



Esta obra está bajo una

[Licencia Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

[Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

**Monitoreo de calidad de aire (PM₁₀ y SO₂) en
planta de producción asfáltica, 3 de octubre –
San Martín**

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Aldahyr Junior Reategui Rengifo
<https://orcid.org/0000-0003-1730-5196>

Asesor:

Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález
<https://orcid.org/0000-0001-9345-5474>

Coasesor:

Ing. Dr. Andi Lozano Chung
<https://orcid.org/0000-0002-2794-1535>

Moyobamba, Perú

2025



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

Monitoreo de calidad de aire (PM₁₀ y SO₂) en planta de producción asfáltica, 3 de octubre – San Martín

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Aldahyr Junior Reategui Rengifo

Sustentado y aprobado 09 de abril del 2025, ante el honorable jurado:

Presidente de Jurado
Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia

Secretario de Jurado
Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde
Vera

Vocal de Jurado
Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález

Asesor
Ing. M.Sc. Alfonso Rojas
Bardález

Coasesor
Ing. Dr. Ardi Lozano Chung

Moyobamba, Perú

2025



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS
CONDUCENTES A TÍTULO PROFESIONAL N° 004-2025-UNSM/EPIA/UI**

Jurado reconocido con Resolución N° 460-2021-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 31 de diciembre de 2021.

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A las 11:00 horas, del día miércoles 9 de abril de 2025, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis **“Monitoreo de calidad de aire (PM₁₀ y SO₂) en planta de producción asfáltica, 3 de octubre – San Martín”** para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, presentado por **Aldahyr Junior Reátegui Rengifo**, con la asesoría del **Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález** y del co-asesor **Ing. Dr. Andi Lozano Chung**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por el **Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia** (Presidente del jurado), **Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera** (Secretario), **Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález** (Vocal) y acompañado por el **Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález** (Asesor) y por el **Ing. Dr. Andi Lozano Chung** (Co-asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 024-2024-UNSM/CF/FE**, de fecha **01 de febrero de 2024**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluado por el jurado con la venia del asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue **QUINCE (5)**, tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es APROBATORIA, correspondiente a la calificación de BUENO leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 12:25 horas, el mismo día miércoles 9 de abril de 2025.

Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia
Presidente de Jurado

Ing. M.Sc. Mirtha Felícita Valverde Vera
Secretario de Jurado

Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález
Vocal del Jurado

Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález
Asesor

Ing. Dr. Andri Lozano Chung
Co-Asesor

Aldahyr Junior Reátegui Rengifo
Autor

Declaración de autenticidad

Aldahyr Junior Reategui Rengifo, con DNI N° 73380640, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Monitoreo de calidad de aire (PM10 y SO2) en planta de producción asfáltica, 3 de octubre – San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiado; por tanto; la información de esta investigación debe considerarse como porte a la realidad investigada.

Por todo lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín

Moyobamba, 09 de abril de 2025.



.....
Aldahyr Junior Reategui Rengifo
DNI N° 73380640

Ficha de identificación

<p>Título: Monitoreo de calidad de aire (PM10 y SO₂) en planta de producción asfáltica, 3 de octubre – San Martín</p>	<p>Área de investigación: Ciencia y tecnología ambiental Línea de investigación: Calidad Ambiental Sublínea de investigación: Contaminación del aire Grupo de investigación: Calidad Ambiental (Resolución N° 213-2022-UNSM/CFT/FE) Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Aldahyr Junior Reategui Rengifo</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0003-1730-5196</p>
<p>Asesor: Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Unidad o Laboratorio Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0001-9345-5474</p>
<p>Coasesor: Ing. Dr. Andi Lozano Chung</p>	<p>Contraparte científica: Facultad: Ecología Unidad o Laboratorio: Ingeniería Ambiental País: Perú https://orcid.org/0000-0002-2794-1535</p>

Dedicatoria

A mis padres por sus consejos, comprensión, amor y por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi formación académica y en cada momento de mi vida.

A mis abuelitos, por demostrarme su amor y tenacidad durante mi formación académica, así mismo por darme el apoyo emocional antes y durante mi formación académica profesional.

Aldahyr.

Agradecimientos

Expreso mi más profundo agradecimiento Ing. M. Sc. Alfonso Rojas Bardalez y al Ing. Dr. Andi Lozano Chung, por sus valiosas contribuciones y enseñanzas a lo largo del desarrollo de esta investigación. La dedicación y paciencia han sido admirables, brindando un apoyo fundamental para enriquecer mi investigación.

Sentimientos que se suman; Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia, Ing. M. Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera, Ing. M. Sc. Gerardo Cáceres Bardález, los que, con generosidad compartieron conocimientos especializados y aportaron una perspectiva valiosa que enriqueció el enfoque de este trabajo.

Así mismo agradezco a la Universidad Nacional de San Martín, por formar parte de esta destacada institución, y a las oportunidades laborales que me brindan por formar parte de esta.

Aldahyr.

Índice general

Ficha de identificación.....	6
Dedicatoria	7
Agradecimientos	8
Índice general.....	9
Índice de Tablas.....	11
Índice de Figuras.....	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes de la investigación.....	17
2.2. Fundamentos teóricos.....	20
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	29
3.1.1. Contexto de la investigación.....	29
3.1.2. Periodo de ejecución	29
3.1.3. Autorizaciones y permisos.....	29
3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad	29
3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales	29
3.2. Sistema de variables	30
3.3. Procedimientos de la investigación.....	31
3.3.1. Describir de los procesos de producción de carpeta asfáltica en la planta de asfalto	31
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Procesos de producción de carpeta asfáltica en la planta de asfalto	33
4.2. Comparación de los valores de calidad de aire emitidos (PM ₁₀ y SO ₂) en el proceso de producción asfáltica con los Estándares de Calidad del Aire vigente ...	39
4.3. Discusión de resultados.....	41

	10
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	50

Índice de Tablas

Tabla 1 estándares de calidad para aire (ECA).....	27
Tabla 2 Descripción de variables por objetivo específico	30
Tabla 3 Estaciones de muestreo de calidad ambiental de aire.....	37
Tabla 4 Métodos de monitoreo, equipos y función	37
Tabla 5 Determinación de la concentración de material particulado PM10, calculada en función al volumen de aire captado por el equipo PQ-200, durante el tiempo de 24 horas	38
Tabla 6 Determinación de la concentración de SO ₂ , calculada en función al volumen de aire captado por el tren de muestreo, durante el tiempo de 24 horas.....	38
Tabla 7 Determinación de la concentración de PM10 en µg/m ³ en el punto CA-P-01. 38	
Tabla 8 Determinación de la concentración de PM10 en µg/m ³ en el punto CA-P-02. 38	
Tabla 9 Determinación de la concentración de SO ₂ en µg/m ³ en el punto CA-P-01. . 38	
Tabla 10 Determinación de la concentración de SO ₂ en µg/m ³ en el punto CA-P-02. 38	
Tabla 11 Data recopilada en el muestreo de calidad del aire	39

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación y vista de la planta de Asfalto MMP.	34
Figura 2 Tolvas con zaranda incorporada.	34
Figura 3 Horno rotativo y generador de llama.	35
Figura 4 Elevador de la carpeta asfáltica y descarga a volquetes.	36
Figura 5 Extractor de gases y chimenea.	36
Figura 6 Lavador de finos.	37
Figura 7 Resultados de material particulado (PM10).	40
Figura 8 Resultados de gases CO, NO ₂ y SO ₂	41

RESUMEN

Monitoreo de calidad de aire (PM₁₀ y SO₂) en planta de producción asfáltica, 3 de octubre – San Martín

El planeta enfrenta múltiples desafíos ambientales, entre ellos la contaminación del aire, ocasionados tanto por fenómenos naturales como por actividades antrópicas. Actualmente, diversos países implementaron políticas destinadas a proteger la salud de la población y preservar el ambiente. La polución atmosférica engloba la introducción de elementos nocivos en el aire que pueden afectar negativamente tanto a seres vivos como a objetos materiales. Esta problemática surge principalmente de actividades industriales, vehiculares y domésticas, generando diversos compuestos químicos perjudiciales. La degradación del aire implica la existencia de componentes que no solo representan un riesgo para la salud humana, sino que también pueden deteriorar materiales, reducir la visibilidad y generar olores desagradables. El objetivo fue determinar la calidad del aire (PM₁₀ y SO₂) en la planta de producción asfáltica de la localidad de 3 de Octubre en San Martín, para alcanzar los objetivos se realizaron monitoreos en dos estaciones fijas en la planta de asfalto de la localidad de 03 de octubre del distrito de la Banda de Shilcayo, en la provincia y departamento de San Martín, para la cual se emplearon equipos de monitoreo de bajo volumen (PM₁₀) y un tren de muestreo (SO₂), el periodo de ejecución del proyecto fue desde el 01 de febrero del 2024 hasta el 30 de setiembre del 2024, donde los resultados encontrados durante la evaluación ambiental fueron para la estación de muestreo CA-P.01 que correspondía al área de la chimenea con concentraciones de material particulado de 6 ug/m³ y en el punto de muestreo CA-P-02 que corresponde al área de acopio de material con una concentración de PM₁₀ de 3,3 ug/m³, y para el dióxido de azufre (SO₂) en ambas puntos CA-P. 01 y CA-P. 02 arrojan concentraciones de 2,3 ug/m³, la investigación concluye que en las dos puntos de monitoreo evaluados, CA-P. 01 y CA-P. 02 los resultados realizados por el laboratorio certificado por INACAL, no sobre pasan lo establecido en la norma ambiental vigente (D. S. N° 003-2017-MINAM), Estándares de Calidad Ambiental para Aire, que establece 100 ug/m³ para material particulado PM₁₀, y 250 ug/m³ para el dióxido de azufre (SO₂)

Palabras clave: Calidad del aire, material particulado, gases, tren de muestreo

ABSTRACT

Air quality monitoring (PM₁₀ and SO₂) at an asphalt production plant, October 3 – San Martín

The planet is facing multiple environmental challenges, including air pollution, caused by both natural phenomena and anthropogenic activities. Currently, several countries have implemented policies aimed at protecting the health of the population and preserving the environment. Atmospheric pollution encompasses the introduction of harmful elements into the air that can adversely affect both living beings and material objects. This problem arises mainly from industrial, vehicular and domestic activities, generating various harmful chemical compounds. Air degradation implies the existence of components that not only represent a risk to human health, but can also deteriorate materials, reduce visibility and generate unpleasant odors. The objective was to determine the air quality (PM₁₀ and SO₂) in the asphalt production plant in the town of 3 de Octubre in San Martín. To achieve the objectives, monitoring was conducted at two fixed stations in the asphalt plant in the town of 3 de Octubre in the district of Banda de Shilcayo, in the province and department of San Martín, for which low-volume monitoring equipment (PM₁₀) and a sampling train (SO₂) were used, the project implementation period was from February 1, 2024 to September 30, 2024. The results found during the environmental assessment were for the sampling station CA-P.01 which corresponded to the area of the chimney with particulate matter concentrations of 6 ug/m³ and at sampling point CA-P-02 which corresponds to the area of the material stockpile with a PM₁₀ concentration of 3.3 ug/m³, and for sulfur dioxide (SO₂) at both points CA-P. 01 and CA-P. 02 show concentrations of 2.3 ug/m³. The investigation concludes that in the two monitoring points evaluated, CA-P. 01 and CA-P. 02, the results performed by the laboratory certified by INACAL, do not exceed the environmental standard in force (D. S. N° 003-2017-MINAM), Environmental Quality Standards for Air, which establishes 100 ug/m³ for particulate matter PM₁₀, and 250 ug/m³ for sulfur dioxide (SO₂).

