-03, DP-04 y DP-07, con concentraciones de $0.05 \mu g/m^3$ en el centro. Los puntos DP-01, DP-05, DP-06 y DP-08 presentan niveles intermedios de $0.04 \mu g/m^3$. En contraste, DP-11, DP-13 y DP-14 registran las concentraciones más bajas, cercanas a $0.01 \mu g/m^3$ o menores, lo que evidencia un patrón de disminución en los tramos finales.

Figura 18

Comparación gráfica de CH_4 a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje



Nota. El gráfico muestra picos de concentración en DP-02, DP-03, DP-04 y DP-07, con valores de $0.05 \mu g/m^3$ en el centro. Los puntos DP-01, DP-05, DP-06 y DP-08 reflejan niveles intermedios, mientras que los últimos drenajes (DP-11 al DP-14) presentan mínimos absolutos, sin superar $0.01 \mu g/m^3$. La tendencia confirma mayor presencia de metano en los primeros puntos monitoreados.

4.1.6. DIFERENCIAS DE CONCENTRACIONES DEL DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2), 5 METROS ANTES Y DESPUÉS DEL PUNTO DEL DRENAJE PLUVIAL

Tabla 24

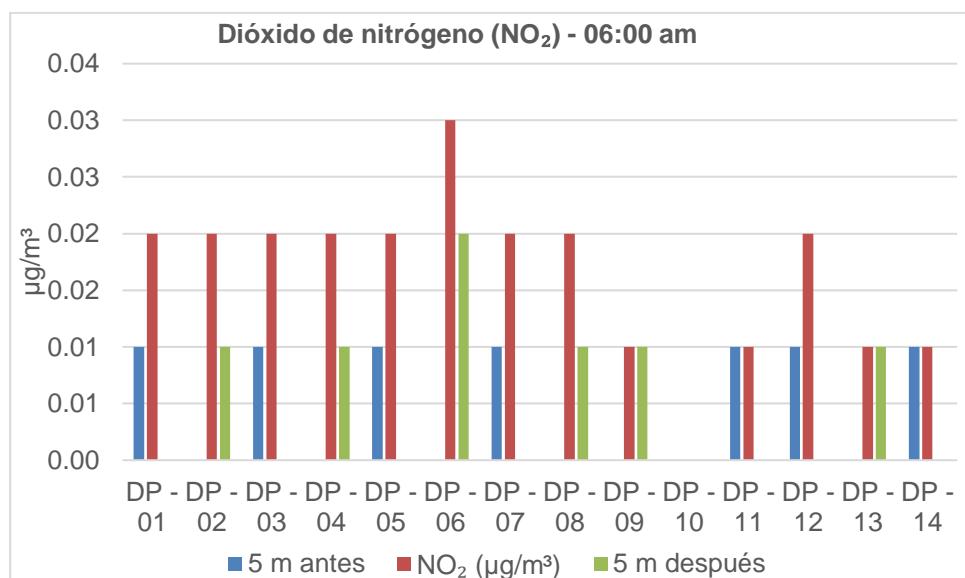
Concentraciones de NO_2 registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (06:00 a.m.)

Canal pluvial	5 m antes	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5 m después
DP - 01	0.01	0.02	0.00
DP - 02	0.00	0.02	0.01
DP - 03	0.01	0.02	0.00
DP - 04	0.00	0.02	0.01
DP - 05	0.01	0.02	0.00
DP - 06	0.00	0.03	0.02
DP - 07	0.01	0.02	0.00
DP - 08	0.00	0.02	0.01
DP - 09	0.00	0.01	0.01
DP - 10	0.00	0.00	0.00
DP - 11	0.01	0.01	0.00
DP - 12	0.01	0.02	0.00
DP - 13	0.00	0.01	0.01
DP - 14	0.01	0.01	0.00

Nota. Los valores de NO_2 son bajos en todos los puntos monitoreados. Destacan DP-06 con el mayor valor (0.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el centro), seguido de incrementos menores en DP-02, DP-04 y DP-08 (0.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). La mayoría de puntos (DP-09 a DP-14) presentan valores mínimos entre 0.00 y 0.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, reflejando una concentración estable y sin riesgos.

Figura 19

Comparación gráfica de NO_2 a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje



Nota. El gráfico evidencia un pico puntual en DP-06 (0.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y ligeras variaciones en los drenajes DP-02, DP-04 y DP-08. El resto de los puntos muestran valores cercanos a 0.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o menores, lo que confirma que las concentraciones de NO_2 se mantienen en niveles bajos y estables durante la mañana.

Tabla 25

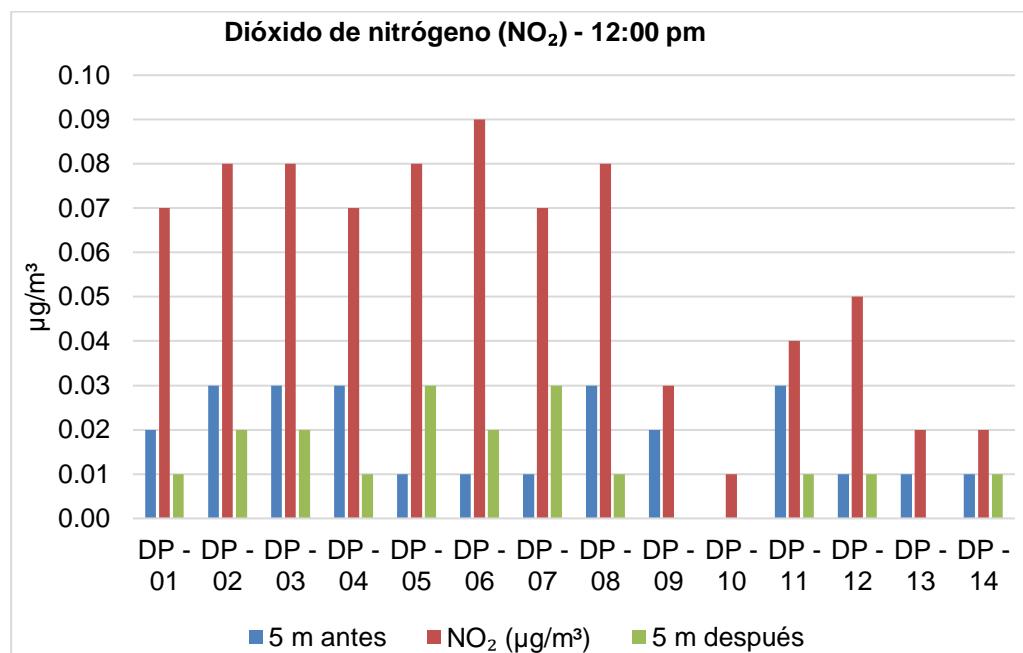
Concentraciones de NO_2 registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (12:00 p.m.)

Canal pluvial	5 m antes	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5 m después
DP - 01	0.02	0.07	0.01
DP - 02	0.03	0.08	0.02
DP - 03	0.03	0.08	0.02
DP - 04	0.03	0.07	0.01
DP - 05	0.01	0.08	0.03
DP - 06	0.01	0.09	0.02
DP - 07	0.01	0.07	0.03
DP - 08	0.03	0.08	0.01
DP - 09	0.02	0.03	0.00
DP - 10	0.00	0.01	0.00
DP - 11	0.03	0.04	0.01
DP - 12	0.01	0.05	0.01
DP - 13	0.01	0.02	0.00
DP - 14	0.01	0.02	0.01

Nota. Los valores de NO_2 son más elevados respecto a la mañana, alcanzando hasta $0.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en DP-06. La mayoría de drenajes (DP-01 a DP-08) muestran concentraciones intermedias entre 0.07 y $0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En contraste, los puntos DP-10, DP-13 y DP-14 presentan los niveles más bajos, con valores cercanos a 0.00 – $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 20

Comparación gráfica de NO_2 a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje



Nota. El gráfico revela un pico máximo en DP-06 ($0.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y una franja elevada en drenajes cercanos (DP-02 a DP-05, DP-08) con valores entre 0.07 y $0.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los puntos finales del recorrido (DP-10, DP-13, DP-14) evidencian niveles bajos, lo que sugiere una reducción progresiva en la dispersión hacia esas zonas.

Tabla 26

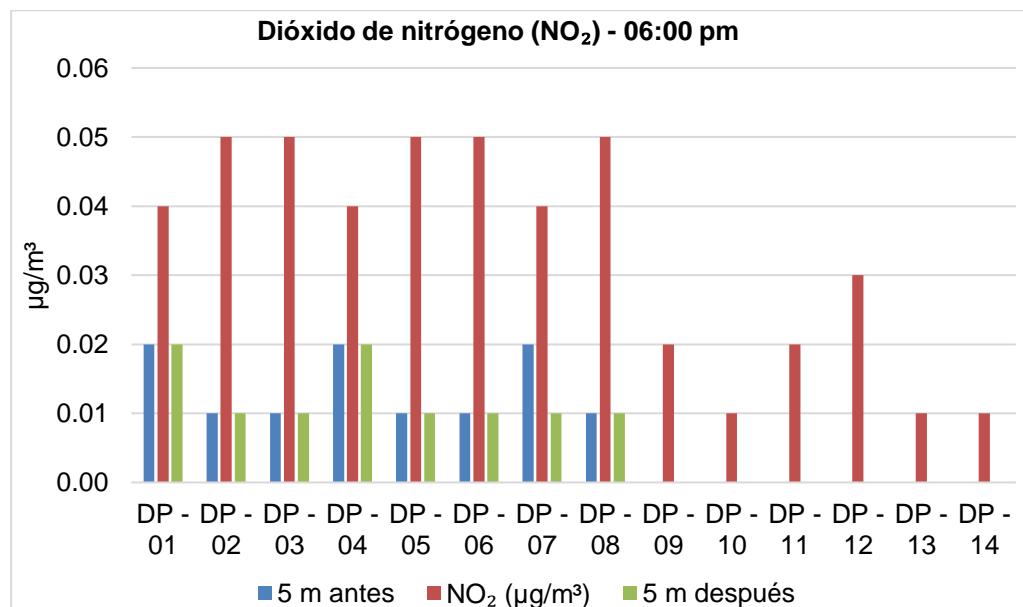
Concentraciones de NO_2 registradas 5 metros antes y después del punto de muestreo (06:00 p.m.)

Canal pluvial	5 m antes	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5 m después
DP - 01	0.02	0.04	0.02
DP - 02	0.01	0.05	0.01
DP - 03	0.01	0.05	0.01
DP - 04	0.02	0.04	0.02
DP - 05	0.01	0.05	0.01
DP - 06	0.01	0.05	0.01
DP - 07	0.02	0.04	0.01
DP - 08	0.01	0.05	0.01
DP - 09	0.00	0.02	0.00
DP - 10	0.00	0.01	0.00
DP - 11	0.00	0.02	0.00
DP - 12	0.00	0.03	0.00
DP - 13	0.00	0.01	0.00
DP - 14	0.00	0.01	0.00

Nota. Los valores de NO_2 en la tarde son moderados y homogéneos, con máximos de $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en varios drenajes (DP-02, DP-03, DP-05, DP-06 y DP-08). En contraste, los drenajes finales (DP-09 al DP-14) muestran niveles bajos, entre 0.00 y $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, indicando una menor concentración hacia estas zonas.

Figura 21

Comparación gráfica de NO_2 a 5 metros antes y después de los puntos de drenaje



Nota. El gráfico evidencia una franja central con valores elevados y repetitivos (0.04 – $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en los drenajes DP-02 al DP-08, mientras que los últimos puntos (DP-09 al DP-14) presentan descensos notables, estabilizándose cerca de $0.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esto refleja una disminución progresiva de contaminante hacia el final del canal.

4.1.7. VARIACIÓN TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE GASES EN TRES HORARIOS DEL DRENAJE PLUVIAL EN HUÁNUCO

Tabla 27

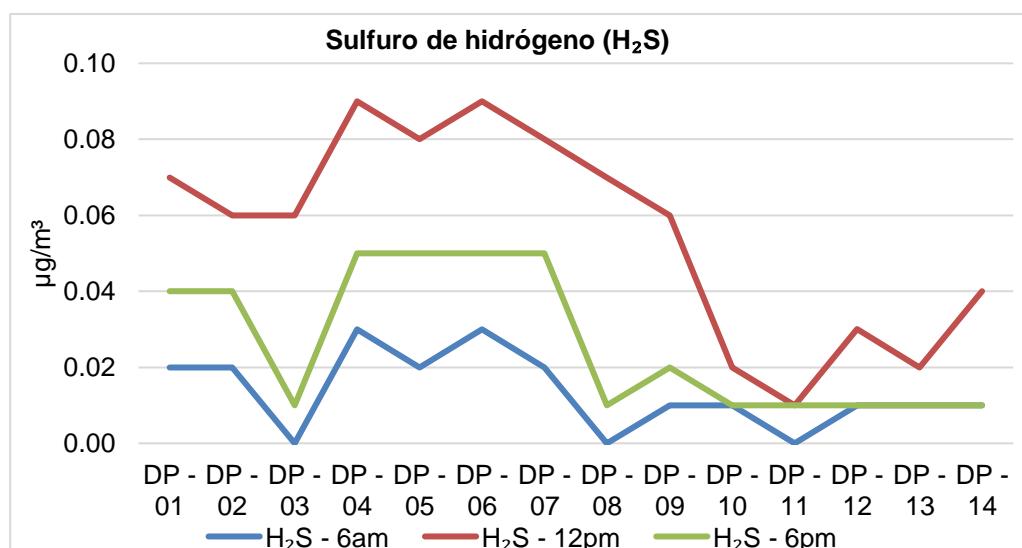
Variación temporal del H_2S en los drenajes pluviales de Huánuco

Punto de Monitoreo	H_2S - 6am	H_2S - 12pm	H_2S - 6pm
DP - 01	0.02	0.07	0.04
DP - 02	0.02	0.06	0.04
DP - 03	0.00	0.06	0.01
DP - 04	0.03	0.09	0.05
DP - 05	0.02	0.08	0.05
DP - 06	0.03	0.09	0.05
DP - 07	0.02	0.08	0.05
DP - 08	0.00	0.07	0.01
DP - 09	0.01	0.06	0.02
DP - 10	0.01	0.02	0.01
DP - 11	0.00	0.01	0.01
DP - 12	0.01	0.03	0.01
DP - 13	0.01	0.02	0.01
DP - 14	0.01	0.04	0.01

Nota. La tabla muestra las concentraciones de H_2S aumentan significativamente al mediodía (máx. 0.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en DP-04 y DP-06), en comparación con la mañana (0.00–0.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la tarde (0.01–0.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Esta variación confirma la influencia de la actividad atmosférica y urbana sobre la dispersión del contaminante en distintos horarios.

Figura 22

Tendencia horaria del H_2S en los drenajes pluviales

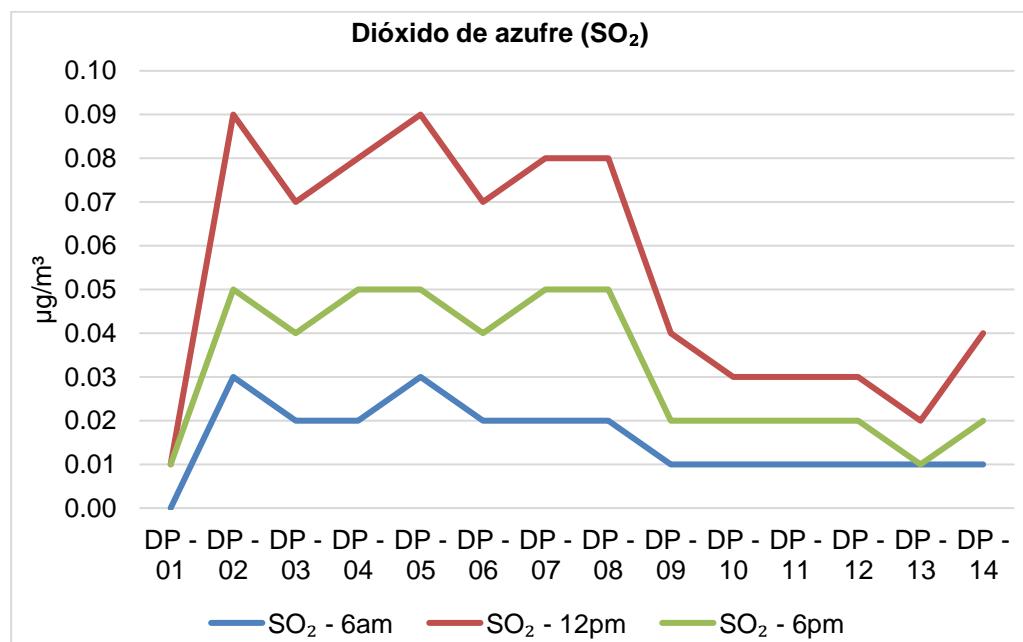


Nota. La representación gráfica evidencia un pico marcado de concentración a las 12:00 p.m. en la mayoría de los drenajes, seguido de una reducción parcial hacia las 6:00 p.m. y valores bajos en la mañana. Esta tendencia cumple con el objetivo de analizar la dinámica temporal del contaminante, demostrando que el horario del mediodía concentra las mayores emisiones.