Keywords: Air quality, particulate matter, gases, sampling train.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

El planeta enfrenta múltiples desafíos ambientales, entre ellos la contaminación del aire, ocasionados tanto por fenómenos naturales como por actividades antrópicas. Actualmente, diversos países implementaron políticas destinadas a proteger la salud de la población y preservar el medio ambiente (García, 2024). La contaminación atmosférica de origen humano está estrechamente vinculada a actividades como el transporte, la operación de maquinaria y diversos procesos industriales que modifican la composición natural del aire. Las principales fuentes de emisiones contaminantes incluyen procesos de combustión industrial, vehicular y doméstica, que liberan diversos compuestos químicos como óxidos de carbono, nitrógeno y azufre.

Desde 1987, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado periódicamente recomendaciones sobre la calidad del aire y sus efectos en la salud, con el propósito de guiar a los gobiernos y la sociedad en la disminución de la exposición a la contaminación atmosférica (WHO, 2021). En el informe *air quality guidelines global update 2005, particulate matter ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide* de la oficina regional de la OMS para Europa en 2006, se establecieron valores de referencia para los principales contaminantes atmosféricos perjudiciales para la salud, como material particulado, ozono, dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, este documento ha tenido un impacto significativo en la formulación de políticas para el control de la contaminación en el mundo (OMS, 2006)

En el contexto peruano, la degradación de la calidad del aire es una preocupación, particularmente en ciudades como Lima y Arequipa, donde el incremento del parque automotor y la actividad industrial ha provocado un notable aumento en los niveles de contaminación. En el contexto local 3 de octubre no presenta actividades industriales en expansión, por ser una localidad relativamente nueva, por ello nace la necesidad de desarrollar esta investigación para determinar las condiciones actuales de la calidad de aire y tener una percepción de las condiciones de vida de la población y el ambiente.

Un estudio de vigilancia atmosférica, fundamentado en la normativa peruana D.S 003-2017-MINAM, busca evaluar la presencia de contaminantes en una planta de asfalto ubicada en San Martín, centrándose específicamente en PM_{10} y SO_2 . El monitoreo ambiental se realizará mediante dos estaciones fijas de medición, enfocándose en la detección de partículas PM_{10} y dióxido de azufre, contaminantes típicamente asociados con la producción de asfalto.

En la actualidad, la contaminación del aire se ha convertido en un asunto de gran relevancia, especialmente en áreas con actividad industrial, lo que plantea una interrogante crucial: ¿Cuál es la calidad del aire, específicamente en cuanto a los contaminantes PM_{10} y SO_2 , en la planta de producción asfáltica ubicada en 3 de octubre San Martín? cuestionamiento planteado con el fin de evaluar el impacto ambiental en la región. Se proponen dos hipótesis para este estudio: la hipótesis alternativa (H1), que sostiene que la calidad del aire en términos de PM_{10} y SO_2 en la planta de producción asfáltica es de calidad regular, y la hipótesis nula (H0), que afirma que la calidad del aire es mala. Ambos escenarios serán evaluados mediante el análisis de datos recolectados y su comparación con los estándares ambientales vigentes.

Con el propósito de abordar esta problemática, el estudio tiene como objetivo principal evaluar la calidad del aire (PM_{10} y SO_2) en la planta de producción asfáltica de la localidad de 3 de octubre en San Martín. Este análisis permitirá determinar si la operación de la planta se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa ambiental vigente. Los objetivos específicos del estudio incluyen en primer lugar: describir los procesos de producción de la carpeta asfáltica, ya que estos influyen directamente en la emisión de contaminantes; segundo, medir y calcular los niveles de PM_{10} y SO_2 emitidos durante la operación de la planta; y tercero, comparar estos valores con los Estándares de Calidad del Aire vigentes para determinar el cumplimiento de las normativas ambientales.

El informe está estructurado en tres capítulos: el Capítulo I presenta la revisión bibliográfica, incluyendo antecedentes, bases teóricas y definición de términos; el Capítulo II detalla la metodología, describiendo los materiales y métodos utilizados; y el Capítulo III expone los resultados y su discusión en relación con los objetivos establecidos. Finalmente, se incluyen conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos pertinentes al estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Internacionales

Blanco y Soto (2021), realizaron su estudio sobre la percepción del riesgo asociado a la contaminación del aire en trabajadores informales del centro de Medellín año 2020, el objetivo general fue analizar cómo estos trabajadores perciben el impacto de la contaminación atmosférica en su salud, A través de una investigación cualitativa, se trabajó con una muestra de 13 participantes a quienes se aplicaron cuestionarios y entrevistas para evaluar su percepción sobre los efectos del aire contaminado. Los resultados evidenciaron que, debido a sus extensas jornadas laborales, superiores a lo establecido por la ley, estos trabajadores experimentan problemas de salud, como afecciones respiratorias irritación ocular, sequedad en la piel, así como estrés y depresión, La investigación concluye que los trabajadores informales del centro de Medellín tienen una alta percepción del deterioro de la calidad del aire atribuyéndolo principalmente a la actividad industrial y al tráfico vehicular.

Saravia (2021) en su artículo científico sobre la Evaluación de la contaminación del aire por la quema del diablo en Guatemala, llevó a cabo un análisis cualitativo y estimaciones para determinar el impacto de esta práctica en la calidad del aire, para ello, se instalaron sensores con el fin de medir la concentración de material particulado con diámetros de 2,5 y 10 micrómetros, realizando mediciones continuas durante 24 horas. Los resultados indicaron que los valores promedios de $PM_{2.5}$, oscilaron entre 15 y 8 ug/m^3 con un máximo de 150 ug/m^3 , mientras que para PM_{10} , los promedios variaron de 26 a 14 ug/m^3 , alcanzando un pico de 267 ug/m^3 . Se observó un aumento en las concentraciones de material particulado entre las 18:00 a 21:00 horas, alcanzando los valores más altos a partir de las 22:40 horas, lo que podría atribuirse al arrastre de contaminantes por los vientos predominantes del noreste. Además, se constató que los niveles superaban los límites recomendados por las guías de la OMS del 2005, que establecen un máximo de 50 ug/m^3 para PM_{10} y 25 ug/m^3 para $PM_{2.5}$ respectivamente.

Nacionales

Del-Águila y García (2024) en su estudio de contaminación del aire por el transporte liviano y análisis de la normativa vigente en el distrito de Tambopata, tuvieron como objetivo analizar como el transporte liviano contribuye a la contaminación del aire y como esta problemática es abordada en la normativa vigente en dicho distrito. Se trató de una

investigación de enfoque mixto, con un diseño descriptivo, explicativo y transeccional en el que se empleó un diseño descriptivo simple. La muestra que coincidió con la población de estudio estuvo conformada por 37 especialistas en derecho ambiental, se utilizó la técnica de observación directa para analizar las variables consideradas. Como conclusión, los autores señalaron que, aunque la normativa nacional sobre la contaminación del aire es clara, su cumplimiento en el distrito de Tambopata no es efectivo, identificaron que la contaminación atmosférica proviene principalmente del tránsito de vehículos livianos, cuyas emisiones tóxicas resultan de la combustión de combustibles, además, el aumento de la circulación de vehículos menores en los últimos años ha intensificado la emisión de gases contaminantes como el CO entre otros.

Moretti et al. (2023) en su investigación "*Air pollution in the city of Lima*", Perú, tuvieron como objetivo examinar la contaminación del aire en la ciudad de Lima, a partir de una revisión de literatura científica. La investigación fue de tipo descriptiva documental, con un diseño bibliográfico basado en el análisis de 14 artículos científicos. A pesar del crecimiento económico del Perú, el país aún se encuentra en una fase de transición respecto a los factores de riesgo tradicionales como modernos. En este contexto, persisten enfermedades infecciosas vinculadas asociados a problemas crónicos, muchos de los cuales están con la contaminación del agua y del aire.

Moretti y Valiente (2023) en su estudio "*Environmental pollution and its effects on public healths*", tuvieron como objetivo principal examinar la contaminación ambiental y su impacto en la salud pública. Se trató de una investigación descriptiva documental con un diseño bibliográfico, basado en el análisis de 25 artículos científicos obtenidos de plataformas como PubMed, Scopus, WOS. Scielo, los hallazgos indican que una gran parte de la población mundial sigue viviendo en zonas donde la calidad de aire es deficiente, esto se debe, en gran medida, a los avances tecnológicos en los procesos de combustión, el uso de combustibles fósiles y el crecimiento de la producción industrial. Además, la contaminación tóxica del aire no solo afecta al medio ambiente, sino que también incrementa la exposición de las personas a diversos riesgos para la salud.

Morales y Suyo (2022) en su tesis Métodos de medición de la textura de la carpeta asfáltica para hallar la incidencia en el riesgo de accidentes, cuyo objetivo fue determinar la textura de la superficie asfáltica mediante la aplicación de diferentes métodos, como el péndulo británico o TRRL, círculo de arena, SCRIM, texturómetro basado en visión artificial. A través de este análisis, identificaron que los principales factores asociados a los accidentes viales son la adherencia en la micro textura y el drenaje en la macro

textura, la deficiencia en estos aspectos puede generar consecuencias como la pérdida de fricción en la superficie y el fenómeno de hidroplaneo, aumentando así el riesgo de siniestros en las vías.