Tabla 28*Variación temporal del SO₂ en los drenajes pluviales de Huánuco*

Punto de Monitoreo	SO ₂ - 6am	SO ₂ - 12pm	SO ₂ - 6pm
DP - 01	0.00	0.01	0.01
DP - 02	0.03	0.09	0.05
DP - 03	0.02	0.07	0.04
DP - 04	0.02	0.08	0.05
DP - 05	0.03	0.09	0.05
DP - 06	0.02	0.07	0.04
DP - 07	0.02	0.08	0.05
DP - 08	0.02	0.08	0.05
DP - 09	0.01	0.04	0.02
DP - 10	0.01	0.03	0.02
DP - 11	0.01	0.03	0.02
DP - 12	0.01	0.03	0.02
DP - 13	0.01	0.02	0.01
DP - 14	0.01	0.04	0.02

Nota. La tabla muestra que las concentraciones de SO₂ alcanzan su punto máximo al mediodía (hasta 0.09 µg/m³ en DP-02 y DP-05), mientras que en la mañana los valores son reducidos (0.00–0.03 µg/m³) y en la tarde se evidencian descensos moderados (0.01–0.05 µg/m³). Esta tendencia refleja la influencia de la dinámica urbana y atmosférica en la acumulación del contaminante a lo largo del día.

Figura 23*Tendencia horaria del SO₂ en los drenajes pluviales*

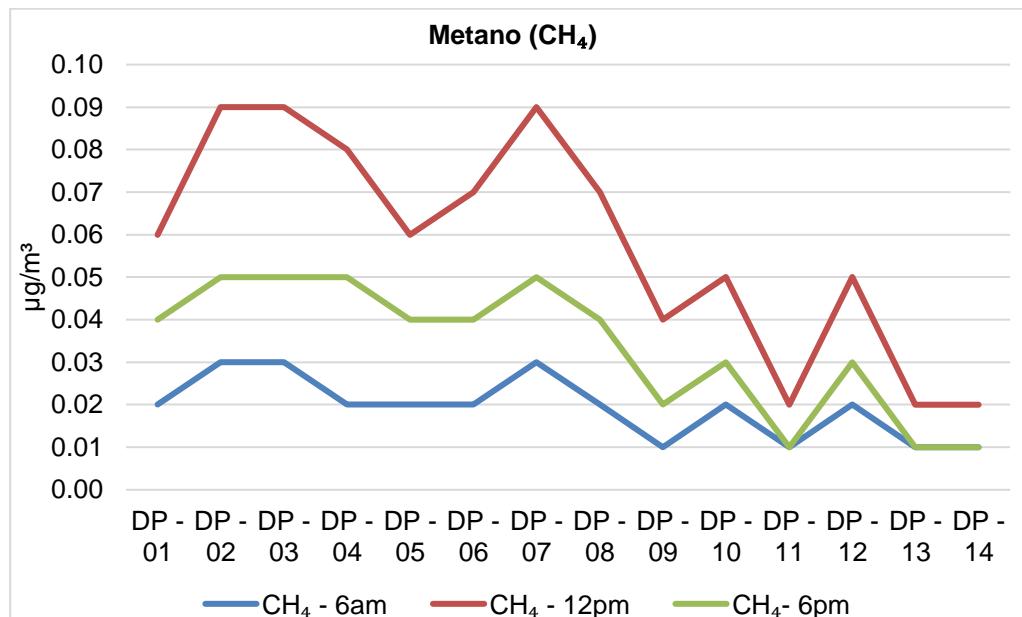
Nota. El gráfico lineal muestra un comportamiento ascendente desde la mañana hacia el mediodía, donde se registra el pico más alto en varios puntos de monitoreo, seguido de un descenso hacia la tarde.

Tabla 29
Variación temporal del CH₄ en los drenajes pluviales de Huánuco

Punto de Monitoreo	CH ₄ - 6am	CH ₄ - 12pm	CH ₄ - 6pm
DP - 01	0.02	0.06	0.04
DP - 02	0.03	0.09	0.05
DP - 03	0.03	0.09	0.05
DP - 04	0.02	0.08	0.05
DP - 05	0.02	0.06	0.04
DP - 06	0.02	0.07	0.04
DP - 07	0.03	0.09	0.05
DP - 08	0.02	0.07	0.04
DP - 09	0.01	0.04	0.02
DP - 10	0.02	0.05	0.03
DP - 11	0.01	0.02	0.01
DP - 12	0.02	0.05	0.03
DP - 13	0.01	0.02	0.01
DP - 14	0.01	0.02	0.01

Nota. La tabla muestra que el CH₄ alcanza sus concentraciones más elevadas al mediodía (hasta 0.09 µg/m³ en DP-02, DP-03 y DP-07), mientras que en la mañana y la tarde se mantienen en niveles bajos a moderados (0.01–0.05 µg/m³). Esta distribución evidencia que el gas se acumula en mayor medida en las horas centrales del día.

Figura 24
Tendencia horaria del CH₄ en los drenajes pluviales

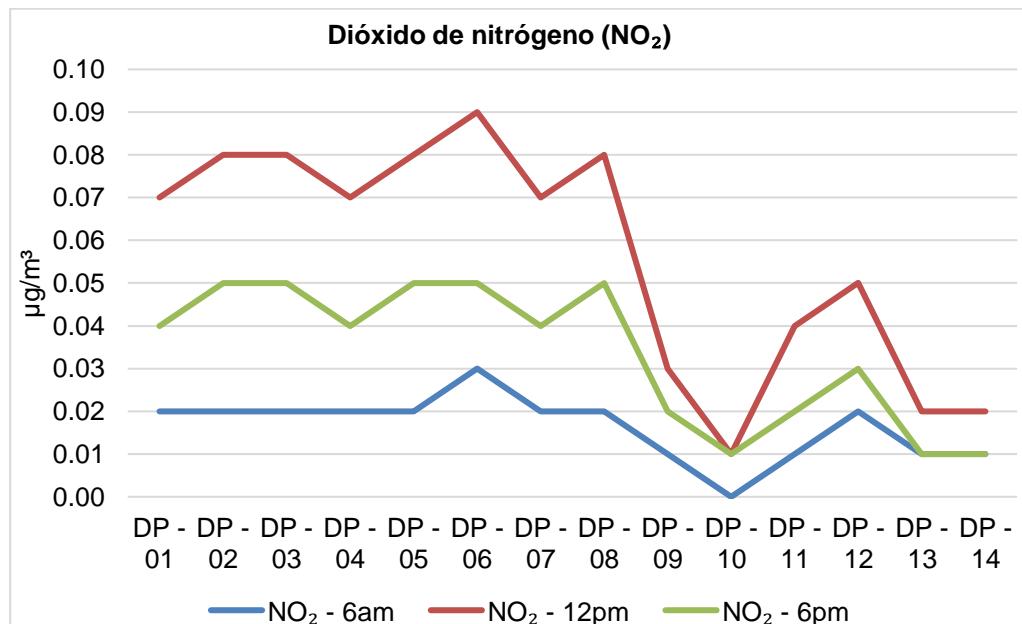


Nota. El gráfico lineal evidencia un patrón de incremento progresivo del CH₄ desde la mañana hasta el mediodía, momento en el que se registra la mayor concentración, posiblemente asociada a la mayor temperatura y actividad urbana. Posteriormente, se observa una reducción en horas de la tarde, lo que indica una dispersión del gas y menor acumulación en comparación con el mediodía.

Tabla 30*Variación temporal del NO₂ en los drenajes pluviales de Huánuco*

Punto de Monitoreo	NO ₂ - 6am	NO ₂ - 12pm	NO ₂ - 6pm
DP - 01	0.02	0.07	0.04
DP - 02	0.02	0.08	0.05
DP - 03	0.02	0.08	0.05
DP - 04	0.02	0.07	0.04
DP - 05	0.02	0.08	0.05
DP - 06	0.03	0.09	0.05
DP - 07	0.02	0.07	0.04
DP - 08	0.02	0.08	0.05
DP - 09	0.01	0.03	0.02
DP - 10	0.00	0.01	0.01
DP - 11	0.01	0.04	0.02
DP - 12	0.02	0.05	0.03
DP - 13	0.01	0.02	0.01
DP - 14	0.01	0.02	0.01

Nota. La tabla muestra que las concentraciones de NO₂ presentan sus niveles más altos al mediodía (hasta 0.09 µg/m³ en DP-06), mientras que en la mañana los valores se mantienen en rangos bajos (0.00–0.03 µg/m³). En horas de la tarde se evidencia una ligera disminución (0.01–0.05 µg/m³), lo que refleja una acumulación en horas centrales y un descenso progresivo hacia el final del día.

Figura 25*Tendencia horaria del NO₂ en los drenajes pluviales*

Nota. El gráfico lineal muestra un incremento de las concentraciones de NO₂ desde la mañana hasta el mediodía, alcanzando el horario de mayor exposición. Posteriormente, se observa un descenso hacia la tarde, lo que confirma la variación temporal del contaminante y su vínculo con las condiciones atmosféricas y la dinámica urbana, en línea con el objetivo planteado.

4.1.8. MAPA DE CALOR DE CONCENTRACIONES DE GASES SULFURO DE HIDRÓGENO (H_2S), DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2), METANO (CH_4) Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2) CON MAYOR INFLUENCIA

Figura 26

Mapa de calor de Sulfuro de hidrógeno (H_2S), Dióxido de azufre (SO_2), Metano (CH_4) y Dióxido de nitrógeno (NO_2) registrados a las 06:00 a.m.

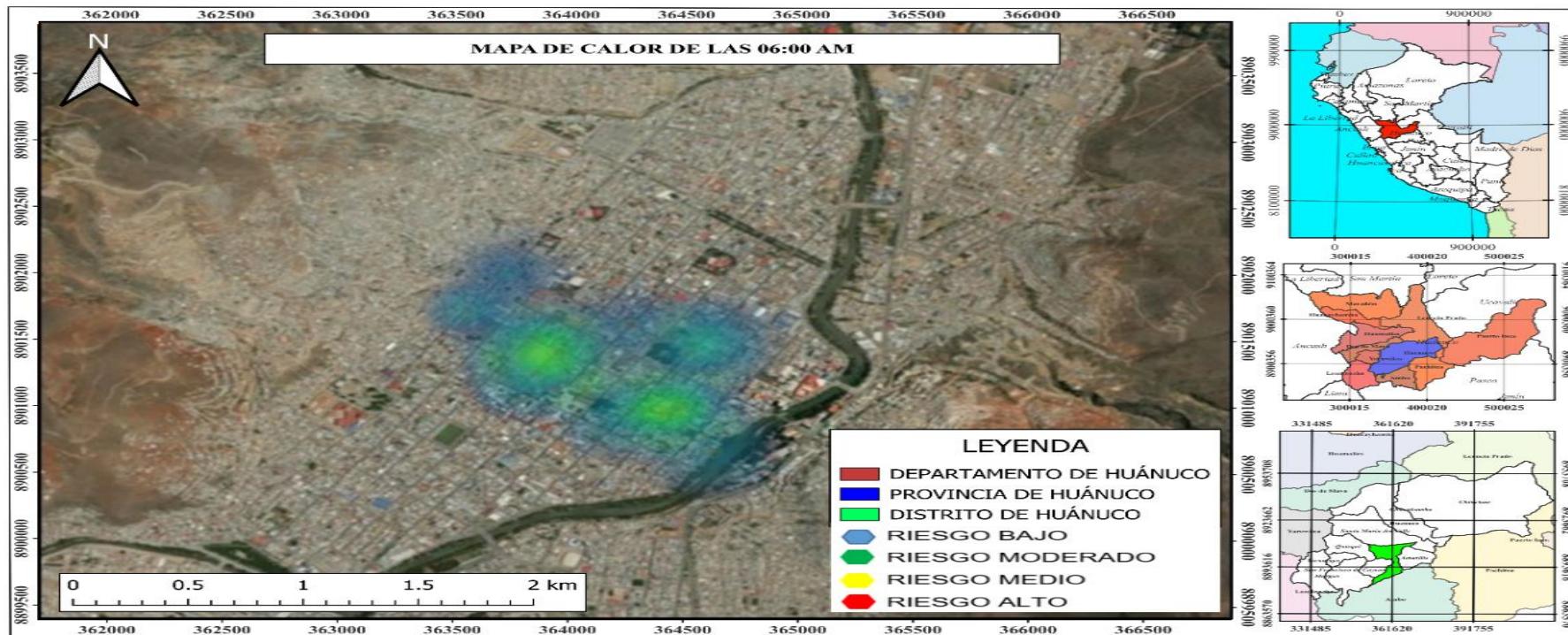


Figura 27

Mapa de calor de Sulfuro de hidrógeno (H_2S), Dióxido de azufre (SO_2), Metano (CH_4) y Dióxido de nitrógeno (NO_2) registrados a las 12:00 p.m.

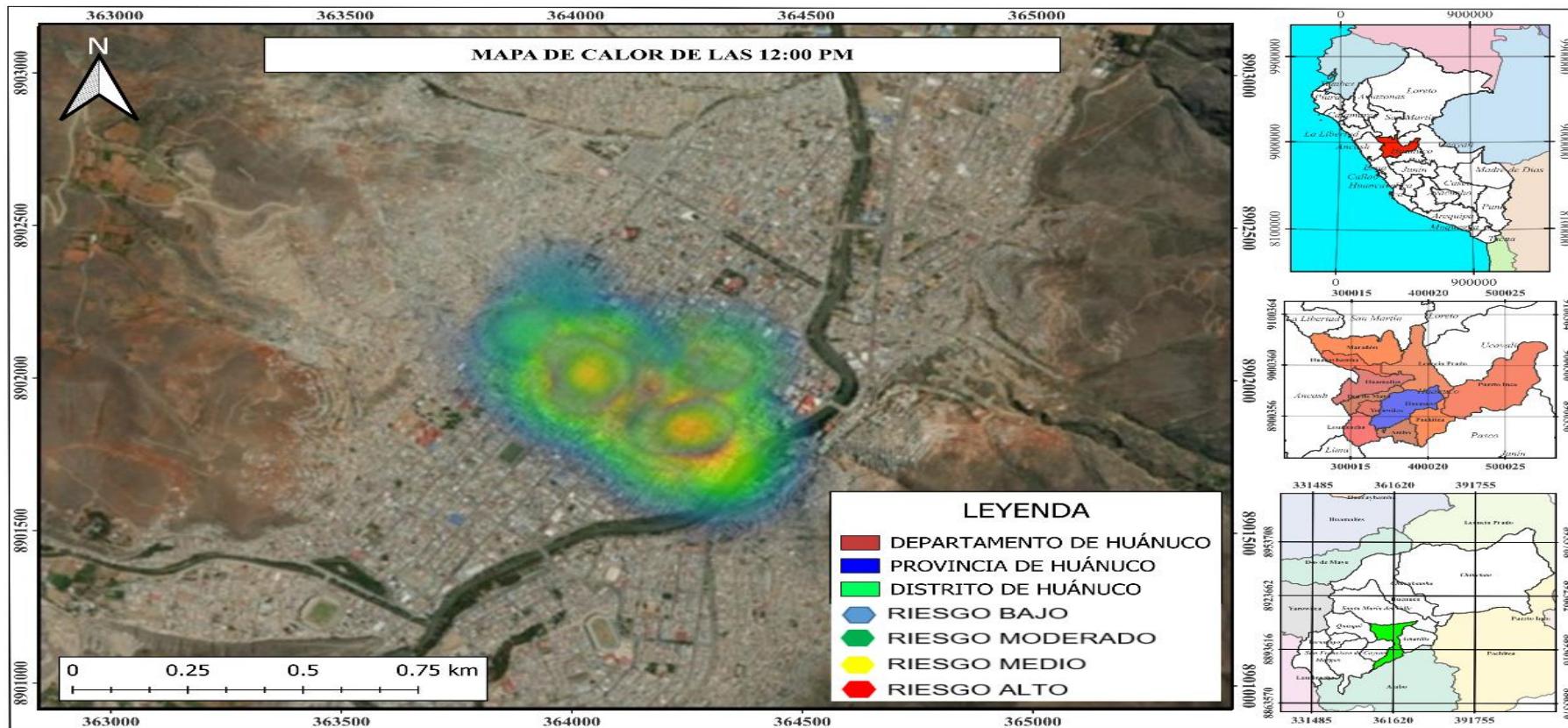
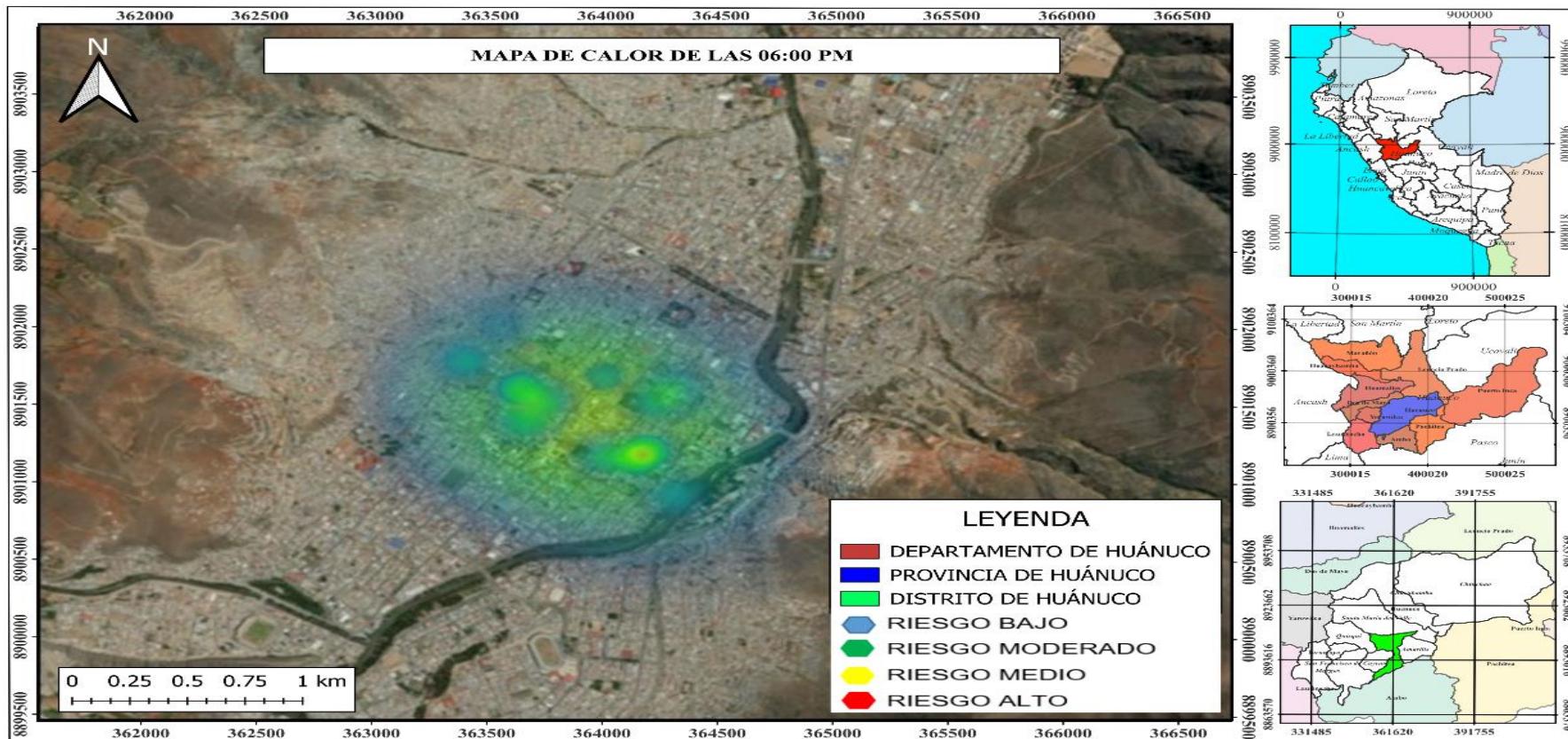


Figura 28

Mapa de calor de Sulfuro de hidrógeno (H_2S), Dióxido de azufre (SO_2), Metano (CH_4) y Dióxido de nitrógeno (NO_2) registrados a las 06:00 p.m.



Nota. El mapa de calor refleja la distribución espacial de los contaminantes atmosféricos (H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2) registrados a las 06:00 p.m. en las estaciones de monitoreo de la ciudad de Huánuco. Durante este horario, el incremento de la actividad vehicular y comercial, junto con la reducción progresiva de la radiación solar, generan condiciones que favorecen la acumulación de contaminantes en ciertas zonas urbanas. El mapa se elaboró utilizando el promedio de los valores medidos en cada punto, lo que permite identificar áreas con mayor concentración relativa. La gradación de colores muestra sectores críticos asociados principalmente a intersecciones con alto flujo vehicular y espacios de limitada dispersión atmosférica, aportando información relevante para la gestión de la calidad del aire en horarios de máxima actividad urbana.

4.1.9. CONCENTRACIÓN EN PROMEDIOS DE LOS GASES H₂S, SO₂, CH₄ Y NO₂ EN LOS DRENAJES PLUVIALES DE HUÁNUCO

Tabla 31

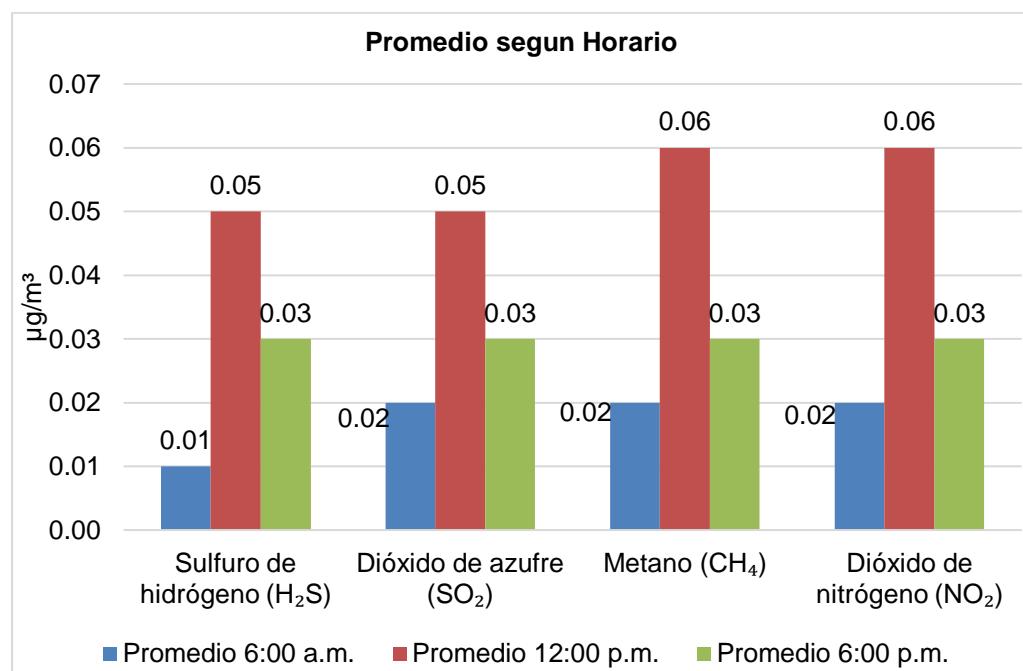
Promedios horarios y rangos de concentración de gases medidos en los drenajes pluviales

Gas	Promedio 6:00 a.m.	Promedio 12:00 p.m.	Promedio 6:00 p.m.	Mín. – Máx. (µg/m ³)
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	0.01	0.05	0.03	0.00 - 0.09
Dióxido de azufre (SO ₂)	0.02	0.05	0.03	0.00 - 0.09
Metano (CH ₄)	0.02	0.06	0.03	0.01 - 0.09
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.02	0.06	0.03	0.00 - 0.09

Nota. La tabla muestra los valores promedios de concentración de los gases por horarios, evaluados en los canales pluviales de Huánuco. Se observa que los niveles más altos se registran en el horario de las 12:00 p.m., lo que refleja una mayor acumulación de emisiones en horas de mayor actividad urbana y condiciones de radiación solar. Los rangos mínimos – máximo (µg/m³) confirman que las concentraciones se mantienen bajas en todos los puntos de muestreo.

Figura 29

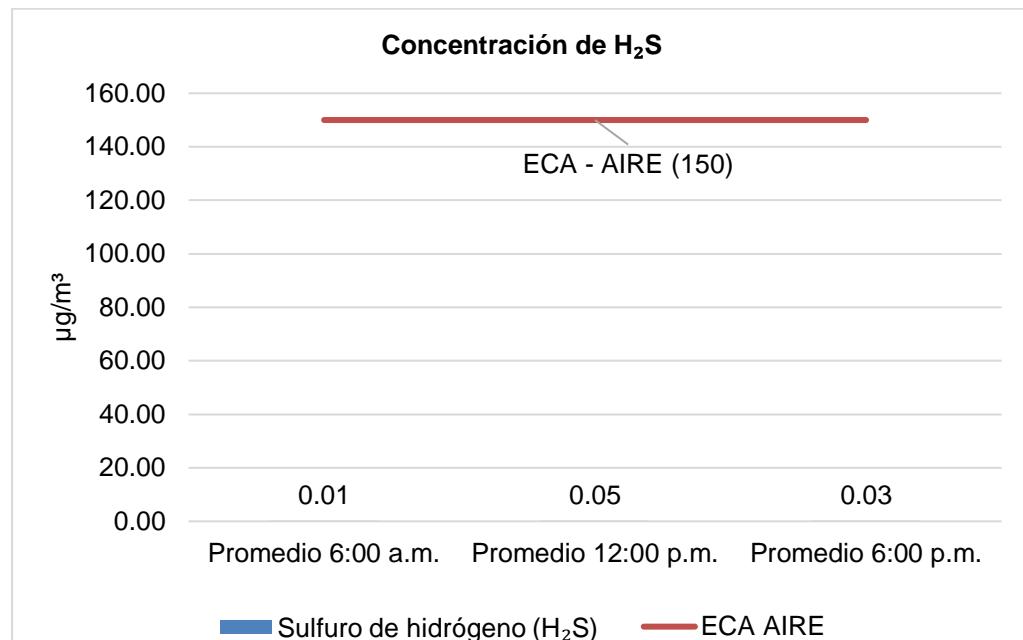
Tendencia horaria de la concentración de gases en los drenajes pluviales de Huánuco



Nota. El grafico representan los promedios de concentración de Sulfuro de hidrógeno (H₂S), Dióxido de azufre (SO₂), Metano (CH₄) y Dióxido de nitrógeno (NO₂) registrados a las 6:00 a.m., 12:00 p.m. y 6:00 p.m. en los canales pluviales de la ciudad de Huánuco. Se observa un aumento de los niveles hacia el mediodía, seguido de una disminución en horas de la tarde, lo que refleja la influencia de factores ambientales y antrópicos (como el tránsito vehicular y la temperatura) sobre la emisión de gases.

Figura 30

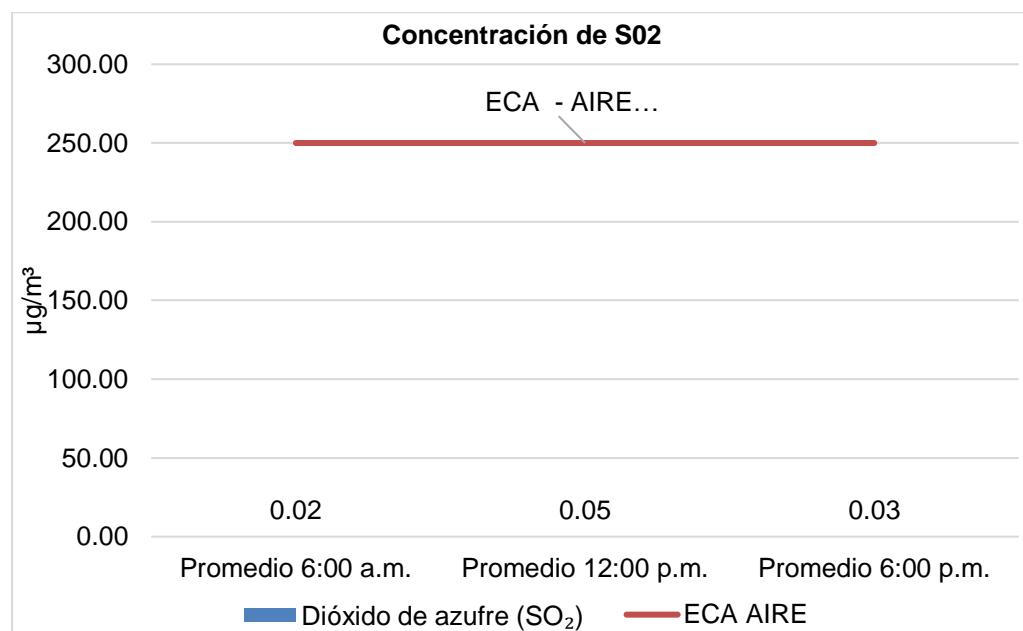
Promedios horarios de concentración de H_2S ($\mu g/m^3$) comparados con el valor del ECA Aire



Nota. El gráfico muestra que las concentraciones de H_2S en los distintos horarios se encuentran por debajo del valor límite establecido en el ECA Aire.

Figura 31

Promedios horarios de concentración de SO_2 ($\mu g/m^3$) comparados con el valor del ECA Aire



Nota. El gráfico muestra que las concentraciones de SO_2 en los distintos horarios se encuentran por debajo del valor límite establecido en el ECA Aire.

Figura 32

Promedios horarios de concentración de NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) comparados con el valor del ECA Aire

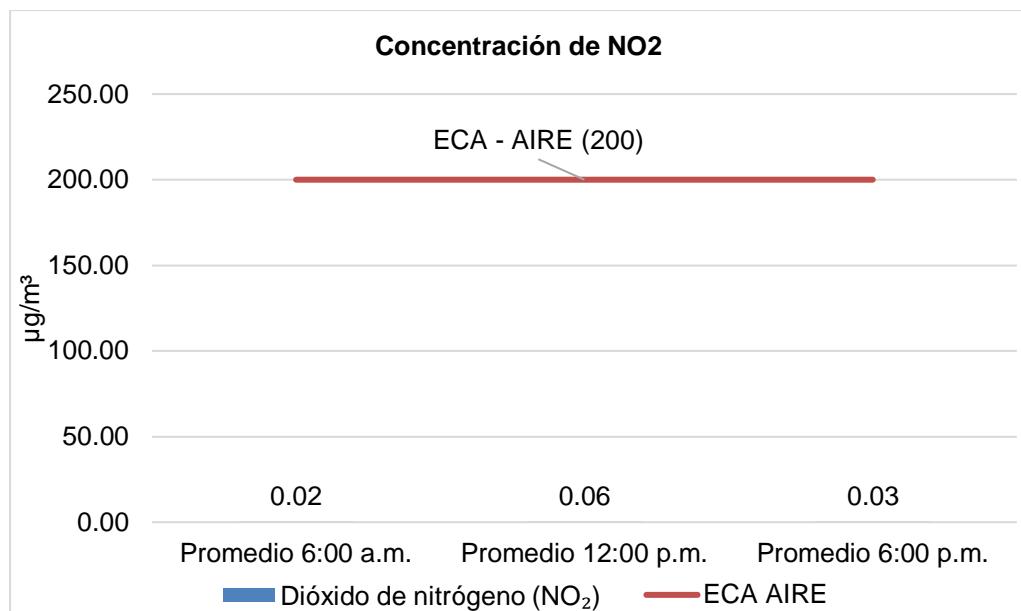
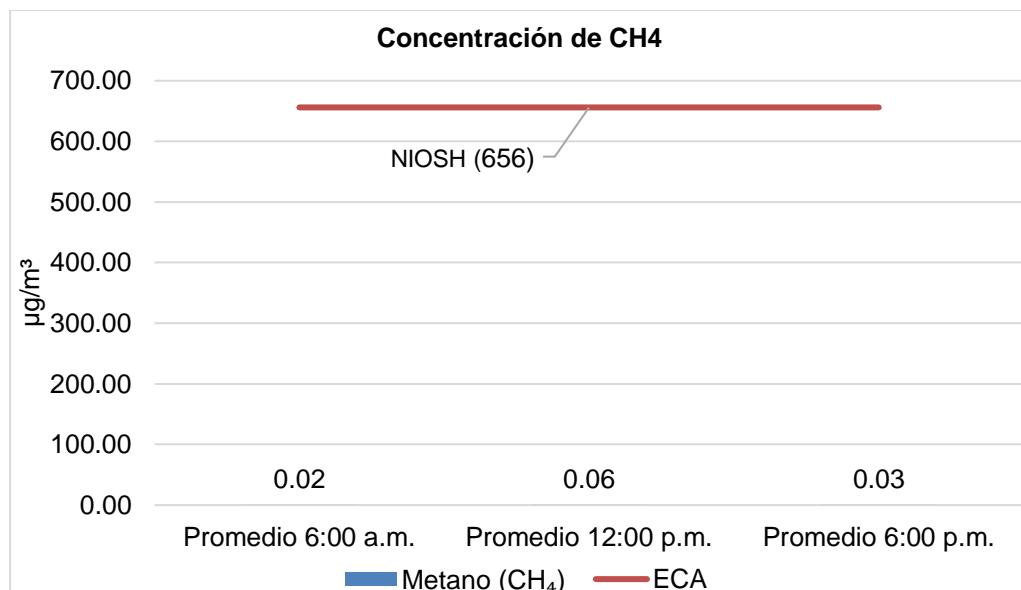


Figura 33

Promedios horarios de concentración de CH₄ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) comparados con el valor del ECA Aire



4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Tabla 32

Prueba *t* de Student para muestras relacionadas del H_2S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en los horarios de 06:00, 12:00 y 18:00 horas

	Prueba <i>t</i> para muestras relacionadas	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		<i>t</i>	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior		
Diferencia 1	Sulfuro de hidrógeno (H_2S) 06:00 am - 12:00 pm	-0.04	0.02	0.01	-0.05	-0.03	-7.20	0.00
Diferencia 2	Sulfuro de hidrógeno (H_2S) 12:00 pm - 06:00 pm	0.03	0.02	0.00	0.02	0.04	6.68	0.00
Diferencia 3	Sulfuro de hidrógeno (H_2S) 06:00 am - 06:00 pm	-0.01	0.01	0.00	-0.02	-0.01	-4.50	0.00

Nota. La tabla muestra los resultados de la prueba *t* de Student para muestras relacionadas, evidenciando que las concentraciones de H_2S en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ presentan variaciones significativas entre los horarios de 06:00, 12:00 y 18:00 horas ($p < 0.05$), confirmando que sí existe diferencia horaria en este contaminante.

La prueba *t* de Student para muestras relacionadas evidencia que las concentraciones de sulfuro de hidrógeno (H_2S) presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tres horarios evaluados ($p < 0.05$ en todas las comparaciones). En promedio, entre las 06:00 h y las 12:00 h se registra una disminución de $-0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que entre las 12:00 h y las 18:00 h se observa un incremento de $0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Finalmente, al comparar las 06:00 h con las 18:00 h, se aprecia una diferencia global negativa de $-0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos resultados confirman que las concentraciones de H_2S no permanecen constantes a lo largo del día, sino que siguen un patrón de reducción matutina, recuperación al mediodía y posterior descenso moderado hacia la tarde. En conclusión, sí existe una variación horaria significativa del sulfuro de hidrógeno (H_2S).