Locales

Rojas y Guerra (2022) en su estudio “Nivel de contaminación del aire urbano por partículas suspendidas respirables (PM₁₀ y PM_{2.5})”, Este estudio, realizado en varias ciudades de Perú, tuvo como objetivo medir la concentración de material particulado respirable (PM₁₀ y PM_{2.5}). Utilizando el método gravimétrico, se concluyó que, durante el período de muestreo, las concentraciones de PM₁₀ no superaron los estándares de calidad ambiental (ECA), con las ciudades de Nueva Cajamarca y Moyobamba registrando los valores más altos. Los niveles de PM_{2.5} también se mantuvieron dentro de los límites establecidos, lo que sugiere que, aunque existen partículas en el aire, no representan un riesgo crítico bajo los niveles monitoreados

Velásquez (2021) en su disertación “Eficacia del modelo de sistemas de información geográfica en la evaluación de dispersión de monóxido de carbono del parque automotor urbano de la ciudad de Moyobamba”, El estudio, realizado en Moyobamba, determinó las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en diferentes áreas de la ciudad utilizando un sensor MQ-7 y una placa ARDUINO UNO. Los resultados indicaron que las zonas de alto flujo vehicular presentaron una concentración promedio de 202,80 µg/m³, mientras que en áreas de tránsito medio y bajo se registraron concentraciones de 82,86 µg/m³ y 40,66 µg/m³, respectivamente. Este estudio demuestra la eficacia del uso de tecnología para monitorear contaminantes en áreas urbanas.

Sánchez (2021) planteó en su tesis “Evaluación del monóxido de carbono en espacios interiores y su relación con el consumo de leña en la localidad de Calzada, 2019” El estudio evaluó la relación entre el consumo de leña y la concentración de monóxido de carbono (CO) en hogares de la localidad de Calzada, encontrando una correlación moderada entre el número de personas por hogar y la concentración de CO (0,58), y una correlación alta entre el consumo de leña y el tamaño de la familia (0,61). Además, el consumo de leña aumenta en aproximadamente 0,05 kg por cada miembro adicional en la familia. Estos resultados subrayan la importancia de optimizar la leña como combustible en áreas rurales para cuidar la calidad del aire interior.

2.2. Fundamentos teóricos

- Ley General del Ambiente

La Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, en su Artículo 2° se refiere al ambiente o sus componentes, la comprensión a los elementos físicos, químicos y biológicos de origen natural o antropogénico que, en forma individual o asociada, conforman el medio en el que se desarrolla la vida, siendo los factores que aseguran la salud individual y colectiva de las 18 personas y la conservación de los recursos naturales, la diversidad biológica y el patrimonio cultural asociado a ellos, entre otros (Ley N° 28611, 2005).

- Contaminación ambiental

La contaminación es un factor que impulsa el avance descontrolado de la crisis climática. Se refiere a la introducción de sustancias dañinas en un entorno, lo que altera su equilibrio natural y lo vuelve peligroso.

Esta contaminación, que puede ser química, física o biológica, afecta tanto al ambiente como a los seres vivos, incluidos los humanos. Entre sus principales causas se encuentran las actividades antropogénicas, como la liberación de gases de efecto invernadero y el uso excesivo de recursos naturales (Aqua, 2021).

- Tipos de contaminación ambiental

Hay una variedad de contaminantes que abarcan compuestos químicos como pesticidas, cianuro, herbicidas, desperdicios municipales, petróleo y radiaciones ionizantes (Aqua Fundación, 2021).

Clasificación de la contaminación según su origen:

- **Natural:** resultante de fenómenos como incendios forestales, erupciones volcánicas, tsunamis o terremotos.

- **Artificial:** generada por actividades humanas, tales como la contaminación industrial y el uso de productos químicos. Esto abarca también la alteración de los ciclos naturales del ecosistema, el uso inadecuado de los recursos naturales y la deficiente gestión de los residuos.

- Contaminación atmosférica

La contaminación del aire se caracteriza por la presencia de sustancias químicas o energía en la atmósfera que pueden causar daños, lesiones o afectar negativamente a

las personas y los bienes. Estas sustancias pueden no solo ser perjudiciales, sino que también pueden reducir la visibilidad y generar olores desagradables.

Hace referencia a la presencia de diminutas partículas o compuestos gaseosos en la atmósfera, los cuales pueden representar un riesgo o generar molestias a las personas, la fauna y la flora que entran en contacto con ellos. Las principales fuentes de contaminación atmosférica provienen de actividades industriales que involucran combustión, así como del transporte, especialmente el uso de vehículos (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2021).

- **Calidad del aire**

La “Norma Primaria de Calidad del Aire” sostiene que el aire es una mezcla compleja compuesta de diversas sustancias. Sus principales componentes incluyen nitrógeno, oxígeno y vapor de agua, además de dióxido de carbono, metano, hidrógeno, argón y, en menor proporción helio. En cuanto a los contaminantes atmosféricos estos se clasifican en dos tipos: los contaminantes primarios, que son liberados directamente al ambiente, y los secundarios, que se generan a partir de reacciones químicas en la atmósfera, como la hidrogenación, la oxidación y las reacciones fotoquímicas a partir de contaminantes primarios.

- **Dióxido de azufre (SO₂)**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro e inodoro que se genera principalmente durante la quema de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, así como por la oxidación de minerales que contienen azufre. La principal fuente de SO₂ de origen humano proviene de la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre, utilizados para calefacción, generación eléctrica y en automóviles.

- **Material particulado 10 (PM₁₀)**

Las partículas en el aire de nuestras ciudades pueden ser tanto sólidas como líquidas e incluyen elementos como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), describe la contaminación por partículas, como una combinación diminutas partículas sólidas y gotas líquidas presentes en el aire. Algunas de estas, como el polvo, el hollín, o el humo pueden ser lo suficientemente grandes o densas como para ser visibles a simple vista (EPA, 2022).

- **Impactos sobre la salud humana**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (2017), la exposición prolongada a los vapores generados durante la producción de carpeta asfáltica puede dar lugar a una serie de efectos adversos, tales como:

- Dolores de cabeza
- Erupciones cutáneas
- Cansancio
- Irritación en la vista y la garganta
- Mareos
- Vómitos
- Tos persistente

Con el tiempo, se ha observado que quienes están expuestos a la contaminación, como los trabajadores en plantas de producción asfáltica, tienen un mayor riesgo de desarrollar cáncer de pulmón, esófago y piel, incluyendo leucemia. Sin embargo, aún no se ha determinado completamente si existen efectos nocivos adicionales (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, 2017).

El impacto de las partículas en la salud está directamente relacionado con su tamaño. Aquellas con un diámetro inferior a 10 micras (PM10) son particularmente peligrosas, ya que pueden ingresar a través de la nariz y la garganta, alcanzando los pulmones e incluso el torrente sanguíneo. La inhalación de estas partículas puede afectar tanto sistema respiratorio como el cardio vascular, ocasionando serios problemas de salud (MurciaSalud, 2022).

Según Ortega (2010) el aire facilita el movimiento de partículas a lo largo de distancias considerables, lo que implica que los contaminantes emitidos por las plantas no solo impactan la salud humana, sino que también tienen repercusiones ambientales. Por ejemplo, el polvo y la reducción de ingresos afectan no solo la vegetación a lo largo de las carreteras, sino también las tierras y viviendas de las comunidades cercanas.

- **Plantas de asfalto**

Es un conjunto de equipos mecanizados que agrupan, calientan, secan y mezclan áridos para producir carpeta asfáltica caliente que cumple con requisitos específicos. Las

plantas de asfalto pueden ser de tamaño pequeño o grande, y pueden ser fijas (ubicadas en un solo lugar) o móviles (trasladadas de un proyecto a otro) Méndez (2013).

En términos generales, cada planta se puede clasificar como:

- Planta de dosificación
- Planta mezcladora de tambor

Independientemente del tipo de planta, el principio de funcionamiento es el mismo: producir mezclas en caliente con la proporción adecuada de áridos y arcilla para cumplir con todos los requisitos. La diferencia entre los dos tipos de instalaciones radica en que, en el centro de acopio de cada lote, el agregado se seca y se calienta antes de combinarse con la arcilla en dosis individuales en una mezcladora especial. En contraste, la planta mezcladora de tambor seca el árido y lo mezcla con arcilla en un proceso continuo y en una sola etapa (Méndez, 2013).

Tipos de Plantas Asfálticas

Las plantas de asfalto pueden clasificarse en fijas o portátiles, y se dividen en dos categorías principales:

- **Plantas de dosificación:** En este tipo, los agregados se combinan con asfalto caliente para crear una mezcla uniforme.
- **Plantas de tambor:** En estas instalaciones, el calentamiento y la mezcla se realizan dentro de un tambor rotatorio (Alberto, 2021).

Proceso de producción en plantas de dosificación

Preparación de Materiales

Se apilan piedras grandes, pequeñas y arena, que luego se cargan en tolvas con un cargador frontal. Cada tolva tiene una compuerta que controla el flujo de material hacia la cinta transportadora (Isabel, 2019).

Transporte de Materiales

Los agregados pasan de una cinta horizontal a una inclinada, que los lleva a un horno rotativo donde se calientan gradualmente hasta unos 150°C.

Secado y Calentamiento

En el horno rotativo, los agregados se calientan lentamente para eliminar la humedad, lo que es crucial para una buena adhesión del asfalto.

Mezcla de los Agregados y el Asfalto

Cuando los agregados alcanzan la temperatura adecuada, se combinan con asfalto caliente en un mezclador de flujo paralelo. El asfalto, precalentado a 150°C, se mide automáticamente antes de la mezcla.

Descarga y Transporte del Producto Final

La mezcla asfáltica lista se vierte en un camión volquete a 150°C, preparada para su transporte a la obra.

Eliminación de Humedad

La primera sección del tambor seca completamente los materiales antes de añadir el asfalto.

Filtro y Control de Calidad

Los materiales se filtran para eliminar impurezas antes de entrar al tambor de mezcla, asegurando una mezcla homogénea y de alta calidad.