Tabla 33

Prueba *t* de Student para muestras relacionadas del SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en los horarios de 06:00, 12:00 y 18:00 horas

	Prueba <i>t</i> para muestras relacionadas	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		<i>t</i>	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior		
Diferencia 1	Dióxido de azufre (SO_2) 06:00 am - 12:00 pm	-0.04	0.02	0.01	-0.05	-0.03	-7.10	0.00
Diferencia 2	Dióxido de azufre (SO_2) 12:00 pm - 06:00 pm	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03	6.62	0.00
Diferencia 3	Dióxido de azufre (SO_2) 06:00 am - 06:00 pm	-0.02	0.01	0.00	-0.02	-0.01	-6.62	0.00

Nota. La tabla muestra los resultados de la prueba *t* de Student para muestras relacionadas, evidenciando que las concentraciones de SO_2 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ presentan variaciones significativas entre los horarios de 06:00, 12:00 y 18:00 horas ($p < 0,05$), confirmando la existencia de diferencias horarias en este contaminante.

La prueba *t* de Student para muestras relacionadas evidencia que las concentraciones de dióxido de azufre (SO_2) presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tres horarios evaluados ($p < 0.05$ en todos los contrastes). En promedio, entre las 06:00 h y las 12:00 h se registra una disminución de $-0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que entre las 12:00 h y las 18:00 h se observa un incremento de $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Finalmente, al comparar las 06:00 h con las 18:00 h, se aprecia una diferencia global negativa de $-0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos resultados confirman que los niveles de SO_2 no permanecen constantes a lo largo del día, sino que siguen un patrón de reducción matutina, elevación al mediodía y descenso posterior en la tarde. En conclusión, sí existe una variación horaria significativa en las concentraciones de dióxido de azufre (SO_2), influenciada por factores ambientales y de emisión, como el tránsito vehicular y las condiciones de dispersión atmosférica.

Tabla 34

Prueba *t* de Student para muestras relacionadas del CH_4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en los horarios de 06:00, 12:00 y 18:00 horas

Prueba <i>t</i> para muestras relacionadas	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		<i>t</i>	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior		
Diferencia Metano (CH ₄) 06:00 am - 12:00 pm	-0.04	0.02	0.01	-0.05	-0.03	-7.53	0.00
Diferencia Metano (CH ₄) 12:00 pm - 06:00 pm	0.02	0.01	0.00	0.02	0.03	8.34	0.00
Diferencia Metano (CH ₄) 06:00 am - 06:00 pm	-0.01	0.01	0.00	-0.02	-0.01	-5.70	0.00

Nota. La tabla muestra las diferencias emparejadas del metano (CH₄) en los diferentes horarios de evaluación, evidenciando que sí existen variaciones estadísticamente significativas entre los periodos analizados ($p < 0.05$).

La prueba *t* de Student para muestras relacionadas del metano (CH₄) evidencia diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones a lo largo del día ($p < 0.05$ en todos los contrastes). En promedio, entre las 06:00 h y las 12:00 h se registra una disminución de $-0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que entre las 12:00 h y las 18:00 h se presenta un incremento de $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Finalmente, al comparar el intervalo completo de 06:00 h a 18:00 h se observa una diferencia global negativa de $-0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos resultados confirman que las concentraciones de CH₄ no permanecen constantes, sino que siguen un patrón de descenso matutino, repunte al mediodía y ligera reducción hacia la tarde, reflejando una dinámica horaria significativa en sus niveles ambientales.

Tabla 35

Prueba *t* de Student para muestras relacionadas del NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en los horarios de 06:00, 12:00 y 18:00 horas

Prueba <i>t</i> para muestras relacionadas	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		<i>t</i>	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior		
Diferencia nitrógeno 1 Dióxido de 06:00 am - 12:00 pm	(NO_2) -0.04	0.02	0.01	-0.05	-0.03	-7.21	0.00
Diferencia nitrógeno 2 Dióxido de 12:00 pm - 06:00 pm	(NO_2) 0.02	0.01	0.00	0.02	0.03	7.51	0.00
Diferencia nitrógeno 3 Dióxido de 06:00 am - 06:00 pm	(NO_2) -0.02	0.01	0.00	-0.02	-0.01	-6.00	0.00

Nota. La tabla muestra las diferencias emparejadas del dióxido de nitrógeno (NO_2) en los diferentes horarios de evaluación, confirmando la existencia de variaciones estadísticamente significativas entre los períodos analizados ($p < 0.05$).

La prueba *t* de Student para muestras relacionadas del dióxido de nitrógeno (NO_2) revela diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones horarias ($p < 0.05$ en todos los contrastes). Entre las 06:00 h y las 12:00 h se observa una disminución promedio de $-0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que entre las 12:00 h y las 18:00 h se registra un incremento de $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Finalmente, al considerar el intervalo completo de 06:00 h a 18:00 h se obtiene una diferencia negativa de $-0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos resultados evidencian que las concentraciones de NO_2 presentan un descenso matutino, un repunte hacia el mediodía y una reducción global en el balance del día, lo que confirma la existencia de una variación horaria significativa en este contaminante.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La evaluación de la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 en los canales pluviales de la ciudad de Huánuco constituye un aporte relevante para comprender la dinámica de la contaminación atmosférica generada por la descomposición de materia orgánica en espacios urbanos. Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian variaciones horarias significativas en los niveles de los contaminantes analizados, lo cual refleja la interacción de procesos naturales como la descomposición biológica y las condiciones meteorológicas con factores antrópicos asociados a la actividad urbana. En este apartado se discuten los hallazgos obtenidos, contrastándolos con estudios previos y con la realidad ambiental de Huánuco, a fin de identificar patrones de comportamiento, posibles fuentes de emisión y sus implicancias en la calidad del aire y la salud pública.

Los hallazgos de Ramírez (2021) en Ciudad de México reportaron concentraciones elevadas de SO_2 (hasta $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y niveles estables de H_2S en zonas con acumulación de residuos sólidos, observándose además mayores emisiones durante las horas de calor. En contraste, en Huánuco los valores de H_2S oscilaron entre 0.00 y $0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y los de SO_2 fueron menores a $0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que demuestra un escenario menos crítico. Sin embargo, en ambos estudios se identifica la influencia del tránsito vehicular y la temperatura sobre la dinámica de dispersión de gases en canales pluviales urbanos.

Santoso (2023) evidenció que en Yakarta las concentraciones de H_2S superaban los $0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en espacios poco ventilados, generando síntomas en la población cercana. En cambio, en Huánuco los valores de H_2S variaron de 0.00 a $0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin sobrepasar el límite crítico registrado en Indonesia, aunque con picos en puntos cercanos a mercados y residuos. Esto sugiere que, aunque las concentraciones locales son más bajas, la tendencia

coincide: el H₂S se intensifica en áreas de acumulación orgánica y escasa ventilación, lo cual representa un riesgo potencial si no se controla adecuadamente.

El estudio de quichua (2022) en la Carretera Panamericana Sur (Ica) mostró que el tránsito vehicular es el principal generador de gases contaminantes como CO₂, NO₂, CO y H₂S, con incrementos notables en horarios pico. En Huánuco, aunque el contexto de estudio difiere, se observa también la influencia del tránsito en la dinámica de dispersión de gases, especialmente en puntos cercanos a mercados y vías concurridas. Mientras que en Ica las concentraciones se mantuvieron dentro de lo normado, en Huánuco se registraron valores de NO₂ inferiores a 0.03 µg/m³ y H₂S hasta 0.07 µg/m³, igualmente bajos, pero con una tendencia clara a aumentar en condiciones de mayor flujo vehicular y menor ventilación, lo que confirma la coincidencia en la influencia del tráfico como factor determinante.

Castillo (2020) reportó en Cajamarca concentraciones de CO, NO₂ y SO₂ vinculadas a actividades de construcción y tránsito de maquinaria pesada, observando que, aunque no se superaron los estándares, las emisiones fueron relevantes en la calidad del aire local. En Huánuco, si bien el origen principal fue la descomposición de residuos en canales pluviales, se identificó también la incidencia del flujo vehicular cercano en el aumento de gases. En particular, se registraron valores de NO₂ menores a 0.03 µg/m³ y SO₂ que no sobrepasaron 0.04 µg/m³, muy por debajo de los reportados en Cajamarca, aunque con un patrón horario similar de incremento al mediodía. Esto refleja que, en distintos contextos urbanos, la combinación de actividades humanas y condiciones ambientales modula la concentración de contaminantes.

El estudio de Diego (2023) en Tingo María mostró que el CO alcanzó promedios de 13 912 µg/m³, influenciados por el tráfico vehicular, mientras que el CO₂ se mantuvo en 466 µg/m³. En comparación, los monitoreos en Huánuco registraron CH₄ con valores entre 0.02 y 0.04 µg/m³ y NO₂ menores a 0.03 µg/m³, ambos por debajo de niveles críticos. Aunque los contaminantes analizados difieren, ambos estudios revelan la fuerte incidencia de las fuentes

antrópicas, especialmente el tránsito motorizado, en la calidad del aire urbano y la generación de gases que afectan la salud y el ambiente.

Gaspar (2022) reportó en Tingo María concentraciones de CH₄ de hasta 925.9 µg/m³ y H₂S de 1.4 µg/m³ en canales pluviales, cifras muy superiores a las registradas en Huánuco, donde el CH₄ no sobrepasó los 0.04 µg/m³ y el H₂S llegó a un máximo de 0.07 µg/m³. Aunque los valores locales son considerablemente más bajos, la similitud radica en la correlación con la presencia de residuos sólidos y aguas residuales. Esto confirma que la acumulación de desechos en los canales constituye un factor determinante en la generación de gases contaminantes, aunque con intensidades distintas según el contexto urbano.

CONCLUSIONES

Las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 registradas en los canales pluviales de Huánuco fueron comparadas con los valores establecidos en el ECA Aire (D.S. N.º 003-2017-MINAM); en el caso del metano (CH_4), se utilizó como referencia el límite de exposición ocupacional del NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), dado que este gas no cuenta con un valor establecido en el ECA Aire. Los resultados obtenidos muestran que ninguno de los gases sobrepasó los valores máximos permitidos por dichas normas, indicando que las emisiones registradas no representan un riesgo inmediato para la salud ni para la calidad ambiental del aire en las zonas evaluadas.

Se determinó que los canales pluviales de Huánuco emiten H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 con variaciones horarias definidas, afectando la calidad ambiental y evidenciando focos críticos de contaminación.

Las concentraciones de los gases presentaron diferencias entre los puntos de monitoreo, siendo más elevadas al mediodía (12:00 h) y menores en la mañana y tarde, debido a la mayor acumulación de desechos y material orgánico en descomposición

Los puntos DP-02, DP-04, DP-05, DP-06 y DP-07 presentaron mayores niveles de emisión, asociados a la acumulación de residuos y materia orgánica en los canales cercanos a los mercados de Huánuco, lo que intensifica la descomposición y liberación de gases contaminantes.

El análisis comparativo entre los puntos 5 metros antes y 5 metros después del punto central de monitoreo mostró una ligera disminución en las concentraciones, reflejando el efecto de dispersión en el flujo del canal y la pérdida de gases a la atmósfera.

Los resultados demuestran que la descomposición orgánica en los canales pluviales constituye una fuente activa de emisión de gases nocivos, siendo necesario implementar medidas de limpieza y control ambiental en las zonas de mayor concentración identificadas en el mapa de calor generado.

RECOMENDACIONES

Implementar un plan de limpieza y mantenimiento periódico en los canales pluviales de Huánuco para reducir la acumulación de residuos orgánicos que intensifican la generación de gases.

Fortalecer el monitoreo ambiental continuo de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 , incorporando mediciones en diferentes épocas del año para evaluar la influencia de las condiciones climáticas y la velocidad del viento.

Promover campañas de sensibilización ciudadana dirigidas a comerciantes y pobladores cercanos a los mercados, para evitar el vertido de residuos sólidos y líquidos en los drenajes.

Impulsar proyectos de gestión municipal que consideren la canalización, cobertura o tratamiento de los canales pluviales cercanos a zonas críticas, como los mercados, donde se concentra mayor contaminación.

Fomentar investigaciones futuras que analicen la relación entre las emisiones de gases de los canales pluviales, la calidad del aire urbano y los posibles riesgos a la salud de la población expuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, C. (2021). *Contaminación del aire por partículas sedimentables en domicilios en la zona urbana de la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco*. Obtenido de Artículo Científico, Revista Pakamuros: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i4.236>
- Álvarez, D. (2018). *Nitrógeno*. Obtenido de Enciclopedia Humanidades: <https://humanidades.com/nitrogeno/#:~:text=Propiedades%20f%C3%A1sicas%20del%20nitr%C3%B3geno,es%20%2D195%2C79%20%C2%BCAC>.
- Berners-Lee, T. (2023). *Aire*. Obtenido de Concepto: <https://concepto.de/aire/>
- Blanco, H. (2015). *¿Cómo funcionan los sensores electroquímicos?* Obtenido de Protecting : https://www.processsensing.com/en-us/blog/how-do-electrochemical-sensors-work.htm?srsltid=AfmBOor511rMtfwEoywlZWatguqTk5DwnkDSbB2t3L_IVsjkzeNGbLUx
- Bustamante, F. (2021). *La contaminación ha dejado más de 5,000 muertes en Lima. Perú21*. Obtenido de Consorcio de Investigación Económica y Social: <https://peru21.pe/lima/contaminacion-dejado-5-000-muertes-lima-136000-noticia>
- Campos, F. (2023). *Contaminación del aire: causas y tipos*. Obtenido de Aquae Fundación: <https://acortar.link/FcdbJL>
- Caraballo, D. (2022). *Evaluación de la calidad del aire por material particulado pm10 en una zona del barrio ciudad salitre en la localidad de Fontibón (upz110)*. Obtenido de [Tesis de titulación, Bogotá D.C Universidad Libre]. Repositorio de la Universidad Libre: <https://hdl.handle.net/10901/23665>
- Castillo, I. (2020). *Variación en el tiempo de la concentración atmosférica de co, no2 y so2 en la construcción de la carretera chota-Cochabamba (Cajamarca)*. Obtenido de [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio de la UNC.: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2836>

- Chapman, M. (2023). *Partículas en suspensión (PM)*. Obtenido de GreenFacts: <https://acortar.link/K3hH3>
- Contreras, J. (2023). *Evaluación de la calidad del aire respecto al parámetro material particulado menores a 10 micrómetros en el contexto de la COVID-19 en la ciudad de Puno*. Obtenido de [Tesis de titulación, Universidad Privada San Carlos]. Repositorio UPSC: https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/535/Jhunior_FLORES_CONTRERAS.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Cortés, H. (2022). *Técnicas de Medición*. Obtenido de Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT: http://rama.edomex.gob.mx/tecnicas_medicion
- Craig, O. (2024). *¿Qué es la contaminación por aguas pluviales?* Obtenido de Watershed Watch Salmon Society : [https://mywatershedwatch.org/es/que-es-la-contaminacion-por-aguas-pluviales/​::contentReference\[oaicite:1\]{index=1}](https://mywatershedwatch.org/es/que-es-la-contaminacion-por-aguas-pluviales/​::contentReference[oaicite:1]{index=1})
- Criollo, A. (2022). *El aire: elemento de vida en la Tierra*. Obtenido de Gobierno de Mexico: <https://acortar.link/iloEKK>
- Cruz, J. (2020). *Contaminación ambiental y cáncer de pulmón: el poder carcinogénico del aire que respiramos*. Obtenido de Archivos de Bronconeumología: <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2020.05.023>
- Diego, A. (2023). *Niveles de CO y CO2 generado por el tráfico vehicular de marzo – julio en la ciudad de Tingo María – Huánuco, 2023*. Obtenido de [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio de la UNAS.: <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2568>
- Eisenhower, D. (2022). *Dióxido de carbono*. Obtenido de NASA: <https://climate.nasa.gov/en-espanol/signos-vitales/dioxido-de-carbono/>
- Elder, C. (2022). *Impacto de las partículas pm10 Y parámetros meteorológicos en la calidad del aire Y salud en la villa de Cayhuayna, Huánuco*. Obtenido de [Tesis de titulación, Universidad Nacional Federico Villareal]. Repositorio de la UNFV: <https://hdl.handle.net/20.500.13084/6237>

- Fernández, G. M. (2018). *Espectrometría*. Obtenido de Argentina.bog.ar: <https://acortar.link/cZ6BLy>
- Frank, O. (2020). *Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda: Preguntas frecuentes*. Obtenido de Organización Paamericana de la Salud: <https://acortar.link/SOIws2>
- Fred, S. (2021). *Calidad del aire*. Obtenido de Organización Panamericana de la Salud: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- Galán, I. (2024). *La contaminación del agua: cómo no poner en peligro nuestra fuente de vida*. Obtenido de Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-agua>
- Gardiner, G. (2021). *Explicación de qué son los combustibles fósiles*. Obtenido de National Geographic: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/explicacion-que-son-combustibles-fosiles>
- Gaspar, R. (2022). *Concentración de CH4, CO2, H2S Y CO emitidos por los canales pluviales de la ciudad de Tingo María, Huánuco – 2022*. Obtenido de [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio de la UNAS.: <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2465>
- Gilles, M. (2024). *Qué es el Índice de calidad del aire (ICA) y cómo se calcula*. Obtenido de Eurofins Enviroment Testing Spain: <https://acortar.link/KN34BT>
- Herrera, J. (2020). *Presión*. Obtenido de Centro nacional de Metología: <https://www.cenam.mx/FYP/Presion/Pre1.aspx#:~:text=Presi%C3%B3n%3A,aplicada%20sobre%20el%20%C3%A1rea%20correspondiente.>
- Lardiés, H. (2023). *¿Qué Es Un Detector De Gas Y Cuál Es Su Función?* Obtenido de Armotec: <https://armotec.pe/blog/que-es-un-detector-de-gas-y-cual-es-su-funcion/>
- Lee, T. (2025). *Atmósfera*. Obtenido de Concepto: <https://concepto.de/atmosfera/>
- Llasat, C. (2021). *Las inundaciones y su entorno*. Obtenido de Flood Up: <http://www.floodup.ub.edu/inundaciones/>

- Lopera, J. (2021). *La atmósfera*. Obtenido de Tomi.digital: https://tomi.digital/es/es/40909/la-atmosfera?utm_source=google&utm_medium=seo
- López, A. (2020). *Evaluación de la calidad del aire en sistemas de drenaje pluvial urbano: caso Barcelona, España*. Obtenido de [Tesis de titulación, Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), España]. Repositorio de la UPC.: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373216>
- Manuel, H. (2021). *El aire: elemento de vida en la Tierra*. Obtenido de Gobierno de Mexico: <https://acortar.link/DFxqQS>
- Manzur, J. (2023). *¿Qué es la contaminación del aire?* Obtenido de argentina.gob.ar: <https://www.argentina.gob.ar/sinagir/riesgos-frecuentes/contaminacion>
- Martin, G. (2024). *Qué son las partículas PM10 y cómo se generan en la atmósfera*. Obtenido de Eurofins Enviroment Testing Spain: <https://www.eurofins-environment.es/es/particulas-pm10-y-como-se-generan/>
- Martínez, J. (2022). *Contaminación visual*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-visual-causas-consecuencias-y-soluciones-32.html>
- Martínez, J. (2023). *Aire: qué es, composición, funciones, propiedades y contaminación*. Obtenido de Ecología Verde: <https://acortar.link/Ni4b6k>
- Melchior, S. (2022). *Contaminantes primarios y secundarios: estos son los más peligrosos*. Obtenido de Envira: <https://envira.es/contaminantes-primarios-y-secundarios-mas-peligrosos/>
- MINAM, M. (2005). *Ley General del Ambiente*. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- Nixon, R. (2018). *Monóxido de carbono*. Obtenido de Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos: <https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono>

- Nixon, R. (2024). *Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente*. Obtenido de Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos: <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Noyes, A. (2023). *Los clorofluorocarbonos y el agujero de ozono*. Obtenido de American Chemical Society: <https://www.acs.org/education/whatischemistry/landmarks/historia-quimica/clorofluorocarbonos-ozono.html#:~:text=El%20ozono%20troposf%C3%A9rico%20no%20es,principales%20ingredientes%20del%20smog%20urbano.>
- OMS. (2027). *Guías de calidad del aire para Europa*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf
- OMS, O. (2024). *Contaminación del aire ambiente (exterior) y salud*. Obtenido de Oficinas regionales de la OMS: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Prieto, G. (2019). *Ozono Troposférico*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideal.gov.co/web/tiempo-y-clima/ozono-troposferico#:~:text=El%20ozono%20troposf%C3%A9rico%20no%20es,principales%20ingredientes%20del%20smog%20urbano.>
- Quichua, C. (2022). *Niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S por el tránsito vehicular en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022*. Obtenido de [Tesis de Titulación, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Repositorio de la UNSLG.: <https://hdl.handle.net/20.500.13028/5678>
- Ramírez, J. (2021). *Evaluación de la emisión de gases tóxicos en zonas de drenaje urbano de Ciudad de México*. Obtenido de [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio de la UNAM.: <https://www.atmosfera.unam.mx/eventos/evaluacion-de-las-emisiones-por-actividad-vehicular-en-la-cdmx/>
- Retiz, A. (2021). *Evaluación de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en el aire generada por el parque automotor en el cruce del jirón dos de*

mayo y libertad en la ciudad de Huánuco-2020. Obtenido de [Tesis de Titulación, Univeersidad de Huánuco]. Repositorio de la UDH: <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2936>

Rosas, J. (2024). *Mercado Mayoristas de Puelles.* Obtenido de DelPEerú.com: https://www.deperu.com/mercados/mercado-mayoristas-de-puelles_chinchao_645.html?utm_source=chatgpt.com

Salinas, M. (2023). *Canales pluviales: ventajas y tipos.* Obtenido de Ductos Frontera: <https://www.ductosfrontera.com/canales-pluviales-ventajas-y-tipos#:~:text=Los%20canales%20o%20canaletas%20pluviales,se%20a%20la%20maceta%20en%20un%20dep%C3%B3sito.>

Sánchez, P. (2023). *Partículas PM10.* Obtenido de PRTR España: <https://prtr-es.es/particulas-pm10,15673,11,2007.html>

Santoso, D. (2023). *Medición de H₂S y CO en canales de drenaje urbano de Yakarta y su relación con la salud pública.* Obtenido de [Tesis de Titulación, Universitas Indonesia]. Repositorio de la Universitas Indonesia.: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9963985/>

Shah, N. (2024). *Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades.* Obtenido de Radiación UV: <https://www.cdc.gov/Spanish/acercaCDC/index.html>

SINCA, S. (2016). *Norma Secundaria de Calidad Ambiental.* Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente, Santiago, Chile: <https://acortar.link/iKtyIR>

Steele, M. (2025). *¿A qué le llamamos metales pesados en el agua?* Obtenido de Aguaplanet: <https://aguaplanet.cl/a-que-le-llamamos-metales-pesados-en-el-agua/>

Strong, M. (2021). *La contaminación del aire causó 8.1 millones de muertes en todo el mundo en 2021, convirtiéndose en el segundo factor de riesgo de muerte, incluso para niños menores de cinco años.* Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: <https://acortar.link/B8si9D>

Supo, J., & Zacarias, H. (2020). *Metodología de la Investigación Científica: Para las Ciencias de la Salud y las Ciencias Sociales (Spanish Edition)*. 3ra edición.

Taboada, Y. (2020). *Modelamiento geoespacial de los niveles de concentración del monóxido de carbono (Co) y dióxido de azufre (So2) en la ciudad de Huancavelica y Ascensión - 2020*. Obtenido de [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio de la UNH.: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2432>

Takizaki, T. (2025). *Micrómetros*. Obtenido de Keyence Corporation: <https://acortar.link/IPE3PK>

Valldaura, G. (2019). *Contaminación ambiental: qué es y qué tipos existen*. Obtenido de Ayuda en Acción: <https://ayudaenaccion.org/blog/sostenibilidad/tipos-contaminacion-ambiental/>

Vigilio, B. (2022). *Determinación del grado de contaminación del área afectada por el pasivo ambiental minero Quisqui, Huánuco 2020*. Obtenido de [Tesis de Titulación, Universidad de Huánuco]. Repositorio de la UDH: <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3439>

Yanguas, G. (2021). *CO2 (DIÓXIDO DE CARBONO)*. Obtenido de Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes: <https://prtr-es.es/co2-dioxido-de-carbono,15590,11,2007.html>

Yépez, R. (2019). *Partículas suspendidas PM10 y PM2.5 dañan salud y medio ambiente*. Obtenido de XXVII Verano De la Ciencia: www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Yunus, M. (2024). *Atmosfera*. Obtenido de Fundacion impulso: <https://fundacionimpulso.com/archivos/14237>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Caldas Nieto, A. (2025) *Evaluación de la concentración de gases H₂S, SO₂, CH₄ y NO₂ emitidos a la atmósfera por materia en descomposición en los canales pluviales de la ciudad de Huánuco – 2025* [Tesis pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE GASES H_2S , SO_2 , CH_4 Y NO_2 EMITIDOS A LA ATMOSFERA POR MATERIA EN DESCOMPOSICIÓN EN LOS CANALES PLUVIALES DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO- 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION Y MUESTRA
PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de la ciudad de Huánuco- 2025?	OBJETIVO GENERAL Evaluar de la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de la ciudad de Huánuco- 2025.	Ha: Se logró determinar la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de la ciudad de Huánuco- 2025.	Variables independientes Monitoreo en distintas partes de la ciudad de Huánuco.	Tipo: La investigación es de tipo no experimental. Nivel: Tipo relacional porque busca establecer asociaciones entre las variables	Población: Para mi presente estudio de evaluación de la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por materia en descomposición en los canales pluviales de la ciudad de Huánuco, mi población será los canales pluviales (Principales calles de Huánuco).
PROBLEMAS ESPECIFICOS 1. ¿Cuál es la concentración de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 presentes en los distintos puntos de los canales pluviales de la ciudad de Huánuco? 2. ¿Qué variación existe en la concentración de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 entre los puntos ubicados, 5 metros antes y 5 metros después del punto central de medición en los canales pluviales de Huánuco?	OBJETIVOS ESPECIFICOS 1. Determinar la concentración de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 presentes en los distintos puntos de los canales pluviales de la ciudad de Huánuco. 2. Comparar las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de la ciudad de Huánuco.	Ho: No se logró determinar la concentración de gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de la ciudad de Huánuco.	Variable dependiente Gases H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 .	Enfoque: La investigación tiene un enfoque cuantitativo. Diseño: Diseño no experimental. Dónde: <ul style="list-style-type: none">• CP: Canales Pluviales• LP: Línea Pluvial (Eje Jr Huánuco)• AR: Área referencial (Eje mercados)• MG: Monitoreo de Gases	Muestra: Estará conformada en este caso por los jirones, Malecón Con Jr Ayacucho, Jr Huánuco Con Jr Hermilio Valdizan, Jr Hermilio Valdizan Con Psj La Merced, Jr Ayacucho Con Jr 28 De Julio, Jr

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION Y MUESTRA
3. ¿Cómo varían las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 en los canales pluviales de Huánuco a lo largo del día, en los horarios de 6:00 a.m., 12:00 p.m. y 6:00 p.m.?	3. Analizar la variación temporal en las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales de Huánuco en tres horarios distintos del día (6:00 a.m., 12:00 p.m. y 6:00 p.m.).			<pre> graph TD CP[CP] --> LP1[LP 1] CP --> LP2[LP 2] CP --> LP3[LP 3] LP1 --> AR1_1[AR 1] LP1 --> AR2_1[AR 2] LP2 --> AR1_2[AR 1] LP2 --> AR2_2[AR 2] LP3 --> AR1_3[AR 1] LP3 --> AR2_3[AR 2] AR1_1 --> MG[MG] AR2_1 --> MG AR1_2 --> MG AR2_2 --> MG AR1_3 --> MG AR2_3 --> MG </pre>	Huallayco Con Jr Huánuco, Jr Huallayco Con Jr Ayacucho, Jr Huánuco Con Jr San Martin, Jr Huánuco Con Jr Independencia, Jr Damaso Beraun Con Jr Independencia, Jr Damaso Beraun Con Jr Abtao, Jr Damaso Beraun Con Jr Dos De Mayo, Jr Damaso Beraun Con Jr 28 De Julio, Jr Crespo Castillo Con Jr 28 Jr Julio y Jr Crespo Castillo Con Jr Hermilio Valdizan.
4. ¿Cuál es la distribución de zonas con mayor influencia de la concentración de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 en los diferentes puntos de los canales pluviales?	4. Generar un mapa de calor de zonas con mayor influencia de las concentraciones de H_2S , SO_2 , CH_4 y NO_2 emitidos a la atmósfera por los canales pluviales.				

ANEXO 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



Fecha de Calibración: 4/3/2025
Fecha de Emisión: 4/3/2025
Fecha recomendada de próxima certificación: 4/3/2026

Servicio Técnico Autorizado MSA Perú
VERIFICACIONES Y CALIBRACIONES S.A.C.
Jirón Grau N° 300 – El Tambo, distrito de
Huancayo

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 90102

948489558
metrologia@calibraciones-peru.com

Cliente: MAPRODI CORPORATION S.A.C.	Equipo en uso: REPARADO Y/O CALIBRADO
Instrumento: ALTAIR 5XIR	Equipo nuevo: NO
S/N: 06011794	Fabricante: MINE SAFETY APPLIANCES Co.

Gas Patrón	Objetivo a Verificar	Incert. del Gas	Número de Lote	Mediciones			Incert. de la Medición	Rango	S/N del sensor
				1	2	3			
Monóxido de Carbono (CO) 60 ppm	60 ppm	2%	402898651	60	60	60	1,3317 ppm	0 - 2000 ppm	04190802007
Oxígeno (O2) 15 %	15 %	2%	402898651	15	15	15	0,6506 %	0 - 30 %	01191052767
Pentano (C5H12) 58 %	58 %	2%	402898651	58	58	58	1,2957 %	0 - 100 %	00190604056
Sulfuro de Hidrógeno (H2S) 20 ppm	20 ppm	10%	402898651	20	20	20	2,0817 ppm	0 - 200 ppm	04190802007

ALARMAS

	Deficiency Alarm	Exposure Alarm	STEL Alar ⚡	TWA Alarm ⚡
CO	25 ppm	100 ppm	100 ppm	25 ppm
O2	19.5 %	23.0 %	-	-
C5H12	10 %	20 %	-	-
H2S ppm	10 ppm	15 ppm	15 ppm	10 ppm

Calibración: Contraste con gas patrón trazable a patrones de peso NIST

Condiciones ambientales de Calibración: San Juan De Miraflores - Lima

Temperatura (°C): 22,4°C
Presión atmosférica (hPa): 991 hPa
Humedad (%): 62 %

Procedimientos de Calibración: De acuerdo al manual de cada equipo

"La calibración de los equipos, instrumentos y dispositivos utilizados, los métodos de análisis aplicados, y las acciones u omisiones son realizadas en forma exclusiva por personal de VERIFICACIONES Y CALIBRACIONES S.A.C. sin intervención de MSA DEL PERU S.A.C. quien no responderá por los mismos."

Límites en el uso: Indicados en el manual del equipo

- Los resultados son válidos solamente para el equipo ensayado no siendo extensivos a cualquier otro.
- La trazabilidad de los detectores MSA se realiza a través del número de serie.
- La reproducción de este documento sólo podrá hacerse íntegramente sin ninguna alteración.

Como se especifica en el Manual del usuario y en concordancia con las recomendaciones de la OSHA, se debe realizar una verificación o revisión de la Calibración con el gas patrón antes de cada uso para comprobar el correcto estado del instrumento. En equipos fijos la verificación debe ser periódica.

Cantidad de hojas: 1

Gilbert Yoel Eladio Pillhuaman Arauco
SERVICIO TÉCNICO
VERIFICACIONES Y CALIBRACIONES S.A.C.



Fecha de Calibración: 4/3/2025
Fecha de Emisión: 4/3/2025
Fecha recomendada de próxima certificación: 4/3/2026

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 90102

Cliente:	MAPRODI CORPORATION S.A.C.	Equipo en uso:	REPARADO Y/O CALIBRADO
Instrumento:	ALTAIR 5XIR	Equipo nuevo:	NO
S/N:	06011794	Fabricante:	MINE SAFETY APPLIANCES Co.

Gas Patrón	Objetivo a Verificar	Incrt. del Gas	Número de Lote	Mediciones			Incrt. de la Medición	Rango	S/N del sensor
				1	2	3			
Monóxido de Carbono (CO) 60 ppm	60 ppm	2%	402898651	60	60	60	1,3317 ppm	0 - 2000 ppm	04190802007
Oxígeno (O2) 15 %	15 %	2%	402898651	15	15	15	0,6506 %	0 - 30 %	01191052767
Pentano (C5H12) 58 %	58 %	2%	402898651	58	58	58	1,2957 %	0 - 100 %	00190604056
Sulfuro de Hidrógeno (H2S) 20 ppm	20 ppm	10%	402898651	20	20	20	2,0817 ppm	0 - 200 ppm	04190802007

ALARMAS

	Deficiency Alarm	Exposure Alarm	STEL Alar	TWA Alarm
CO	25 ppm	100 ppm	100 ppm	25 ppm
O2	19.5 %	23.0 %	-	-
C5H12	10 %	20 %	-	-
H2S ppm	10 ppm	15 ppm	15 ppm	10 ppm

Calibración: Contraste con gas patrón trazable a patrones de peso NIST

Condiciones ambientales de Calibración: San Juan De Miraflores - Lima

Temperatura (°C) 22,4°C
Presión atmosférica (hPa): 991 hPa
Humedad (%): 62 %

Procedimientos de Calibración: De acuerdo al manual de cada equipo

"La calibración de los equipos, instrumentos y dispositivos utilizados, los métodos de análisis aplicados, y las acciones u omisiones son realizadas en forma exclusiva por personal de VERIFICACIONES Y CALIBRACIONES S.A.C. sin intervención de MSA DEL PERU S.A.C. quien no responderá por los mismos."

Limites en el uso: Indicados en el manual del equipo

- Los resultados son válidos solamente para el equipo ensayado no siendo extensivos a cualquier otro.
- La trazabilidad de los detectores MSA se realiza a través del número de serie.
- La reproducción de este documento sólo podrá hacerse íntegramente sin ninguna alteración.

Como se especifica en el Manual del usuario y en concordancia con las recomendaciones de la OSHA, se debe realizar una verificación o revisión de la Calibración con el gas patrón antes de cada uso para comprobar el correcto estado del instrumento. En equipos fijos la verificación debe ser periódica.

Cantidad de hojas: 1

Gilbert Yoel Eladio Pillhuaman Arauco
SERVICIO TÉCNICO
VERIFICACIONES Y CALIBRACIONES S.A.C.