Control de Calidad y Aditivos

Se pueden agregar aditivos para mejorar la textura y durabilidad si la calidad del asfalto no es óptima. Los materiales deben cumplir especificaciones estrictas para garantizar un pavimento de calidad (Alberto, 2021).

Durabilidad de la Carpeta Asfáltica

Una carpeta asfáltica de buena calidad debería durar entre 8 y 10 años, dependiendo de la calidad de los materiales y las condiciones del tráfico. El exceso de humedad en los materiales puede prolongar el tiempo de secado, aumentando costos y afectando la rentabilidad del proceso (Alberto, 2021).

Tipos de mezcla asfáltica

Méndez (2013) en su trabajo sobre "Control de calidad de las mezclas asfálticas calientes y templadas" lo clasifica como:

En caliente

Estas mezclas son comúnmente elaboradas en plantas mezcladoras permanentes, y pueden alcanzar temperaturas de hasta 145 °C durante su fabricación, utilizando cemento (Asfalto RC-250) junto con agregados. Su diseño está orientado a proporcionar una superficie segura, lisa y con un adecuado drenaje para los usuarios. Con un espesor

superior a 4 cm, estas mezclas generan esteras de hormigón que soportan y distribuyen el peso de los vehículos sobre las capas inferiores del suelo (Méndez, 2013).

Templada

Este tipo de mezcla incluye agregado de piedra fina de 3/4 de pulgada, así como AC-20 y aditivos. La producción se lleva a cabo a temperaturas de entre 120 °C y 125 °C, lo que representa un enfoque más ecológico en comparación con métodos anteriores. Además de ofrecer beneficios económicos y ambientales sin afectar la calidad del producto final, el proceso de integración puede comenzar entre 95 °C y 97 °C, lo que favorece las labores del personal en la construcción. La radiación térmica en este caso facilita su aplicación, y al quemar la arcilla a temperaturas más altas, se generan menos gases inhalables (Méndez, 2013).

En frío

La fabricación de mezclas en frío se realiza en plantas móviles o fijas, utilizando emulsión asfáltica, grava y piedra de calidad inferior (Méndez, 2013)

Material pétreo

Méndez (2013) indica que se trata del material obtenido de entre los materiales seleccionados, el cual está cubierto por una película asfáltica y forma la capa portante. Este material debe cumplir con los siguientes requisitos:

Clasificación

- Materiales naturales que no requieren tratamiento, como arenas de río y limos para mejoramientos, así como gravas con arenas y arenas graníticas.
- Materiales naturales o escorias de fundición que necesitan un tratamiento previo antes de su utilización.
- Mezclas de los materiales mencionados anteriormente.

Condiciones de uso

- Debe tener la resistencia suficiente para soportar la carga de los rodillos metálicos durante la construcción sin fracturarse.
- Debe mostrar afinidad con el asfalto.
- Presentar baja absorción y alta densidad.

- No debe tener una tendencia significativa a romperse en forma de laja, especialmente si se utilizará en un tratamiento superficial.

Emisiones en planta de asfalto

Las plantas dedicadas a la producción de carpeta asfáltica en caliente cuentan con dos tipos de fuentes de suministro (Pire y Labadie, 2008):

Fuentes Conducidas (Canalizadas): Estas son aquellas cuyas emisiones se liberan a la atmósfera a través de respiraderos, chimeneas o ductos.

Fuentes Fugitivas (Dispersas): Se refiere a aquellas emisiones que no están canalizadas a través de ductos o respiraderos, sino que se liberan directamente a la atmósfera desde su fuente.

En las plantas discontinuas, se emiten partículas, vapor de agua y residuos de combustión durante el proceso de secado y transporte de la mezcla (Pire y Labadie, 2008). En contraste, en las plantas continuas, la principal fuente de emisiones proviene del secado, donde además de vapor de agua, se generan elementos carburantes y partículas, así como algunos compuestos orgánicos debido a la falta de combustión y partículas resultantes del calentamiento y mezcla del hormigón (Pire y Labadie, 2008).

Las principales emisiones generadas por las plantas de asfalto incluyen:

Monóxido de carbono (CO)

Dióxido de azufre (SO₂)

Óxidos de nitrógeno (NOx)

Material particulado PM10

Estándares de calidad ambiental

Las normas de calidad ambiental se refieren a las medidas de concentración de diversos elementos, ya sean químicos, físicos o biológicos, que caracterizan un vertido. Cuando estos parámetros superan ciertos límites, pueden tener efectos negativos o perjudiciales sobre la salud, la vida humana y el medio ambiente. Existen requisitos legales establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) y otras organizaciones para implementar un sistema de gestión ambiental.

De acuerdo con el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, que establece los Estándares de Calidad Ambiental para el Aire (ECA) se presentan los siguientes parámetros:

Tabla 1
estándares de calidad para aire (ECA)

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m ³]	Criterios de evaluación	Método de análisis
Dióxido de azufre (SO₂)	24 h.	250	NE más de 7 veces al año.	Fluorescencia ultravioleta (método automático)
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	1 h.	200	NE más de 24 veces al año.	Quimioluminiscencia (método automático)
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀)	Anual	100	Media aritmética anual	
	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual.	
Monóxido de carbono (CO)	1 h.	30 000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)
	8 h.	10 000	Media aritmética móvil	(método automático)

Fuente: D. S. N° 003-2017-MINAM
NE: No Exceder.

Es importante diferenciar entre el Límite Máximo Permisible (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental para el Aire (ECA). El LMP se determina directamente en la fuente emisora, como una chimenea o un vertimiento, mientras que el ECA mide las concentraciones de contaminantes en medio receptor, ya sea el aire, el agua o el suelo.

Definición de términos básicos

Las definiciones básicas fueron obtenidas del Glosario del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Mezcla en Caliente: Es un tipo de mezcla asfáltica que se produce, extiende y compacta a altas temperaturas.

Área de trabajo: Se refiere a todo el terreno donde se llevan a cabo las labores de construcción, incluyendo no solo la zona de obra principal, sino también las áreas auxiliares como almacenes, canteras, depósitos de explosivos, accesos y plantas de producción de materiales.

Barlovento y Sotavento: Son términos relacionados con la dirección del viento. Barlovento es el lado desde donde sopla el viento, mientras que Sotavento es el lado opuesto, hacia donde se dirige el viento.

Asfalto: Es un material aglutinante de color oscuro, compuesto principalmente por betunes. Puede ser de origen natural o derivado del petróleo. Es un componente común en la mayoría de los crudos de petróleo.

Asfalto modificado: Es un tipo de asfalto al que se le ha añadido un polímero u otro modificador para mejorar sus características, como su resistencia a cambios de temperatura y humedad.

Cantera: Es un yacimiento natural de materiales adecuados para la construcción, mejora o mantenimiento de carreteras.

Cemento asfáltico: Es un tipo específico de asfalto, con o sin fluidez, preparado especialmente para ser utilizado directamente en la construcción de pavimentos asfálticos.

Imprimación asfáltica: Consiste en la aplicación de un material bituminoso de baja viscosidad sobre una superficie. Su objetivo es cubrir y unir las partículas minerales antes de colocar una capa de mezcla asfáltica.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1. Contexto de la investigación

El estudio se llevó a cabo en la localidad de 03 de octubre, distrito de La Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín.

3.1.2. Periodo de ejecución

La ejecución de este proyecto de investigación tuvo una duración de ocho meses, desarrollándose desde el 01-02-2024 al 30-09-2024

3.1.3. Autorizaciones y permisos

La autorización para el desarrollo y ejecución del proyecto está validada por la resolución N° 024- 2024-UNSM/CFT/FE de fecha 01-02-2024

Para el ingreso a la planta de asfalto, se solicitó el permiso respectivo a la gerencia de la empresa.

3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

En este ítem, la investigación se llevó a cabo cumpliendo con las normativas sanitarias, utilizando el equipo de protección personal adecuado y empleando espacios específicos para la correcta toma de las muestras de aire.

3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

Totalidad/Integridad: El investigador declaró que mantuvo la totalidad e integridad en todas las fases del proyecto, asegurándose de abordar cada aspecto con diligencia y coherencia, garantizando así la integridad del proceso en su totalidad.

Respeto a las personas: El investigador declaró que demostró un profundo respeto hacia todas las personas involucradas en el proyecto, reconociendo su dignidad y derechos, y asegurándose de tratar a cada individuo con equidad, empatía y consideración.

Respeto al ecosistema: El investigador declaró que priorizó el respeto al ecosistema en el desarrollo del proyecto, adoptando medidas para minimizar el impacto ambiental y preservar la biodiversidad y los recursos naturales en todas las actividades realizadas.

Beneficencia: El investigador declaró que se esforzó por promover el bienestar de todas las partes interesadas en el proyecto, buscando activamente maximizar los beneficios y minimizar los posibles daños, asegurando así que las acciones realizadas generaran resultados positivos y éticamente aceptables.

3.2. Sistema de variables

Variable independiente: Producción de carpeta asfáltica

Definición conceptual de producción de carpeta asfáltica

Este producto se obtiene a partir del petróleo seleccionado, combinado con un tipo específico de asfalto, determinado en función de las características del terreno, donde se realizará la obra.

Variable dependiente: Calidad del aire

Definición conceptual de calidad de aire

La calidad del aire se define por la ausencia de contaminantes en la atmósfera, lo que lo garantice que sea seguro para la respiración. La presencia de aire contaminado supone un riesgo para la salud y seguridad de las personas, además de generar afectar impactos nocivos en el ambiente. (INEI, 2016)

Tabla 2

Descripción de variables por objetivo específico

Objetivo específico № 1: Describir los procesos de producción de la carpeta asfáltica en la planta de asfalto			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Descripción del proceso de producción	Conceptos de Definiciones	Procedimiento directo, por medio de revisión bibliográfica y observación de la misma	-
Objetivo específico № 2: Calcular los valores de la calidad de aire emitidos (PM₁₀ y SO₂) por el proceso de producción de carpeta asfáltica			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Calcular las emisiones de producción (SO ₂ y PM ₁₀)	Parámetro SO ₂ Parámetro PM ₁₀	Procedimiento indirecto de corresponder, a través del análisis del laboratorio de las muestras realizadas.	µg/m ³
Objetivo específico № 3: Comparar los valores de calidad de aire emitidos (PM₁₀ y SO₂) en el proceso de producción asfáltica con los Estándares de Calidad del Aire vigentes			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida

Calidad del Aire	DS N° 003-2017-MINAM	Procedimiento directo, por medio de la comparación de los valores obtenidos en laboratorio con la normativa vigente de Calidad de Aire	µg/m ³
------------------	----------------------	--	-------------------

3.3. Procedimientos de la investigación

3.3.1. Describir de los procesos de producción de carpeta asfáltica en la planta de asfalto

Los procesos para la producción de la carpeta asfáltica en la empresa MMP ASFALTOS incluyen la selección de materiales, el mezclado y el transporte los cuales detallamos a continuación:

Selección de materiales

- Se eligen materiales de calidad, como piedras trituradas, grava, arena y betún.
- Los agregados son seleccionados por su tamaño, forma y resistencia.

Mezclado

- Se calientan los agregados y el asfalto en caliente.
- Se mezcla el asfalto con los agregados en una planta asfáltica.
- La temperatura es controlada para asegurar la homogeneidad de la mezcla

Transporte

- La mezcla caliente se transporta en vehículos equipados para mantener una temperatura constante.
- Se transporta la mezcla al lugar donde se le dará uso en condiciones perfectas.

Control de calidad

- Se realizan ensayos y pruebas de laboratorio para controlar y ajustar los componentes y se asegura de que la mezcla cumpla con los estándares.
- Calcular los valores de la calidad de aire emitidos (PM₁₀ y SO₂) por el proceso de producción de carpeta asfáltica.

Muestreo de material particulado (PM₁₀)

El equipo utilizado para medir la concentración de material particulado PM₁₀ en el ambiente fue el PQ 200 de bajo volumen. Este equipo de medición funciona con una bomba eléctrica que succiona el aire en el ambiente a un flujo constante de 16,7 litros por minuto (l/min) el cual transporta las partículas en suspensión por una abertura especial y lo deposita en un filtro de cuarzo de 47 mm. Las partículas en suspensión se separan por inercia y se filtran solo las partículas de diámetros de 10 micras. El proceso de muestreo está establecido dentro de la normativa nacional que indica muestreos de 24 horas, para posteriormente enviar los filtros al laboratorio acreditado por INACAL (SOMALAB) tras las cuales se recogen las partículas PM₁₀ del filtro para su análisis por el método de diferencias de peso (gravimetría)

Método de muestreo de gases de dióxido de azufre (SO₂)

Para medir el SO₂, se emplea un método de absorción. El aire pasa por una solución especial (50 ml) que captura el SO₂, formando un compuesto. La velocidad de succión es de 0,6 litros por minuto. El equipo, llamado tren de muestreo, consta de un absorbedor, una bomba de succión y un medidor de flujo. La muestra se toma durante 24 horas. Al finalizar, la solución se guarda en un recipiente plástico y se envía a analizar al laboratorio.

Es importante destacar que tanto la planificación como la realización del monitoreo de la calidad del aire se ajustan a las normas establecidas en los "Estándares Nacionales de Calidad de Aire" (D.S. N° 003-2017-MINAM) de Perú.

Comparar los valores de calidad de aire emitidos (PM₁₀ y SO₂) en el proceso de producción asfáltica con los Estándares de Calidad del Aire vigente.

Los análisis e informe de ensayo serán otorgados por el laboratorio acreditado ante el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) por la empresa SOMALAB. Los cuales arrojaron resultados en los dos puntos de muestreo con concentraciones por debajo de lo que establece los ECA (D: S. N° 003-2017-MINAM) donde se establece concentraciones de 100 ug/m₃ para PM₁₀ y lo que respecta al dióxido de azufre (SO₂) se establece 250 ug/m₃ respectivamente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Procesos de producción de carpeta asfáltica en la planta de asfalto

La empresa MMP ASFALTOS es una compañía especializada en proyectos de infraestructura vial. Pese a ser relativamente nueva en el mercado constructivo, cuenta con un equipo de profesionales altamente experimentados, con una trayectoria de aproximadamente dos décadas en el sector. Esta experiencia les ha permitido ganar la confianza de varios clientes que recurren a sus productos para la conservación y construcción de carreteras, así como para el desarrollo de proyectos urbanísticos.

La empresa se enfoca en dos productos principales derivados del asfalto:

Asfalto en caliente: Utilizado principalmente en la construcción de pistas y carreteras.

Emulsión asfáltica: Empleada para el mantenimiento de estas vías.

MMP ASFALTOS se distingue por su compromiso con la calidad, ofreciendo soluciones que superan las expectativas de sus clientes y aprovechando su amplia experiencia en el sector.

Ubicación de la planta

La empresa destinada a la producción de asfalto está ubicada en la vía Marginal Sur, a 150 metros aproximadamente de la localidad de 3 de octubre en la provincia de San Martín. Entre las coordenadas UTM WGS 84; E= 351199.00 y N= 9276383.00 (Estudio de Impacto Ambiental, 2020)



Figura 1
 Ubicación y vista de la planta de Asfalto MMP.
 Fuente: Google Earth PRO

Sobre la planta de asfalto de la empresa MMP

La planta de asfalto de la Empresa MMP ASFALTOS cuenta con el siguiente equipamiento:

Tolvas

La planta cuenta con cuatro tolvas que se llenan con materiales utilizando un cargador frontal. Estas tolvas incluyen una zaranda incorporada.



Figura 2
 Tolvas con zaranda incorporada.
 Fuente: trabajo de campo del investigador, 2024

Horno rotativo de contraflujo

Los materiales pasan por fajas transportadoras hasta llegar al horno rotativo. Este opera a una temperatura de llama de aproximadamente 800°C, controlada desde una cabina. Los agregados se calientan gradualmente hasta alcanzar 150°C. El término "contraflujo" se refiere a que los agregados entran por un extremo mientras los gases salen por el otro. Es crucial extraer estos gases para mantener el nivel de oxígeno necesario para la llama.



Figura 3
Horno rotativo y generador de llama.

Se llama contraflujo porque los agregados entran por un lado y los gases salen por el otro, estos gases deben ser retirados del horno, de lo contrario el horno se saturará y no habrá oxígeno para que se forme la llama.

Elevador de cangilones

Después del calentamiento, los áridos a 150°C pasan a un sistema de poleas que los eleva mediante cangilones.



Figura 4
Elevador de la carpeta asfáltica y descarga a volquetes.

Proceso de extracción de gases

Junto con la preparación de la mezcla, es necesario procesar los gases y polvo generados en el horno rotatorio.

Extractor de gases

Utiliza un ciclón donde el aire entra y crea un vórtice. Las partículas más pesadas son devueltas al horno mediante un elevador de cangilones.



Figura 5
Extractor de gases y chimenea.

Lavador de finos

Las partículas más pequeñas que no son capturadas por el ciclón se transportan por tuberías hasta esta máquina. Aquí son liberadas en forma de señal (agua), rodeadas por una barrera de agua, y caen en un pozo o vertedero.



Figura 6
Lavador de finos.

Como se puede apreciar hay varias operaciones para la producción de la carpeta asfáltica, y donde MMP ASFALTOS se enfoca en los derivados del asfalto al caliente y las emulsiones asfálticas, similares resultados encontró en su investigación Cálculo de los valores de la calidad de aire emitidos (PM_{10} y SO_2) por el proceso de producción de carpeta asfáltica

Tabla 3
Estaciones de muestreo de calidad ambiental de aire

Punto	Lugar de Monitoreo	Coordenada UTM	
		X	Y
CA-P-01	Cerca del área de chimenea	351211	9276358
CA-P-02	Cerca del área de acopio de materiales	351196	9276401

Fuente: elaboración del investigador, 2024

Tabla 4
Métodos de monitoreo, equipos y función

Parámetro	Equipo	Serie	Modelo	Uso
PM_{10}	Muestreador de Bajo Volumen PQ-200	2851	PQ-200	PM_{10}
SO_2 (24 horas)	Tren de muestreo	P/N:116041-00	VFA-22	Gases

Fuente: equipos de monitoreo, 2024

Análisis de laboratorio de las muestras tomadas

Los resultados obtenidos de los análisis realizados en SOMALAB se muestran a continuación (Anexo N°4).

Tabla 5

Determinación de la concentración de material particulado PM10, calculada en función al volumen de aire captado por el equipo PQ-200, durante el tiempo de 24 horas

	Flujo (L/min)	Tiempo (min)	Resultado
Volumen de aire	16.7 L/min)	1 440 min	24 48 L.
			24.048 m³

Fuente: elaboración del investigador, 2024

Tabla 6

Determinación de la concentración de SO2, calculada en función al volumen de aire captado por el tren de muestreo, durante el tiempo de 24 horas

	Flujo (L/min)	Tiempo min	Resultado
Volumen de aire	0.2 L/min	1 440 min	0.2 L/min/1 440 min 288 L 6 ug/m³

Fuente: elaboración del investigador, 2024

Tabla 7

Determinación de la concentración de PM10 en ug/m3 en el punto CA-P-01.

	Peso (ug)	Volumen m³	Resultado
Concentración de PM ₁₀	143 ug	24 048 min	143 ug/24 048 m ³ 6 ug/m³

Fuente: elaboración del investigador, 2024

Tabla 8

Determinación de la concentración de PM10 en ug/m3 en el punto CA-P-02.

	Peso (ug)	Volumen m³	Resultado
Concentración de PM ₁₀	81 ug	24 048 m ³	143 ug/24 048 m ³ 3.3 ug/m³

Fuente: elaboración del investigador, 2024

Tabla 9

Determinación de la concentración de SO2 en ug/m3 en el punto CA-P-01.

	Peso (ug)	Volumen m³	Resultado
Concentración de PM ₁₀	0,67 ug	0,288 m ³	0.67 ug/0,288 m ³ 2,3 ug/m³

Fuente: elaboración del investigador, 2024

Tabla 10

Determinación de la concentración de SO2 en ug/m3 en el punto CA-P-02.

	Peso (ug)	Volumen m³	Resultado
Concentración de PM ₁₀	0,67 ug	0,288 m ³	0.67 ug/0,288 m ³ 2,3 ug/m³

Fuente: elaboración del investigador, 2024

Como se puede observar todos los cálculos realizados tanto para PM₁₀ y SO₂, los resultados están por debajo de lo que establece la normativa ambiental peruana, que determina 100 ug/m³ para material particulado y 250 ug/m³ para el dióxido de azufre.

t	rt	/	9
u	í	2	6
b	n	0	
r		2	
e		4	
		0	
		6	
		:	
		0	
		0	
		a	
		.	
		m	
		.	