CALGAZ,
A DIVISION OF AIRGAS USA LLC

521 Chesapeake Drive,
Cambridge, MD 21613
USA Tel. 1-800-638-1197
www.calgaz.com

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Date: 02/19/2024
Order Number: 1127881516
Lot Number: 402898651

Customer: MINE SAFETY APPLIANCE
Part Number: 10103262
Use Before: FEB 2026

Component	Concentration Accuracy: CH ₄ ±5%, O ₂ ±5%, H ₂ S ±10%, CO ±5%, CO ₂ ±10%
METHANE	1.45%(29%LEL)
OXYGEN	15%
HYDROGEN SULFIDE	20PPM
CARBON MONOXIDE	60PPM
CARBON DIOXIDE	2.5%
NITROGEN	BALANCE

Cylinder Size: 2.0 Cu. Ft.
Contents: 58 Liter

Valve: 5/8"-18UNF
Pressure: 500 PSIG

Product composition verified by direct comparison to calibration standards traceable to N.I.S.T. weights and/or N.I.S.T. Gas Mixture reference materials.

Analyst:



Steve Plutschak



Scott Tingle

ANEXO 3

PANEL FOTOGRÁFICO



Medición en el drenaje pluvial 01



Medición en el drenaje pluvial 02



Medición en el Jr. Hermilio Valdizan con Psj La Merced



Medición en el drenaje pluvial 02



Medición en el Jr. Huallayco con Jr. Huánuco 5 metros antes del drenaje



Medición en el drenaje pluvial 05



Medición en el Jr. Huallayco con Jr. Ayacucho con presencia de mi asesor el Mg. Jonathan B.



Medición en el drenaje pluvial 07



Medición en el drenaje pluvial 08



Medición 5 metros después del drenaje pluvial 08



Medición en el drenaje pluvial 09



Medición en el drenaje pluvial 10 con presencia de mi asesor el Mg.
Jonathan Bonifacio



Medición en el drenaje pluvial 11 con presencia de mi asesor el Mg. Jonathan Bonifacio



Medición en el drenaje pluvial 12 con presencia de mi asesor el Mg Jonathan Bonifacio



Medición en el drenaje pluvial 13 con presencia de mi asesor el Mg.
Jonathan Bonifacio



Medición en el drenaje pluvial 14 con presencia de mi asesor el Mg.
Jonathan Bonifacio

ANEXO 4
FICHA DE REGISTRO DE CAMPO



REGISTRO DE DATOS

6:00 AM

TESISTA: Caldas Nieto, Araceli Samantha

LUGAR DE INVESTIGACIÓN: HUÁNUCO

PUNTO DE MONITOREO	CONCENTRACIÓN DE GASES				COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM-WGS84		TIEMPO DE MONITOREO	
	H ₂ S	SO ₂	CH ₄	NO ₂	ESTE	NORTE	10 minutos	20 minutos
DP-01	0.02	0.00	0.02	0.02	364245	890164Y		
DP-02	0.02	0.03	0.03	0.02	364140	8901890		
DP-03	0.00	0.02	0.02	0.02	364094	8901843		
DP-04	0.03	0.02	0.02	0.02	363974	8901843		
DP-05	0.02	0.03	0.02	0.02	363743	8902148		
DP-06	0.03	0.02	0.02	0.03	363690	8902039		
DP-07	0.02	0.03	0.03	0.02	363648	8902213		
DP-08	0.00	0.02	0.02	0.02	363439	8902358		
DP-09	0.01	0.01	0.01	0.01	363533	8902343		
DP-10	0.01	0.01	0.02	0.00	363474	8902277		
DP-11	0.00	0.01	0.01	0.01	364075	8902210		
DP-12	0.01	0.01	0.02	0.02	364168	8902141		
DP-13	0.01	0.01	0.01	0.01	364238	8902244		
DP-14	0.01	0.01	0.01	0.01	364341	8902178		

**UDH****REGISTRO DE DATOS**

TESISTA: Caldas Nieto, Arabel Samantha

LUGAR DE INVESTIGACIÓN: HUÁNUCO

12:00 PM

PUNTO DE MONITOREO	CONCENTRACIÓN DE GASES				COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM-WGS84		TIEMPO DE MONITOREO	
	H ₂ S	SO ₂	CH ₄	NO ₂	ESTE	NORTE	10 minutos	20 minutos
DP - 01	0.07	0.01	0.06	0.07	364245	8901648		
DP - 02	0.06	0.09	0.07	0.07	364140	8901680		
DP - 03	0.01	0.07	0.07	0.08	364074	8901843		
DP - 04	0.09	0.08	0.05	0.07	363974	8901848		
DP - 05	0.08	0.07	0.06	0.07	363943	8902148		
DP - 06	0.09	0.07	0.07	0.09	363670	8902039		
DP - 07	0.08	0.08	0.07	0.07	363648	8902213		
DP - 08	0.07	0.08	0.07	0.08	363439	8902358		
DP - 09	0.06	0.04	0.04	0.03	363573	8902543		
DP - 10	0.02	0.03	0.05	0.01	363974	8902222		
DP - 11	0.01	0.03	0.02	0.07	364075	8902270		
DP - 12	0.03	0.03	0.05	0.05	364165	8902141		
DP - 13	0.02	0.02	0.02	0.02	364238	8902244		
DP - 14	0.04	0.04	0.02	0.02	364341	8902178		

**UD****REGISTRO DE DATOS**

TESISTA: Caldas Nieto, Araceli Samantha

LUGAR DE INVESTIGACIÓN: HUÁNUCO

06:00 PM

PUNTO DE MONITOREO	CONCENTRACIÓN DE GASES				COORDENADAS GEOGRAFICAS UTM-WGS84		TIEMPO DE MONITOREO	
	H ₂ S	SO ₂	CH ₄	NO ₂	ESTE	NORTE	10 minutos	20 minutos
DP-01	0.04	0.01	0.04	0.04	36 4245	8901648		
DP-02	0.04	0.05	0.05	0.05	36 4140	8901880		
DP-03	0.01	0.04	0.05	0.05	36 4094	8901843		
DP-04	0.05	0.05	0.05	0.04	36 3977	8901849		
DP-05	0.05	0.05	0.04	0.05	36 3743	8902848		
DP-06	0.05	0.04	0.07	0.05	36 3676	8902079		
DP-07	0.05	0.15	0.05	0.04	36 3648	89032213		
DP-08	0.01	0.05	0.04	0.05	36 3439	8902343		
DP-09	0.02	0.02	0.02	0.02	36 3573	8902593		
DP-10	0.01	0.02	0.03	0.01	36 3974	8902277		
DP-11	0.01	0.07	0.01	0.02	36 4075	8902710		
DP-12	0.01	0.002	0.03	0.03	36 4168	8902148		
DP-13	0.01	0.01	0.01	0.01	36 4231	8902297		
DP-14	0.01	0.02	0.02	0.01	36 4341	8902179		



UDH
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYO
ESTADO LIBRE DE HUANCAYO

REGISTRO DE DATOS

06:00 AM

TESISTA: Caldas Nieto, Araceli Samantha

LUGAR DE INVESTIGACIÓN: HUANUCO

Canal pluvial	H ₂ S			SO ₂			CH ₄			NO _x			Observaciones
	5m antes	Valor Final	5m despues	5m antes	Valor Final	5m despues	5m antes	Valor Final	5m despues	5m antes	Valor Final	5m despues	
DP-01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	
DP-02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.02	0.01	
DP-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.00	
DP-04	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	
DP-05	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	
DP-06	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.03	0.02	
DP-07	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.00	
DP-08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	
DP-09	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	
DP-10	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	
DP-11	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	
DP-12	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	
DP-13	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	
DP-14	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	



UDH
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYO
ESTADO DE HUANCAYO - PERÚ

REGISTRO DE DATOS

12:00 PM

TESISTA: Caldas Nieto, Araceli Samantha

LUGAR DE INVESTIGACIÓN: HUÁNUCO

Canal pluvial	H ₂ S			SO ₂			CH ₄			NO ₂			Observaciones
	5m antes	Valor Final	5m despues	5m antes	Valor Final	5m despues	5m antes	Valor Final	5m despues	5m antes	Valor Final	5m despues	
DP-01	0.02	0.07	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.06	0.01	0.02	0.07	0.01	
DP-02	0.01	0.06	0.03	0.01	0.09	0.04	0.01	0.09	0.02	0.03	0.08	0.02	
DP-03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.07	0.02	0.02	0.09	0.02	0.03	0.08	0.02	
DP-04	0.03	0.09	0.04	0.01	0.08	0.01	0.02	0.08	0.02	0.03	0.07	0.01	
DP-05	0.03	0.08	0.03	0.01	0.09	0.01	0.03	0.06	0.02	0.01	0.08	0.03	
DP-06	0.02	0.09	0.03	0.03	0.07	0.01	0.02	0.07	0.01	0.01	0.09	0.02	
DP-07	0.03	0.08	0.04	0.03	0.08	0.01	0.02	0.09	0.01	0.03	0.07	0.03	
DP-08	0.01	0.07	0.02	0.03	0.08	0.02	0.02	0.09	0.02	0.03	0.08	0.01	
DP-09	0.03	0.06	0.03	0.01	0.04	0.02	0.02	0.09	0.02	0.02	0.03	0.00	
DP-10	0.03	0.02	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01	0.05	0.03	0.00	0.01	0.00	
DP-11	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.01	
DP-12	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.05	0.03	0.01	0.05	0.01	
DP-13	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.00	
DP-14	0.01	0.09	0.04	0.00	0.04	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	



UDH
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUÁNUCO

REGISTRO DE DATOS

6:00 PM

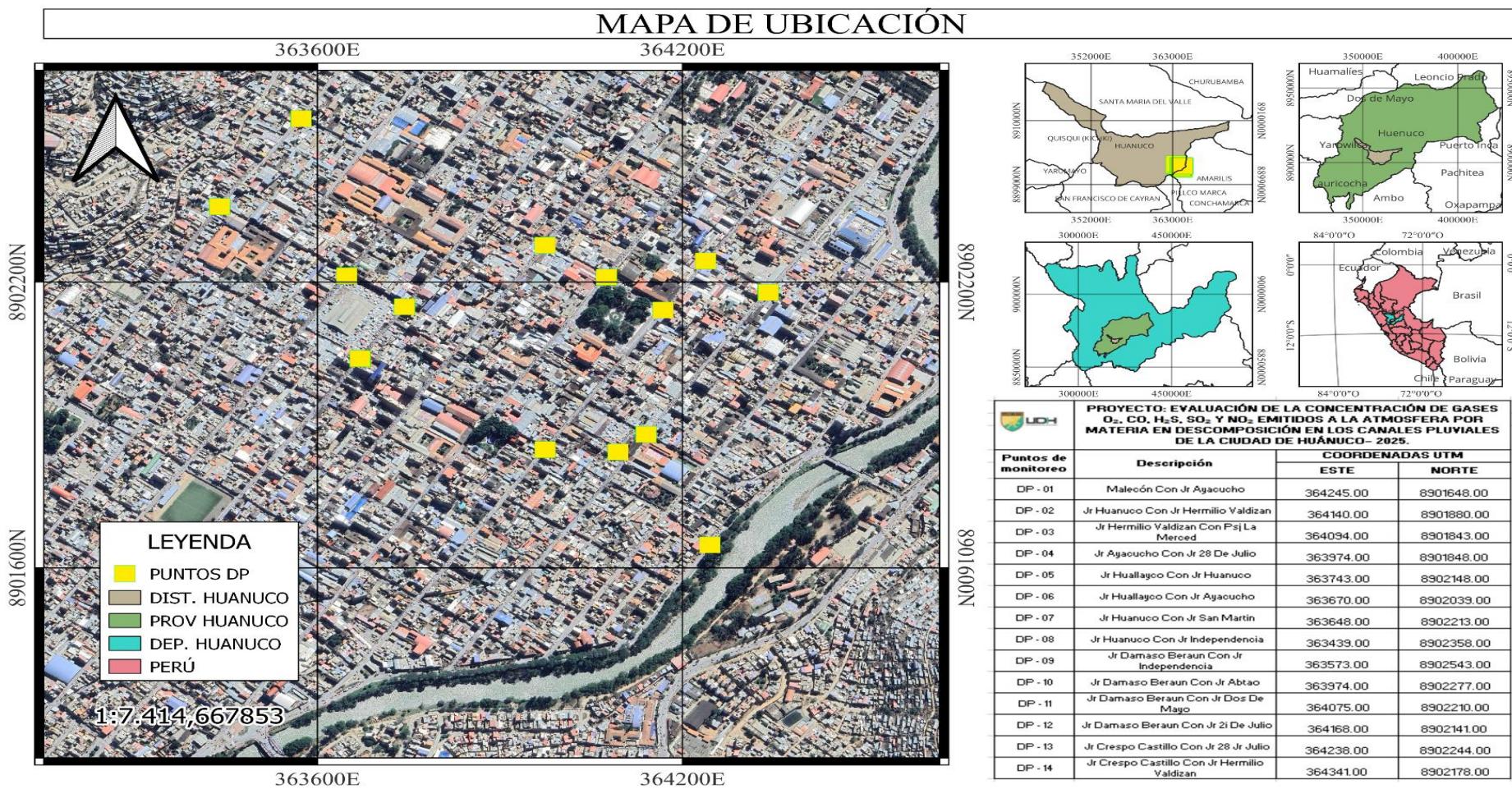
TESISTA: Caldas Nieto, Araceli Samantha

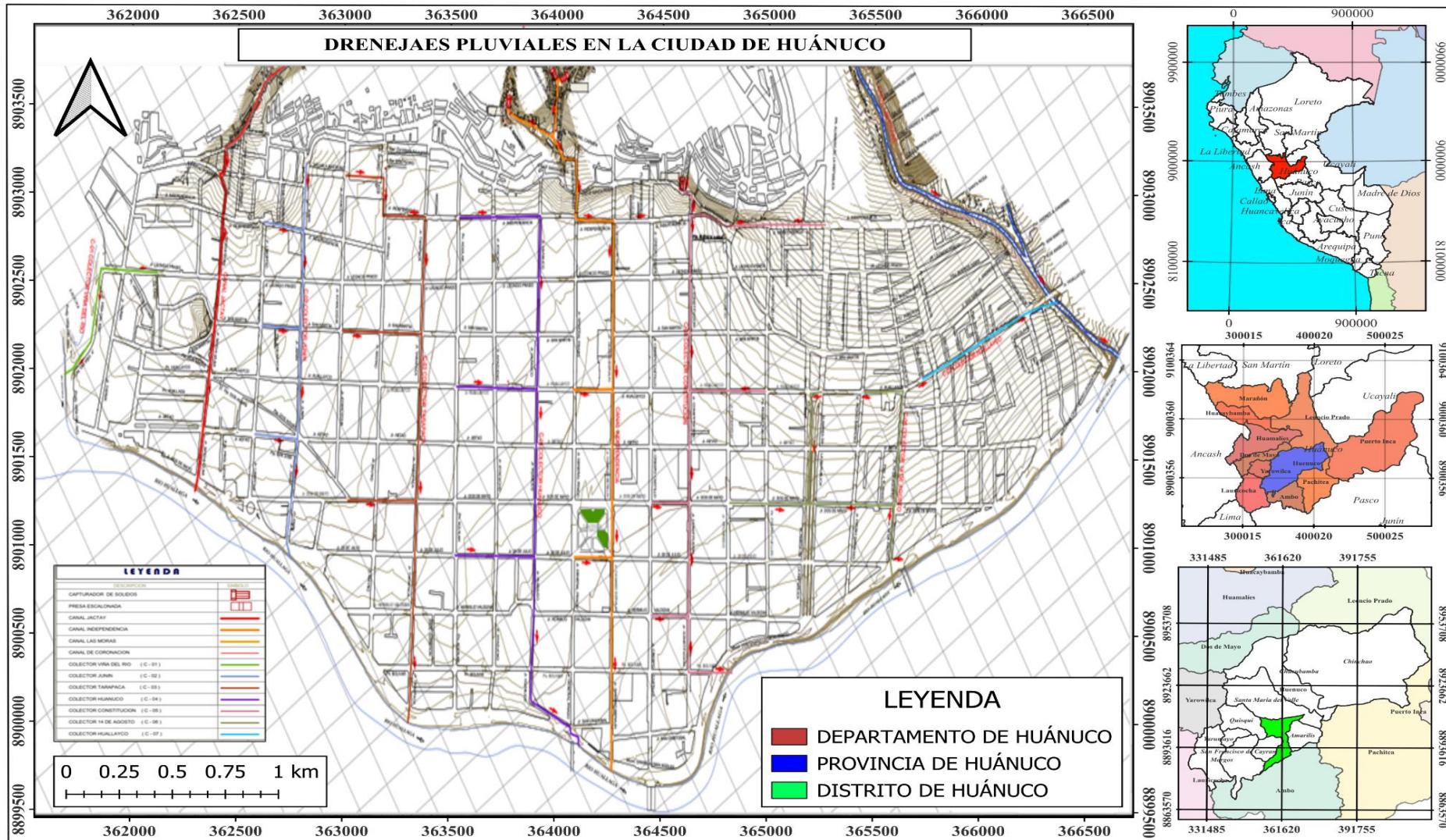
LUGAR DE INVESTIGACIÓN: HUÁNUCO

Canal pluvial	H ₂ S			SO ₂			CH ₄			NO ₂			Observaciones
	5m antes	Valor Final	5m despues	5m antes	Valor Final	5m despues	5m antes	Valor Final	5m despues	5m antes	Valor Final	5m despues	
DP-01	003	004	0.01	000	001	000	002	004	002	0.02	0.04	0.04	
DP-02	000	004	0.01	001	005	001	001	005	001	0.01	0.05	0.05	
DP-03	001	004	0.01	002	004	0.02	003	005	003	0.01	0.05	0.05	
DP-04	002	005	0.02	003	0.05	0.01	003	005	0.01	0.01	0.04	0.04	
DP-05	0.02	005	0.02	001	005	0.01	002	004	002	0.02	0.05	0.05	
DP-06	002	003	0.02	002	004	002	002	004	0.02	0.02	0.05	0.05	
DP-07	000	005	0.01	004	005	0.01	001	005	001	0.01	0.04	0.04	
DP-08	0.01	001	0.01	004	005	0.01	002	004	002	0.02	0.05	0.05	
DP-09	001	002	0.01	000	002	0.00	000	002	000	0.00	0.05	0.02	
DP-10	000	0.01	000	000	0.02	0.00	000	003	000	0.00	0.01	0.01	
DP-11	000	001	000	000	0.02	0.00	0.00	001	0.00	0.00	0.02	0.02	
DP-12	000	001	000	000	002	0.00	000	003	000	0.00	0.03	0.03	
DP-13	000	001	000	000	004	0.00	000	001	000	0.00	0.01	0.01	
DP-14	0.00	001	0.00	000	002	0.00	000	003	0.00	0.00	0.01	0.01	

ANEXO 5

MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO





ANEXO 6

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO



Combustible

Sensor Ex

ALTAIR 4X, ALTAIR 5X

Gas:	Combustible (LIE)
Capacidad:	Un solo gas
Rango:	0-100% LIE o 0-5% CH ₄
Resolución:	1% LIE o 0,05% Vol CH ₄
Tiempo de respuesta (típico):	t ₉₀ <10 segundos (metano) t ₉₀ <15 segundos (pentano)
Valor prefijado de la alarma:	Min. 5% LIE/ Máx. 60% LIE
Garantía:	3 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> • Vida útil prolongada: su vida útil de más de 4 años con filamentos de detección dobles implica menos sustituciones del sensor a lo largo de la vida útil del instrumento. • Duradero: el sistema de conexión patentado permite que el sensor sobreviva a caídas de 6 metros en un detector multigas ALTAIR® 4X. • Respuesta: el tiempo de respuesta único en el mercado no solo ayuda a salvar vidas, sino que además le permite ahorrar tiempo y dinero. • Rendimiento: funcionamiento durante incluso 3 turnos gracias al bajo consumo eléctrico del sensor XCell. • Resistencia: su filtro extremadamente resistente permite mantener los sensores libres de venenos e inhibidores.



Sensor Ex-M

ALTAIR 4X, ALTAIR 5X

Gas:	Combustible (LIE)
Capacidad:	Un solo gas
Rango:	0-100% LIE o 0-5% CH ₄
Resolución:	1% LIE o 0,05% Vol CH ₄
Tiempo de respuesta (típico):	t ₉₀ <10 segundos (metano)
Valor prefijado de la alarma:	Min. 2% LIE/ Máx. 60% LIE
Garantía:	Min. 0,1% VOL/ Máx. 3% VOL
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> • Especializado: más estabilidad para exposiciones prolongadas a CH₄, características de las aplicaciones en minería y gas natural licuado (GNL). • Vida útil prolongada: su vida útil de más de 4 años con filamentos de detección dobles implica menos sustituciones del sensores a lo largo de la vida útil del instrumento. • Resistencia: su filtro extremadamente resistente permite mantener los sensores libres de venenos e inhibidores.



Sensor Ex-H

ALTAIR 4X, ALTAIR 5X

Gas:	Combustible (LIE)
Capacidad:	Un solo gas
Rango:	0-100% LIE o 0-5% CH ₄
Resolución:	1% LIE o 0,05% Vol CH ₄
Tiempo de respuesta (típico):	t ₉₀ <10 segundos (metano) t ₉₀ <15 segundos (pentano)
Valor prefijado de la alarma:	Min. 5% LIE/ Máx. 60% LIE
Garantía:	1 año
Ventajas:	• Especializado: respuesta incrementada para seleccionar disolventes e hidrocarburos pesados (acetona, nonano, metiletilcetona [MEK], xileno).



3

Sensores XCell

Oxígeno

Sensor O₂

ALTAIR 4X, ALTAIR 5X

Gas:	Oxígeno
Capacidad:	Un solo gas
Rango:	0-30% Vol O ₂
Resolución:	0,1% O ₂
Tiempo de respuesta (típico):	t ₉₀ <10 segundos
Valor prefijado de la alarma:	Min. 5% Vol/ Máx. 24% Vol
Garantía:	3 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none">• Vida útil prolongada: vida útil de más de 4 años, un 100% más que otros sensores a base de plomo.• Inmune a falsas alarmas: que no le engañen; los sensores XCell son inmunes a los picos de presión.• Duradero: mientras otros sensores se congelan, los sensores XCell siguen funcionando a temperaturas de hasta -40°C.



Monóxido de carbono

Sensor CO/H₂S

ALTAIR 4X, ALTAIR 5X

Gas:	Monóxido de carbono
Capacidad:	Dos tóx.
Rango:	0-1.999 ppm CO
Resolución:	1 ppm CO
Tiempo de respuesta (típico):	t ₉₀ <15 segundos
Valor prefijado de la alarma:	Min. 10 ppm/ Máx. 1.700 ppm
Garantía:	3 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none">• Vida útil prolongada: su vida útil de más de 4 años implica menos sustituciones del sensor a lo largo de la vida útil del instrumento.• Fiabilidad: la práctica inexistencia de interferencias con otros gases eleva la precisión a un nivel superior.• Estabilidad: cuando se trata de ayudar a salvar vidas, no se olvide de que los sensores XCell ofrecen un rendimiento óptimo.• Respuesta: el tiempo de respuesta único en el mercado no solo ayuda a salvar vidas, sino que además le permite ahorrar tiempo y dinero.• Resistencia: su filtro extremadamente resistente implica que usted verá el gas objetivo.



Sensor CO-HC

ALTAIR 5X

Gas:	Monóxido de carbono (concentración elevada)
Capacidad:	Un solo gas
Rango:	0-10.000 ppm CO
Resolución:	5 ppm CO
Tiempo de respuesta:	$t(90) < 15$ segundos a temperatura normal
Valor prefijado de la alarma:	Min. 10 ppm/ Máx. 8.500 ppm
Garantía:	3 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> Rendimiento: rango ampliado para aplicaciones con elevada concentración de CO. Vida útil prolongada: su vida útil de más de 4 años implica menos sustituciones del sensor a lo largo de la vida útil del instrumento. Fiabilidad: puede estar seguro de que la linealidad del sensor XCell proporciona precisión en todo el rango legible. Respuesta: el tiempo de respuesta único en el mercado no solo ayuda a salvar vidas, sino que además le permite ahorrar tiempo y dinero. Resistencia: su filtro extremadamente resistente implica que usted puede trabajar también en entornos donde pueda haber vapores de alcohol.



Sensor H₂S/CO H₂ RES

ALTAIR 4X, ALTAIR 5X

Gas:	Monóxido de carbono (resistente al hidrógeno)
Capacidad:	Dos tóx.
Rango:	0-1999 ppm CO
Resolución:	1 ppm CO
Tiempo de respuesta:	$t(90) < 15$ segundos a temperatura normal
Valor prefijado de la alarma:	Min. 10 ppm/ Máx. 1.700 ppm
Garantía:	3 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none"> Rendimiento: este sensor XCell tiene una sensibilidad cruzada muy baja al hidrógeno, <5%. Vida útil prolongada: su vida útil de más de 4 años implica menos sustituciones del sensor a lo largo de la vida útil del instrumento. Respuesta: el tiempo de respuesta único en el mercado no solo ayuda a salvar vidas, sino que además le permite ahorrar tiempo y dinero. Resistencia: su filtro extremadamente resistente implica que usted verá el gas objetivo.



Sensores XCell

Ácido sulfídrico

Sensor CO/H₂S

ALTAIR 4X, ALTAIR 5X

Gas:	Ácido sulfídrico
Capacidad:	Dos tóx.
Rango:	0-200 ppm H ₂ S
Resolución:	1 ppm H ₂ S
Tiempo de respuesta (típico):	t(90) <15 segundos
Valor prefijado de la alarma:	Min. 5 ppm/ Máx. 175 ppm
Garantía:	3 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none">• Vida útil prolongada: su vida útil de más de 4 años implica menos sustituciones del sensor a lo largo de la vida útil del instrumento.• Respuesta: el tiempo de respuesta único en el mercado no solo ayuda a salvar vidas, sino que además le permite ahorrar tiempo y dinero.• Estabilidad: cuando se trata de ayudar a salvar vidas, no se olvide de que los sensores XCell ofrecen un rendimiento óptimo.



Sensor CO/H₂S-LC

ALTAIR 4X, ALTAIR 5X

Gas:	Ácido sulfídrico (concentración baja)
Capacidad:	Dos tóx.
Rango:	0-100 ppm H ₂ S
Resolución:	0,1 ppm H ₂ S
Tiempo de respuesta (típico):	t(50) <15 segundos
Valor prefijado de la alarma:	Min. 1 ppm/ Máx. 70 ppm
Garantía:	3 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none">• Vida útil prolongada: su vida útil de más de 4 años implica menos sustituciones del sensor a lo largo de la vida útil del instrumento.• Inmune a falsas alarmas: que no le engañen; una sensibilidad ampliada implica menos falsas alarmas, lo que le permite trabajar sin interrupciones.• Respuesta: el tiempo de respuesta único en el mercado no solo ayuda a salvar vidas, sino que además le permite ahorrar tiempo y dinero.



Dióxido de azufre

Sensor SO₂

ALTAIR 5X

Gas:	Dióxido de azufre
Capacidad:	Un solo gas
Rango:	0-20 ppm SO ₂
Resolución:	0,1 ppm SO ₂
Tiempo de respuesta (típico):	t(90) <10 segundos
Valor prefijado de la alarma:	Min. 0,5 ppm/ Máx. 17,5 ppm
Garantía:	3 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none">• Vida útil prolongada: su vida útil de 4 años supera a la competencia en más de un 33%.• Respuesta: el tiempo de respuesta sin par en el mercado no solo ayuda a salvar vidas, sino que además le permite ahorrar tiempo y dinero.• Resistencia: los sensores XCell siguen funcionando allá en entornos de humedad elevada donde otros sensores no lo hacen.



Sensor H₂S-LC/SO₂

ALTAIR 4X

Gas:	Dióxido de azufre
Capacidad:	Dos tóx.
Rango:	0-20 ppm SO ₂
Resolución:	0,1 ppm SO ₂
Tiempo de respuesta (típico):	t(90) <15 segundos
Valor prefijado de la alarma:	Min. 1 ppm/ Máx. 17,5 ppm
Garantía:	3 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none">• Vida útil prolongada: su vida útil de 4 años supera a la competencia en más de un 33%.• Respuesta: el tiempo de respuesta sin par en el mercado no solo ayuda a salvar vidas, sino que además le permite ahorrar tiempo y dinero.• Resistencia: los sensores XCell siguen funcionando allá en entornos de humedad elevada donde otros sensores no lo hacen.



7

Sensores XCell

Dióxido de nitrógeno

Sensor CO/NO₂

ALTAIR 4X, ALTAIR 5X

Gas:	Dióxido de nitrógeno
Capacidad:	Dos tóx.
Rango:	0-50 ppm NO ₂
Resolución:	0,1 ppm NO ₂
Tiempo de respuesta (típico):	t(90) <15 segundos
Valor prefijado de la alarma:	Min. 1 ppm/ Máx. 47,5 ppm
Garantía:	3 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none">• Vida útil prolongada: su vida útil de más de 4 años implica menos sustituciones del sensor a lo largo de la vida útil del instrumento.• Respuesta: el tiempo de respuesta sin par en el mercado no solo ayuda a salvar vidas, sino que además le permite ahorrar tiempo y dinero.• Estabilidad: cuando se trata de ayudar a salvar vidas, no se olvide de que los sensores XCell ofrecen un rendimiento óptimo.



Amoniaco

Sensor NH₃

ALTAIR 5X

Gas:	Amoniaco
Capacidad:	Un solo gas
Rango:	0-100 ppm NH ₃
Resolución:	1 ppm NH ₃
Tiempo de respuesta (típico):	t(90) <40 segundos
Valor prefijado de la alarma:	Min. 10 ppm/ Máx. 75 ppm
Garantía:	2 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none">• Vida útil prolongada: su vida útil de más de 3 años, con patente en trámite para la reacción sin consumo, supera a la competencia en más del 50%.• Resistencia: los sensores XCell NH₃ se recuperan de las exposiciones repetidas, lo que implica menos sustituciones del sensor.• Respuesta: el tiempo de respuesta sin par en el mercado no solo ayuda a salvar vidas, sino que además le permite ahorrar tiempo y dinero.



No adecuado para una exposición continua a NH₃.

Cloro

Sensor Cl₂

ALTAIR 5X

Gas:	Cloro
Capacidad:	Un solo gas
Rango:	0-10 ppm Cl ₂
Resolución:	0,05 ppm Cl ₂
Tiempo de respuesta (típico):	t(90) <30 segundos
Valor prefijado de la alarma:	Min. 0,3 ppm/ Máx. 7,5 ppm
Garantía:	2 años
Ventajas:	<ul style="list-style-type: none">• Vida útil: su vida útil de más de 3 años, con patente en trámite para la rección sin consumo, supera a la competencia en más del 50%.• Respuesta: el tiempo de respuesta sin par en el mercado no solo ayuda a salvar vidas, sino que además le permite ahorrar tiempo y dinero.• Estabilidad: cuando se trata de ayudar a salvar vidas, no se olvide de que los sensores XCell ofrecen un rendimiento óptimo.• Resistencia: los sensores XCell siguen funcionando allá en entornos de humedad elevada donde otros sensores no lo hacen.



9

Otros sensores para tóxicos disponibles para la detección de PH₃, HCN, ClO₂, NO y CO₂ en el detector multigas ALTAIR 5X.



Detector Multigas ALTAIR® 5X

Especificaciones del Producto

Características Físicas

SUMINISTRO DE GAS	La unidad tendrá una bomba integral no desmontable capaz de tomar muestras de hasta 22,86 m (75 pies) a 0,3 lpm para las versiones estándar del detector multigas ALTAIR 5X.
TAMAÑO, UNIDAD DE BOMBEO SIN IR	El tamaño total del instrumento no excederá de 6,68" L x 3,52" A x 1,95" H (16,9 cm de largo x 8,9 cm de ancho x 4,2 cm de alto).
TAMAÑO, UNIDAD DE BOMBEO CON IR	El tamaño total del instrumento no excederá de 6,68" L x 3,52" A x 1,65" H (16,9 cm de largo x 8,9 cm de ancho x 5,0 cm de alto).
TAMAÑO, UNIDAD DE BOMBEO CON PID	El tamaño total del instrumento no excederá de 6,69" L x 3,53" A x 2,02" H (17,0 cm de largo x 9,0 cm de ancho x 5,1 cm de alto).
PESO	El peso no debe superar 1 lb. (453 g) o 1,15 lb. (680 g) (versión IR).
HANEJO	La unidad deberá poder manejarse con una sola mano.
MATERIAL DE LA CARCASA	La unidad tendrá una resistente armadura de caucho.
PROTECCIÓN AMBIENTAL	El instrumento debe tener una protección mínima IP65 contra la entrada de polvo y agua.
UBICACIÓN DE LA PANTALLA	La pantalla del instrumento debe ser visible desde la parte frontal.

Características Físicas

CONFIGURACIÓN DE LOS SENSORES	El usuario podrá activar/desactivar los canales individuales de los sensores.		
ALARMA DE SENSOR AUSENTES	Todos los canales de los sensores dan una alarma de sensor ausente en caso de retirar el sensor sin bloquear el canal del sensor.		
VISUALIZACIÓN DEL GAS COMBUSTIBLE	El instrumento será capaz de mostrar la lectura de gas combustible en % de Límite Inferior de Explosividad (LEL) o en % de volumen.		
COMPENSACIÓN DE LA PRESIÓN	El sensor de oxígeno del instrumento tendrá una compensación de presión integrada.		
TIPOS DE SENSORES <i>El instrumento estará disponible con las siguientes opciones de detección de gases</i>	Tipo de Gas	Rango	Resolución
	Combustible	0-100% LEL	1% LEL
	Combustible	0-5% Vol. CH ₄	0,05% Vol. CH ₄
	Oxígeno	0-30% Vol.	0,1% Vol.
	Monóxido de carbono	0-2000 ppm	1 ppm
	Monóxido de carbono	0-10,000 ppm	5 ppm
	Sulfuro de hidrógeno	0-200 ppm	1 ppm
	Sulfuro de hidrógeno	0-100 ppm	0,1 ppm
	Dióxido de azufre	0-20 ppm	0,1 ppm
	Oloro	0-10 ppm	0,05 ppm
	Ammoniaco	0-100 ppm	1 ppm
	Dióxido de nitrógeno	0-20 ppm	0,1 ppm
	Dióxido de nitrógeno	0-50 ppm	0,1 ppm
	Dióxido de cloro	0-1 ppm	0,01 ppm
	Fosfina	0-5 ppm	0,05 ppm
	Cianuro de hidrógeno	0-30 ppm	0,5 ppm
	Dióxido de carbono, CO ₂	0-10% Vol.	0,01% Vol.
	Butano, C ₄ H ₁₀	0-25% Vol.	0,1% Vol.
	Metano, CH ₄	0-100% Vol.	1% Vol.
	Propano, C ₃ H ₈	0-100% Vol.	1% Vol.
	VOC (Compuestos orgánicos volátiles)	0-2000 ppm	0,1 ppm

WE KNOW WHAT'S AT STAKE.