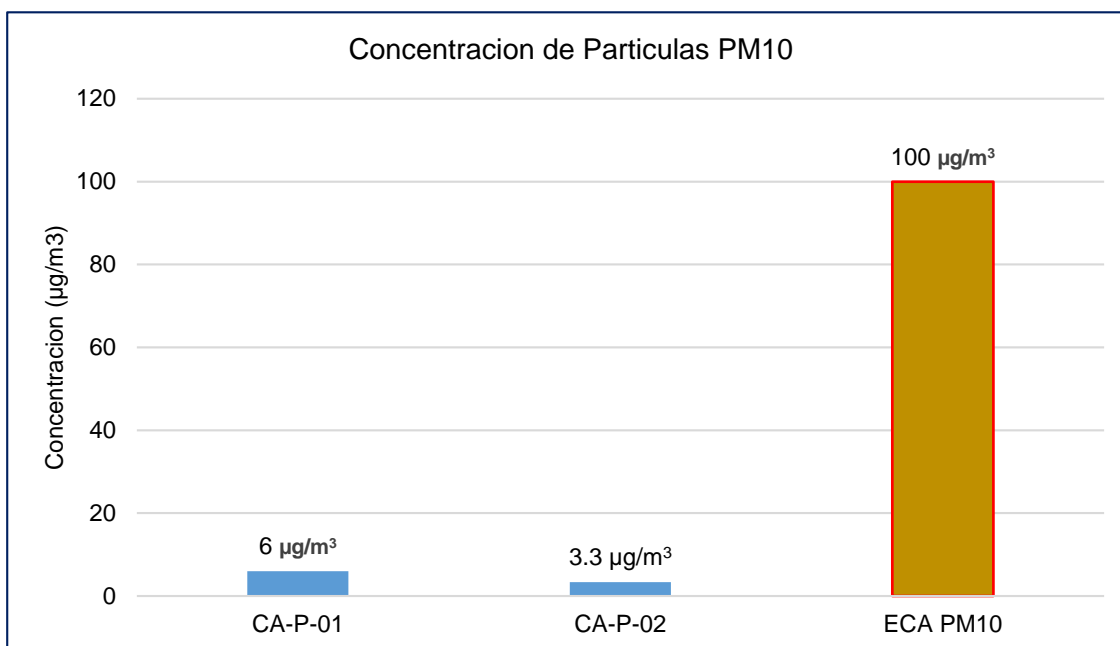


Figura 7
Resultados de material particulado (PM10).
 Fuente: INFORME DE ENSAYO N° IE-24-004 – SOMALAB – Lima

Interpretación:

En la figura se muestran los resultados obtenidos del monitoreo ambiental de la calidad de aire; referente a material particulado (PM₁₀), donde el resultado en el punto **CA-P-01** fue de **6 µg/m³**; mientras en el punto **CA-P-02** el valor fue de **3,3 µg/m³**; por lo tanto, los puntos **NO SUPERAN** lo establecido en la normatividad vigente D.S N° 003-2017-MINAM, donde el límite establecido es de **100 µg/m³**.

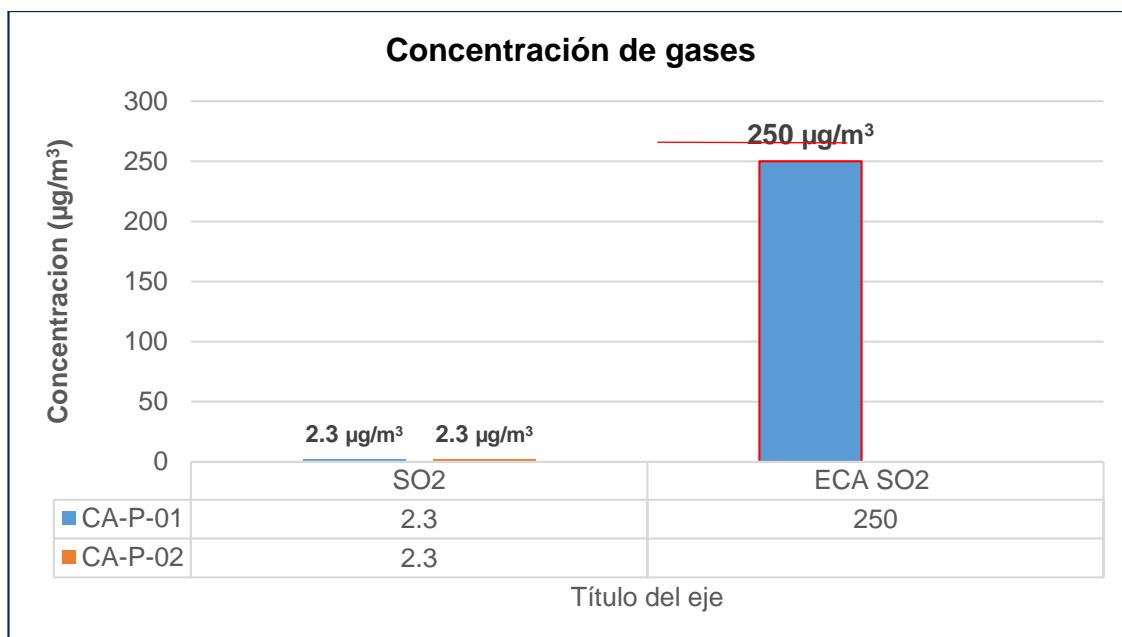


Figura 8

Resultados de gases CO, NO₂ y SO₂.

Fuente: Elaboración del investigador, 2024

Interpretación:

La figura presenta los resultados del monitoreo ambiental de la calidad de aire en relación con el SO₂, se observa que los valores obtenidos en los puntos **CA-P-01** y **CA-P-02** se encuentran por debajo del límite establecido en la normativa vigente, lo que indica que **CUMPLEN** con lo estipulado en el D.S N° 003-2017-MINAM, Estándares Nacionales de Calidad del Aire. De manera similar,

4.3. Discusión de resultados

Morales y Suyo (2022) en su investigación aplacaron cinco criterios de clasificación, entre ellos, destacando los “Huecos de vacío de la mezcla”, diferenciando entre mezclas cerradas o abiertas, así como aquellas con una estructura altamente porosa. Además, emplearon el criterio de clasificación II, que abarcan la producción en caliente, semi caliente, templadas y en frío.

Rojas y Guerra (2022) en su investigación encontraron resultados similares en la cuenca del Alto Mayo, donde el material particulado PM₁₀ no supera lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, la que establece en un periodo de 24 horas valores de 100µg/m₃, concluyendo que durante el tiempo de monitoreo todos los puntos establecidos para PM₁₀ y PM_{2.5}, no superan lo estipulado en la normativa ambiental vigente, para medir estas concentraciones se emplearon equipos de muestreo de alto y bajo volumen respectivamente, aplicando el método gravímetro de diferencias de pesos

en los filtros de cuarzo, los cuales permitirán en un futuro caracterizar de manera más eficiente la concentración de material particulado presente en la atmósfera.

Saravia (2021) llevó a cabo un análisis cualitativo y estimaciones para determinar el impacto de la quema del diablo en la calidad del aire, donde se instalaron sensores para determinar la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$, donde encontraron valores promedios de $PM_{2.5}$, de 15 y 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un máximo de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que para PM_{10} , los promedios variaron de 26 a 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, alcanzando un pico de 267 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Concluyendo que las concentraciones de material particulado se dan entre las 18:00 a 21:00 horas, alcanzando los valores más altos a partir de las 22:40 horas, lo que podría atribuirse al arrastre de contaminantes por los vientos predominantes del noreste. Además, se constató que los niveles superaban los límites recomendados por las guías de la OMS del 2005, que establecen un máximo de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} y 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para $PM_{2.5}$ respectivamente.

Sánchez (2021) evaluó la relación entre el consumo de leña y la concentración de monóxido de carbono (CO) en hogares de la localidad de Calzada, donde encontró una correlación moderada entre el número de personas por hogar y la concentración de CO (0,58), y una correlación alta entre el consumo de leña y el tamaño de la familia (0,61). Concluyendo, que el consumo de leña aumenta en aproximadamente 0,05 kg por cada miembro adicional en la familia, lo que muestra la importancia de optimizar la leña como combustible en áreas rurales para cuidar la calidad del aire con gases contaminantes.

CONCLUSIONES

Los niveles de concentración del PM_{10} y SO_2 en el proceso productivo de planta de asfalto fueron 6 y $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, revelando que se encuentran dentro de lo permitido en D.S. N° 003-2017-MINAM, condiciones que permiten concluir que la calidad del aire es buena dentro del área de influencia del proyecto y no constituye un riesgo para la salud de la población ni del ambiente

El monitoreo riguroso del contenido de humedad en los agregados resulta determinante para asegurar la adherencia óptima del ligante, factor crítico en la calidad final del producto. La selección meticulosa de materias primas combinadas con la incorporación estratégica de aditivos especializados permite potenciar significativamente tanto la textura superficial como la resistencia temporal del pavimento, garantizando su desempeño bajo condiciones adversas de tráfico y clima

El monitoreo ambiental ejecutado en estaciones de muestreo estratégicamente ubicadas en la planta de producción asfáltica reveló que las concentraciones de material particulado (PM_{10}) y dióxido de azufre (SO_2) se mantienen significativamente por debajo de los límites establecidos en la norma ambiental, peruana (D.S N° 003-2017-MINAM), el cual estipula un umbral máximo de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los análisis cuantitativos arrojaron valores de PM_{10} de apenas $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los puntos de control CA-P-01 y CA-P-02 respectivamente, lo que representa menos del 6% del valor límite permisible, de manera similar las concentraciones de SO_2 se mantuvieron de $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en ambos puntos de muestreo muy por debajo de $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido en la norma, evidenciando que las operaciones de la planta de producción asfáltica implementan controles efectivos y no generan impactos significativos sobre la calidad atmosférica del entorno local.

Se concluye que el material particulado (PM_{10}) y el dióxido de azufre (SO_2) están dentro de lo que establece el D. S. N° 003-2017-MINAM reflejando el control adecuado de las emisiones en la planta de asfalto, no constituyendo un riesgo ambiental en la zona, esto asegura que las operaciones que se realizan en la son ambientalmente seguras.