Especificaciones del Producto - Detector Multigas ALTAIR® 5X



Funciones Operativas Básicas

BOTONES DEL INSTRUMENTO	Los botones del instrumento deben ser fáciles de accionar mientras el usuario lleva guantes.
APAGADO INADVERTIDO	El instrumento debe estar diseñado para la protección contra el apagado accidental.
AJUSTE CERO	El instrumento deberá ofrecer la función de Ajuste de Aire Fresco (FAS) a discreción del usuario.
BLOQUEO DE SEGURIDAD DEL AJUSTE CERO	La función FAS no permitirá que la unidad ponga a cero lecturas peligrosas.
SEÑALES DE SEGURIDAD	El instrumento ofrecerá señales acústicas y visuales periódicas que indiquen su funcionamiento. El usuario tendrá la opción de desactivar las señales acústicas y visuales si lo desea.
HORA/FECHA	El instrumento deberá mostrar la hora y la fecha. El usuario debe poder restablecer la hora y la fecha sin necesidad de herramientas.
FECHA DE LA ÚLTIMA CALIBRACIÓN	El instrumento debe poder mostrar la fecha de la última calibración.
ENCENDIDO DEL INSTRUMENTO	El botón de encendido del instrumento debe estar claramente marcado.

Opciones Avanzadas de Pantalla y Software

PANTALLAS INDICADORAS DE HIGIENE INDUSTRIAL	El instrumento debe tener la capacidad de mostrar PEAK, STEL y TWA a discreción del usuario. El usuario podrá activar/desactivar las funciones STEL y TWA.
AJUSTES DEL INSTRUMENTO	Todos los parámetros ajustables del instrumento (puntos de ajuste de la alarma, valores esperados del gas de calibración, etc.) estarán protegidos por una contraseña seleccionable por el usuario.
RESTABLECIMIENTO DE LAS FUNCIONES	El usuario deberá tener la posibilidad de restablecer las lecturas PEAK, STEL y TWA en campo.
UNIDADES DE MEDIDA	La unidad deberá ser capaz de mostrar los dos tipos de sensores de gas instalados y las unidades de medición para cada gas.

Alarmas del Instrumento

FUNCIÓN MOTIONALERT™	El instrumento ofrecerá la función estándar MotionAlert. Cuando esté activada, el instrumento activará eventualmente la alarma de enganche cuando no se detecte ningún movimiento del instrumento durante 30 segundos.
FUNCIÓN INSTANTALERT™	El instrumento tendrá la función InstantAlert para permitir a los usuarios la activación manual de todas las alarmas si es necesario.
ALARMAS VISUALES	Las alarmas visuales consistirán en LEDS brillantes e intermitentes en la parte superior e inferior del instrumento y un indicador positivo en la pantalla de la unidad para identificar el tipo de alarma.
ALARMA ACÚSTICA	La alarma acústica debe tener un valor típico de >95 dB.
ALARMA VIBRATORIA	La unidad se ofrecerá con alarma vibratoria estándar.
FUNCIÓN DEL CIRCUITO LOCKALARM™	El canal de combustible catalítico tendrá una alarma de enganche no reajustable cuando el nivel de gas combustible supere el 100% LEL o el 5,00% Vol. CH ₄ cuando no haya instalado un sensor IR de 0-100% Vol. CH ₄ .
FUNCIÓN DE RECUPERACIÓN AUTOMÁTICA	El canal de combustible catalítico se recuperará automáticamente de la situación de circuito Lockalarm si se instala un sensor IR de CH ₄ de 0-100% vol. y la lectura vuelve a niveles bajos de metano.
ALARMAS DE OXÍGENO	El canal de oxígeno tendrá puntos de ajuste de la alarma tanto para la deficiencia de oxígeno como para el aumento de oxígeno.
PUNTOS DE AJUSTE DE LAS ALARMAS	Los puntos de ajuste de las alarmas deben poder ser ajustados por el usuario.
ALARMA STEL Y TWA	El instrumento proporcionará alarmas acústicas, visuales y vibratorias si se superan los niveles STEL o TWA. Los puntos de ajuste de las alarmas STEL y TWA serán seleccionables por el usuario.
ALARMAS DE BATERÍA	El monitor ofrecerá al usuario un aviso de 10 minutos en caso de pérdida de carga de la batería en todas las condiciones ambientales. Las alarmas de consumo de energía activarán alarmas acústicas, visuales y vibratorias.

Alimentación del Instrumento

TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO	El tiempo de funcionamiento del instrumento será de al menos 20 horas a temperatura ambiente. El tiempo de funcionamiento de la versión IR será de al menos 17 horas a temperatura ambiente. El tiempo de funcionamiento de la versión PID será de al menos 15 horas a temperatura ambiente. El tiempo de funcionamiento de la versión 50M será de al menos 18 horas a temperatura ambiente.
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	El instrumento estará equipado con una batería recargable de Ión-Litio. Opción alcalina disponible (excepto IR o PID).
INDICADOR DE DURACIÓN DE LA BATERÍA	El monitor debe proporcionar un icono que muestre el tiempo restante estimado de funcionamiento de la batería. El icono de la batería debe estar siempre visible cuando el instrumento esté encendido.
BASE DE CARGA	Se ofrecerá una base de carga opcional.
TENSIONES DE ENTRADA DEL CARGADOR	Los cargadores estarán disponibles para 110 VCA/220 VCA y 12-24 VCC.
ESTADO DE LA CARGA	Tanto el instrumento como la base de carga proporcionarán una indicación visual del estado de carga de la batería.

Especificaciones del Producto - Detector Multigas ALTAIR® 5X



Calibración

HERRAMIENTAS DE CALIBRACIÓN	La unidad no requiere herramientas especiales para la calibración, solo: cilindro, regulador y el tubo para suministrar gas al instrumento.	
ACCESO A LA CALIBRACIÓN	El acceso a la calibración puede ocultarse tras una contraseña cuando se deseé.	
CALIBRACIÓN MEDIANTE PULSADOR	El calibrado se realizará fácilmente mediante los pulsadores del instrumento. No será necesario acceder al interior del instrumento ni utilizar herramientas para realizar el calibrado.	
TIEMPO DE CALIBRACIÓN	El intervalo de calibración no superará los 60 segundos para los sensores XCell y PID de LEI, O ₂ , CO, H ₂ S, SO ₂ y NO ₂ . Los demás gases no superarán los siguientes intervalos de tiempo de calibración:	
	Tipo de Gas	Intervalo de Tiempo
	Oxígeno	2 minutos
	Amoníaco	2 minutos
	Dióxido de nitrógeno (Serie 20)	4 minutos
	Dióxido de azufre	6 minutos
	Fosfina	4 minutos
	Cianuro de hidrógeno	4 minutos
CALIBRACIÓN AUTOMÁTICA	El instrumento deberá ser compatible con una prueba automatizada opcional y con un sistema de calibración capaz de guardar datos. El sistema externo reconocerá y calibrará automáticamente el instrumento y conservará todos los registros de calibración.	

Sistemas de Muestreo

MODOS DE MUESTREO	El instrumento deberá estar disponible con bomba interna.
FILTROS DE LOS SISTEMAS DE MUESTREO	La bomba debe contener filtros reemplazables por el usuario para evitar la entrada de líquidos y polvo.
LONGITUD ADMISIBLE DE LA LÍNEA DE MUESTREO	El instrumento debe ser capaz de tomar muestras desde 50 pies (15 m) en 9 segundos o desde 80 pies (24.38 m) en 15 segundos. (Debería ser 1 pie/segundo como regla general, se verificará en las pruebas. Los tubos hasta cierta longitud (por determinar) deberán tener un diámetro interior de 1/8" y juego de 1/8" para cualquier longitud mayor). Detector ALTAIR 5X versión estándar.
PROTECCIÓN CONTRA ENTRADA DE FLUIDOS	Se ofrecerá una sonda de muestreo diseñada para evitar la entrada de agua y residuos en el instrumento.
MONITOREO DE GASES REACTIVOS	Se ofrecerá una sonda de muestreo especial cuando se utilice con Cl ₂ , NH ₃ y ClO ₂ .

Características y Rendimiento del Sensor

VIDA DE LOS SENSORES	Los sensores SO ₂ XCell y los sensores IR de LEI, CO, H ₂ S, NO ₂ tendrán una vida útil prevista de 4 años. Los sensores de NH ₃ y Cl ₂ tendrán una vida útil prevista de 3 años.	
INDICADOR DE FIN DE VIDA ÚTIL DEL SENSOR	El instrumento avisará al usuario cuando el sensor esté a punto de llegar al final de su vida útil tras el calibrado.	
TIEMPOS DE RESPUESTA TÍPICOS t(90)	Tipo de Gas	Tiempo de Respuesta
	Sensor de combustibles	<10 segundos (metano) <15 segundos (pentano)
	Sensor de oxígeno	<10 segundos
	Sensor de CO	<15 segundos
	Sensor de H ₂ S	<15 segundos
	Sensor de NH ₃	<40 segundos
	Sensor de SO ₂	<10 segundos
	Sensor de NO ₂	<15 segundos
	Sensor de Cl ₂	<30 segundos
	IR CO ₂	<35 segundos
	IR CH ₄	<34 segundos
	IR CH ₄	<35 segundos
	PID 10.6eV 2000 ppm	<10 segundos

Características y Rendimiento del Sensor (continuación)

TODOS LOS SENSORES	Todos los sensores deben tener circuitos de control incorporados/especializados. Incluidos circuitos de accionamiento, memoria, un microprocesador y un transformador analógico-digital para controlar y compensar el nivel del sensor.
SENSOR DE OXÍGENO	El sensor de oxígeno no contendrá plomo y utilizará una reacción química no consumible.
SENSOR DE COMBUSTIBLE	El sensor de combustible debe tener como mínimo la siguiente resistencia al veneno: 3000 ppm/horas para el H ₂ S 90 ppm/horas para el silicio.
SENSOR DE CO / H ₂ S	El sensor de CO / H ₂ S estará diseñado con un filtro de carbono muy resistente para que el canal de CO bloquee las interferencias. El sensor se diseñará para que prácticamente no haya interferencias entre canales.
SENSOR DE NH ₃	El sensor de NH ₃ utilizará una reacción química no consumible y se autorecuperará tras exposiciones significativas al gas. El sensor tendrá una vida útil prevista de 3 años o más.
SENSOR DE SO ₂	El sensor de SO ₂ deberá tener un tiempo de respuesta de 10 segundos o menos, utilizar una reacción química no consumible y se autorecuperará tras exposiciones significativas al gas. El sensor tendrá una vida útil prevista de 3 años o más.
SENSOR DE NO _x	El sensor de NO _x tendrá un tiempo de respuesta de 15 segundos o menos. El sensor tendrá una vida útil prevista de 4 años o más.
SENSOR DE CL ₂	El sensor de Cl ₂ tendrá un mínimo margen de verificación incluso en condiciones secas. El sensor prácticamente no tendrá interferencias cruzadas con el CO, H ₂ S y SO ₂ . El sensor deberá tener una vida útil prevista de 3 años o más.
SENSORES IR	El sensor de infrarrojos no dependerá de un espejo para obtener la longitud de trayectoria adecuada, ya que los espejos son muy sensibles a la humedad y a las condiciones atmosféricas de condensación.

¹ Todos los tiempos de respuesta se calculan utilizando el funcionamiento recomendado por el fabricante.

² La suciedad, el polvo y la limpieza de la lente de enfoque pueden afectar al tiempo de respuesta.

Registro de Datos (Almacenamiento de Datos de Instrumentos)

REGISTRO DE DATOS	El instrumento debe disponer de registro de datos estándares.
REGISTRO DE EVENTOS	El instrumento registrará al menos 1000 eventos.
CAPACIDAD DEL REGISTRO DE DATOS	El registro de datos deberá grabar y almacenar datos durante un promedio de 200 horas (a intervalos de 1 minuto) sin sobrescribir la información existente durante el uso normal.
CONTENIDO DEL REGISTRO DE GAS	Las entradas del registro de datos contendrán como mínimo la fecha, hora y registro de las lecturas máximas y promedio de cada sensor de gas (el oxígeno se registrará como máximo y mínimo para estos intervalos).
REGISTRO ATMOSFÉRICO	El instrumento dispondrá de dispositivos para registrar los cambios de temperatura atmosférica.
INTERVALOS DE REGISTRO	El intervalo de tiempo entre los registros de datos podrá ser seleccionado por el usuario entre 15 segundos y 15 minutos.
CONSERVACIÓN DE DATOS	Los datos del instrumento almacenados en la memoria no se perderán ni corromperán en caso de pérdida súbita de energía.
PÁGINA DE CONTENIDO DEL REGISTRO DE ACTIVIDAD	El registro de datos del instrumento deberá registrar y ser capaz de informar sobre eventos significativos del instrumento, incluyendo:
	<ul style="list-style-type: none"> - Alertas de gases y baterías. - Ajustes de aire fresco, puesta a cero de sensores y calibraciones. - Tensión de la batería y tiempo de funcionamiento transcurrido.

Certificaciones

NORTEAMÉRICA USA/UL	Clase I, División I, Grupos A, B, C y D. Clase II, División I, Grupos E, F y G. Clase II, División I. Temperatura ambiente: -40°C a +50°C; T4. Detector Multigas ALTAIR 5X con paquete de baterías alcalinas T3/T4. Detector multigas ALTAIR 5X o ALTAIR 5X IR con paquete de baterías recargables T4.
	Clase I, División I, Grupos A, B, C y D. CAN/CSA C222 No. 152 Instrumentos de detección de gases combustibles. C222 No. 152 Rendimiento a temperatura ambiente: -20°C a +50°C C222 No. 157 Seguridad intrínseca a temperatura ambiente: -40°C a +50°C. Detector Multigas ALTAIR 5X con paquete de baterías alcalinas T3/T4. Detector multigas ALTAIR 5X o ALTAIR 5X IR con paquete de baterías recargables T4.
CANADÁ CSA	
MINERÍA	MSHA 30 CFR Parte 22. PAPD.

Certificaciones (continuación)

EUROPA DIRECTIVA ATEX 94/9/CE	<p>Detector Multigas ALTAIR 5X:</p> <ul style="list-style-type: none"> II 2G Ex d Ia mb IIC Gb IP65 - Zona 1 cuando el sensor XCell® Ex está instalado. II 1G Ex ia IIC Ga IP65 - Zona 0 cuando el sensor XCell Ex no está instalado. <p>Detector Multigas ALTAIR 5X con paquete de baterías recargables T4.</p> <p>Ex ia I Ma.</p> <p>Detector Multigas ALTAIR 5X IR II 2G Ex d ia mb IIC T4 Gb IP65.</p> <p>CE 0080 Directiva 2004/108/CE (CEM): EN 50270 Tipo 2, EN61000-6-3.</p>
AUSTRALIA / NUEVA ZELANDA ANZEX AUSTRALIA/NUEVA ZELANDA - PRUEBA DE SEGURIDAD EN AUSTRALIA	<p>Detector Multigas ALTAIR 5X & ALTAIR 5X IR.</p> <p>Ex ia sa IIC T4 (Zona 0) IP65.</p> <p>Detector Multigas ALTAIR 5X con paquete de baterías alcalinas T3/T4.</p> <p>Detector Multigas ALTAIR 5X o ALTAIR 5X IR con paquete de baterías recargables T4.</p> <p>Ex ia sa I (Zona 0) IP65.</p>
IECEx - PRUEBA SEGURA EN AUSTRALIA	<p>Detector Multigas ALTAIR 5X & ALTAIR 5X IR.</p> <p>Ex ia mb d IIC IP65 - Zona 1 cuando el sensor XCell Ex está instalado.</p> <p>Ex ia IC IP65 - Zona 0 cuando el sensor XCell Ex no está instalado.</p> <p>Detector Multigas ALTAIR 5X con paquete de baterías alcalinas T3/T4.</p> <p>Detector Multigas ALTAIR 5X o ALTAIR 5X IR con paquete de baterías recargables T4.</p> <p>Ex ia II IP65 - Zona 0.</p>
APROBACIONES SOBRE LA CALIDAD DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	<p>El fabricante del instrumento debe estar certificado conforme a las disposiciones del ISO 9001.</p>

Medio Ambiente

TEMPERATURA FUNCIONAMIENTO NORMAL PROLONGADO	<p>0° a 40° C (32° a 104° F).</p> <p>-20° a 50° C (-4° a 122° F).</p> <p>-40° a +50° C (-40° a +122° F, todos excepto P10).</p>
HUMEDAD	<p>15-90% HR (sin condensación) continua.</p> <p>5-95% HR (sin condensación) durante períodos cortos.</p>

Mantenimiento y Garantías

SUSTITUCIÓN DE LOS SENSORES	Los sensores son fácilmente accesibles y reemplazables por los usuarios si así lo desea el comprador.
GARANTÍA, CONSUMIBLES	El instrumento tendrá 3 años de garantía consecutiva en condiciones normales de uso, incluidos los sensores de CO/H ₂ S/LEL/O ₂ /SO ₂ /NO ₂ XCell e IR. NH ₃ y O ₃ tienen una garantía de 2 años. Los demás sensores tendrán una garantía mínima de 12 meses.

Nota: Este folleto sólo contiene una descripción general de los productos mostrados. Aunque se describen de forma general las características y las capacidades de rendimiento de los productos, éstos no deben ser utilizados, bajo ninguna circunstancia, por personas no capacitadas o no calificadas. Los productos no deben utilizarse hasta que se haya leído y comprendido completamente el manual de instrucciones/Manual del producto, que contiene información detallada sobre el uso y los cuidados adecuados de los productos, incluidas las advertencias e instrucciones. Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso. MSA es una marca registrada de MSA Technology, LLC en Estados Unidos, Europa y otros países. Para el resto de marcas registradas véase <https://www.mssafetys.com/trademarks>.

MSA está presente en más de 40 países de todo el mundo. Para encontrar una oficina de MSA cerca de usted, visite [MSA safety.com/offices](https://www.mssafetys.com/offices).