RECOMENDACIONES

La empresa MMP Asfaltos, Agregados y Servicios debe implementar un sistema de monitoreo continuo de emisiones atmosféricas que permita la vigilancia permanente y registro automatizado de los niveles de material particulado (PM10) y dióxido de azufre (SO₂), garantizando así el cumplimiento sostenido de los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente.

MMP Asfaltos debe Implementar un sistema avanzado de optimización para el proceso de secado de agregados, incorporando tecnologías de control térmico de precisión y monitoreo de humedad en tiempo real, lo que permitirá maximizar la eficiencia energética de la planta mientras se reduce significativamente los costos operativos asociados al consumo energético.

MMP asfaltos debe Implementar un programa integral de mantenimiento preventivo y predictivo mediante protocolos calendarizados rigurosos para todos los equipos críticos de producción y dispositivos de monitoreo ambiental, incluyendo inspecciones multidisciplinarias, análisis de vibraciones, termografías y revisión de componentes de acuerdo con especificaciones del fabricante.

Desarrollar e implementar un programa de capacitación técnico-ambiental multidimensional para todo el personal operativo, que integra conocimientos avanzados sobre dosificación precisa de componentes, gestión optimizada de gradientes térmicos durante el proceso productivo y aplicación estratégica de aditivos especializados.

El municipio de La Banda de Shilcayo debe verificar de manera periódica el cumplimiento de los compromisos ambientales asumidos por MMP asfaltos, lo que llevará a las buenas prácticas productivas enfocadas en los ejes de la sostenibilidad ambiental, establecidas en el marco normativo peruano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos, EPA (2022). Conceptos básicos sobre el Material Particulado (PM por sus siglas en inglés). <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
- Alberto, S. T. L. (2021). Producción de mezcla asfáltica en frío y procesos de colocación en obras de pavimento urbano de la ciudad de Moquegua - Región Moquegua. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/77371>
- Aenlle, A. (2011). Evaluación del impacto ambiental en una planta de producción de mezcla asfáltica en caliente, considerando los factores calidad del aire y ruido. CARRETERAS.
- Apaza, R. (2018). Impacto de contaminación ambiental en la salud de la población de Arequipa Metropolitana en el periodo 2013 - 2017. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín - Facultad de Economía.
- Aquae Fundación. (2021). Aquae Fundación. Obtenido de ¿Qué es la contaminación ambiental?: <https://www.fundacionaquae.org/causas-contaminacion-ambiental/#%C2%BFQue es la contaminacion ambiental>
- Arencibia, I., Junco, D., & Perera, M. (2013). Análisis de la contaminación atmosférica de la planta de asfalto caliente “Abel Santamaría”, de Coliseo. IDICT - Información y Gestión Tecnológica.
- Blanco, S. C. & Soto, C. R. (2021). Percepción del riesgo asociado a la contaminación del aire de trabajadores informales del centro de Medellín. Universidad de Antioquía, Facultad Nacional de Salud Pública. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/22460>
- Carrasco, E. (2013). DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE ASFALTO DE 180 TH. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
- Céspedes, A. (2019). Proceso de producción y colocación de mezcla asfáltica en caliente empleando una planta de asfalto móvil. Piura: Universidad de Piura.
- Del Águila y García (2024). Contaminación del aire por el transporte liviano y análisis de la normativa vigente en el distrito de Tambopata. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Facultad de Educación. Escuela Profesional de

derecho y Ciencias Políticas.

<https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/1093/004-1-8-117.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

El FINANCIERO. (2015). El financiero. Obtenido de Contaminación Industrial: <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/salvador-garcia-linan/contaminacion-industrial/>

Espinoza, E. (2018). Métodos y Técnicas de recolección de información. UNAH.

García, L. F. (2024). Evaluación y monitoreo de polvo atmosférico sedimentable en la vía pavimentada de la Av. Ferrocarril en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, mediante el método de placas receptoras. Universidad Continental. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. [Repositorio Continental](https://repositorio.continental.edu.pe)
<https://repositorio.continental.edu.pe>

Grupo del banco mundial. (2016). El costo de la contaminación atmosférica. Estados Unidos de América: Banco Mundial - BM

Gutiérrez, A. (2020). Organización de las Naciones Unidas. Obtenido de <https://www.un.org/es/observances/clean-air-day/messages>.

INECC. (2021). Métodos de estimación de emisiones de PM2.5. Obtenido de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/695/metodos.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2021). IDEAM. Obtenido de Contaminación Atmosférica: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/contaminacion-atmosferica>

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional. (2017). Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades. Obtenido de ASFALTO: <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/topics/asfalto.html>

Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI (2016). Calidad del Aire. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1442/cap08.pdf

Isabel, C. o. A. (2019). Proceso de producción y colocación de mezcla asfáltica en caliente empleando una planta de asfalto móvil. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP_55b52ee6c8574ad77ee42bd5bec8b2be

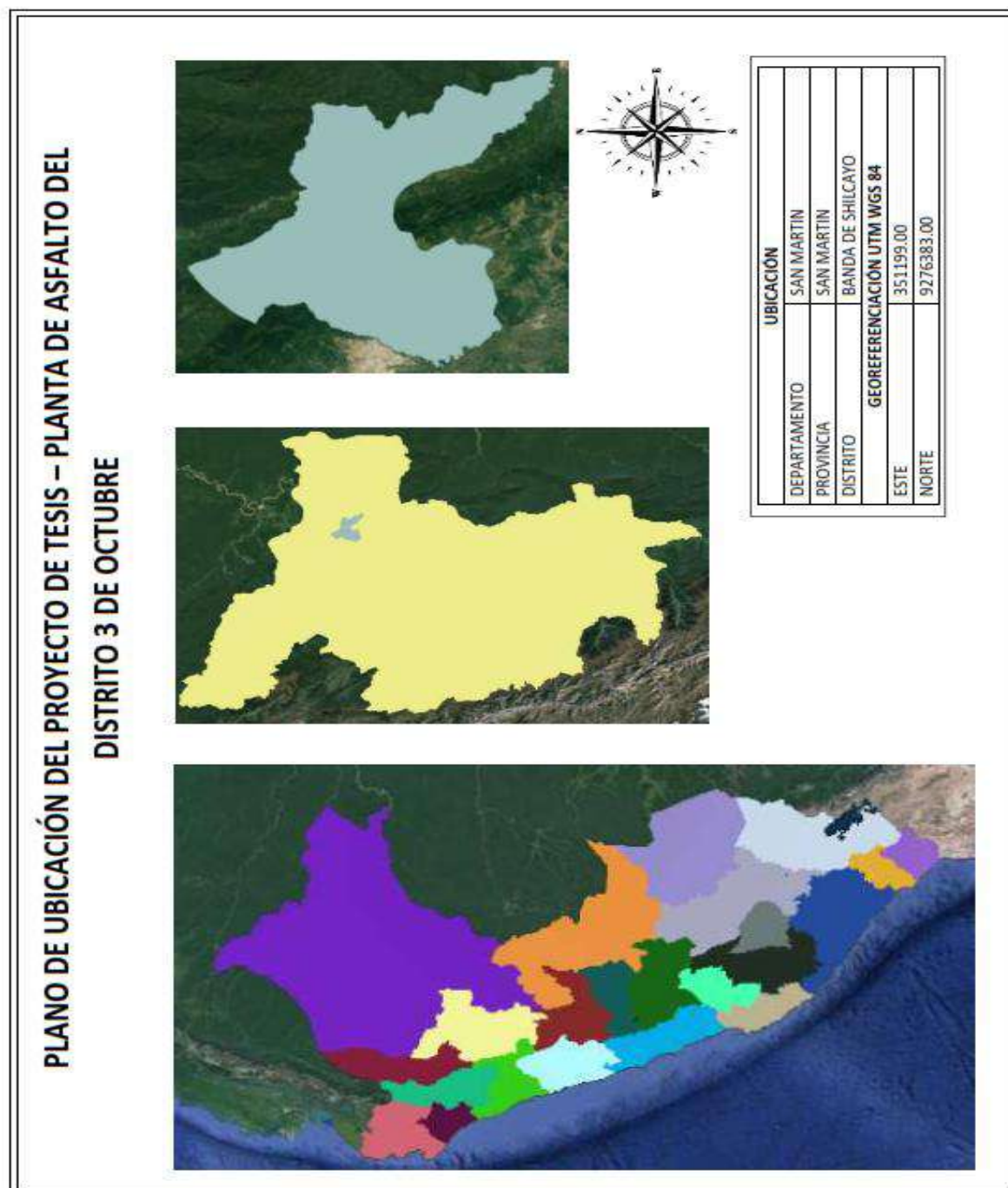
- J. M. (2017). Las emisiones que se desprenden son consecuencia de productos o subproductos de la industria en sus procesos normales de transformación o fabricación de productos para poner en el mercado. Obtenido de EspacioCiencia: <https://espaciociencia.com/efectos-contaminantes-la-actividad-industrial-agricola/>
- Junco, J. (2018). Tren de muestreo. Obtenido de Monitoreo Ambiental: <https://www.monitoreoambiental.com/tren-de-muestreo/>
- Matus, P. & Lucero Ch, R. (2021). Norma Primaria de calidad del aire. Revista chilena de enfermedades respiratorias, 112-122.
- Méndez, S. (2013). Control de calidad de las mezclas asfálticas calientes y templadas. Zacatenco: Instituto Politécnico Nacional.
- MINAM. (2010). Decreto Supremo N° 014-2010-MINAM - Límites Máximos Permisibles para las Emisiones Gaseosas y de Partículas de las Actividades del Sub-Sector Hidrocarburos. Lima.
- MINAM. (2013). Informe de Indicadores de Desarrollo Sostenible. Lima: Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2017). DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. Lima.
- Morales, F. (2021). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa. Investigación descriptiva.
- Morales, S. J. C. y Suyo, E. (2022). Métodos de medición de la textura de la carpeta asfáltica para hallar la incidencia en el riesgo de accidentes. Universidad Ricardo Palma. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. <https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2ee4f8ca-a32d-4d9a-a34b-8fd7a4954a7a/content>
- Moretti, L. F. (2023). Air pollution in the city of Lima, Perú. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Revista Científica Scielo. DOI: <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i2.2975>
- Moretti and Valiente (2023). Environmental pollution and its effects on public health. Universidad Cesar Vallejo Trujillo. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i1.2784>
- MurciaSalud. (2022). Murcia Salud. Obtenido de Materia particulada (PM10 y PM2,5): <https://www.murciasalud.es/pagina.php?id=244308&#>

- OEHHA. (2021). ¿Qué es PM 2.5? Obtenido de California Office of Environmental Health Hazard Assessment: <https://oehha.ca.gov/calenviroscreen/indicator/pm25>
- OMS. (2021). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Contaminación del aire ambiente (exterior): [https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Organización Mundial de la Salud, OMS (2006). Air quality guidelines: Global update 2005. Copenhagen. Denmark. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/107823/9789289021920-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ONU. (2018). Las ciudades y la contaminación contribuyen al cambio climático. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas: <https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/cities-pollution>
- Ortega, D. (2010). Tecnologías y medidas de control para disminuir la contaminación atmosférica generada por las emisiones en plantas trituradoras y de asfalto. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander - Facultad de Ingeniería Química.
- Parlamento Europeo. (2008). Instituto Vasco de Estadística. Obtenido de Contaminante: https://www.eustat.eus/documentos/opt_0/tema_453/elem_13169/definicion.html
- Pire, S., & Labadie, J. (2008). Contaminación del aire por plantas de asfalto. Cumba: Instituto Superior Politécnico.
- QuestionPro. (2021). ¿Qué es la investigación descriptiva? Obtenido de Question Pro: <https://www.questionpro.com/>
- REVELO, A. O. (2017). Auditoría ambiental a las plantas productoras de mezcla asfáltica, trituradora de agregados pétreos y mezcladora de suelos que operan en el aeropuerto San Luís del municipio de Aldana – Nariño. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Rojas, A., & Guerra, M. (2022). Nivel de contaminación del aire urbano por partículas suspendidas respirables (PM₁₀ y PM_{2,5}). Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas.

- Romo, E. (2017). ¿Qué tanto sabemos de la contaminación. Obtenido de Radio Programas del Perú: <https://rpp.pe/blog/la-calidad-de-vida-se-respira/que-tanto-sabemos-de-la-contaminacion-del-aire-en-nuestra-ciudad-noticia-1055859>
- Sánchez, M. (2021). Evaluación del monóxido de carbono en espacios interiores y su relación con el consumo de leña en la localidad de Calzada, 2019. Universidad Nacional de San Martín.
- Saravia, C. E. (2021). Evaluación de la contaminación del aire por la quema del diablo. Guatemala. Artículo Científico. Agua, Saneamiento y Ambiente. ISSN: 2222-2499. <https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1095/754>
- Stincer Gómez, J. R. (2015). Introducción a la ingeniería industrial. México: Red Tercer Milenio.
- Tamayo, J., Salvador, J., Vásquez, A., & y de la Cruz, R. (2015). La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país. Lima - Perú: Osinergmin.
- Velásquez, D. (2021). Eficiencia del modelo de sistema de información geográfica en la evaluación de dispersión de monóxido de carbono del parque automotor urbano de la ciudad de Moyobamba. Universidad Nacional de San Martín.
- Vicent, B. (2016). Revolución Industrial. Obtenido de Economipedia: economipedia.com
- Vicente, A., & Aparicio, M. (2018). Impactos ambientales derivados del proceso de pavimentación de vías de transporte en Colombia. Bucaramanga: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y medio ambiente.
- World Health Organization, WHO (2021). Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire. Bonn. Alemania ISBN: 978-92-4-003546-1. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf>
- Zoran, M., Tautan , M., S. Savastru, R., & M. Savastru, D. (2020). Evaluación de la relación entre los niveles de ozono en el suelo (O3) y dióxido de nitrógeno (NO2) con coronavirus (COVID-19) en Milán, Italia. Italia: Ciencia del Medio Ambiente Tota.

ANEXOS

Anexo 1: mapa de ubicación



Anexo 2: solicitud de permiso para realizar el monitoreo

Tarapoto, 09 de enero del 2024

Miranda Vela Reategui
Gerente general MMP ASFALTOS

Asunto: Solicitud de permiso de toma de muestras de calidad de aire en planta de asfalto para proyecto de tesis.

Cordial saludo, señora Miranda.

Me dirijo respetuosamente a usted para solicitarle el acceso a la planta de asfalto, ubicado en el caserío de 3 de Octubre, Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín. Con fines de poder realizar toma de muestras de la calidad de aire que tiene la zona a causa de la producción de carpeta asfáltica.

Mencionar que los resultados obtenidos beneficiarán a la empresa para tener conocimiento sobre la cantidad de componentes que se están emitiendo al aire por cada producción de carpeta asfáltica y así mismo poder tomar medidas preventivas.

Agradeciendo la atención de la presente, espero acceda a mi petición.

Atentamente.



ALDAHYR JUNIOR REÁTEGUI RENGIFO

DNI: 73380640

Cel: 944179837

Correo electrónico: ajreateguir@alumno.unsm.edu.pe

Anexo 3: Aceptación para realizar el monitoreo ambiental



**MMP ASFALTOS,
AGREGADOS Y SERVICIOS**
RUC: 20605005757

Tarapoto, 23 de Enero del 2024

Señor: Aldahyr Junior Reategui Rengifo
Tesista – Universidad Nacional de San Martín

Asunto: Conformidad de acceso a la planta de asfalto para toma de muestras de calidad de aire.

Es un placer saludarlo cordialmente y a la vez manifestarle que, de acuerdo a la carta de referencia y para su conocimiento, ha sido admitido el acceso a la planta de producción de carpeta asfáltica, ubicado en el caserío de 3 de Octubre, Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, KM75, para realizar la toma de muestras de calidad de aire. Tiene el acceso permitido entre las fechas de 01 Febrero al 31 de Julio del 2024.

Sin otro particular, agradecerle por la atención a la presente, me suscribo a usted no sin antes renovarle las muestras de consideración y estima personal.

Atentamente.

MIRANDA VELA REATEGUI
GERENTE GENERAL

Anexo 4: informes de resultados de laboratorio

Código de Cliente		CA P 01	CA P 02	
Coordenadas UTM WGS 84		N: 9276356	N: 9276401	
		E: 351211	E: 351196	
Instructivo de muestreo		NO APLICA	NO APLICA	
Matriz		AIRE (Sólo Analisis)	AIRE (Sólo Analisis)	
Muestreo	Inicio	Fecha Hora	2024-02-14 06:00 hrs	2024-02-15 06:00 hrs
	Fin	Fecha Hora	2024-02-15 06:00 hrs	2024-02-16 06:00 hrs
PARÁMETROS				
Parámetro de Ensayo	Unidades	Límite de Cuantificación de Método	Resultados	Resultados
Determinación de Peso: Filtros PM10 Bajo Volumen	ug/filtro	15	143	81

El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regido por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si SOMALAB S.A.C. no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicarán a la muestra tal como fueron recepcionadas SOMALAB S.A.C. Destina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de SOMALAB S.A.C.

Cel. 365730664
Tel. 01-7657720

Av. Próceres de la Independencia 3625 - S/L
SOMALAB S.A.C.

info@somalab.com.pe
www.somalab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-177



Reglamento N° LC - 177

INFORME DE ENSAYO IE-22-004

Pág. 2 de 2
LAB-03

Metodologías:


TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Determinación de Peso. Filtros PM10 Bajo Volumen	NTP 900.069.2017 (Item 10) (No Incluye Muestreo) (VALIDADO - Modificado), Determinación de Peso. Filtro PM 10 y PM 2.5 Bajo Volumen

Observación:
NO APLICA

Q.ím. Luis Ancama Chura
Director Técnico
CQP. 1358

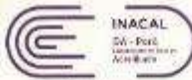
FIN DE DOCUMENTO

El informe de ensayo solo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si SOMALAB S.A.C. no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaron a la muestra tal como fueron recepcionada SOMALAB S.A.C. Destruya responsablemente la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de SOMALAB S.A.C.



LAB SOLUTION
LABORATORIO DE ENSAYO Y MONITOREO AMBIENTAL

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-156



INACAL
OS - Perú
Organismo Peruano
de Acreditación

Registro N° LE - 156

INFORME DE ENSAYO

N° 220291

Datos del Cliente :

Nombre del cliente : TUSAN INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.
 Dirección del cliente : JR. RAMÓN CASTILLA N°702
 Solicitado por : SOMALAB SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
 Proyecto : MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE EN PLANTA DE ASFALTO MMP
 Muestreo realizado por : EL CLIENTE
 Procedencia de la muestra : BANDA DE SHILCAYO
 Cantidad de muestras y presentación : 06 SOLUCIONES CAPTADORAS

Datos del Laboratorio:

Referencia : COTIZACIÓN N° CS-1-22-0206 / ORDEN DE SERVICIO N° OS-1-22-0088
 Plan de muestreo : NO APLICA
 Producto : SOLUCIÓN CAPTADORA
 Fecha de recepción de muestra(s) : 20/02/2024
 Fecha de Ejecución de Ensayo : 20/02/2024 AL 25/02/2024
 Fecha de emisión del informe : 13/03/2024

I. RESULTADOS


Código de Laboratorio	220291-01	220291-02
Código de Cliente	CA-P-01	CA-P-02
Tipo de Producto	Solución Captadora	Solución Captadora
Fecha Inicial / Hora de Muestreo	14/02/2024 06:00	15/02/2024 06:00
Fecha Final / Hora de Muestreo	15/02/2024 06:00	16/02/2024 06:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N 9275358 E 301211	N 9276401 E 301196
Descripción de la Estación de Muestreo	Cerca a la chimenea	Acopio de materiales

Lugar de Ensayo: Laboratorio	Unidad	L.C.M.	Resultados	
Tipo Ensayo				
Química Instrumental Soluciones Captadoras				
Dióxido de Azufre (SO ₂)	µg/muestra	0.67	<0.67	<0.67
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	µg/muestra	0.16	<0.16	<0.16
Monóxido de Carbono (CO)	µg/muestra	174	<174	<174

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 "(x)" = Resolución cuantitativa, "-" = No Analizado.
 "<" = Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.

II - MÉTODOS Y REFERENCIAS

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Dióxido de Azufre (SO ₂)	EPA-40 CFR, Appendix A-2 to part 50 (item 7 a) 11) (Validado-Modificado). No incluye muestreo. 2019	Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	ASTM-D1607-01 (2018) e1 (item 6/ 10 a) 13) (Validado-Modificado). No incluye muestreo. 2019	Referenciado "Standard test method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere" (Griess-Saltzman Reaction)
Monóxido de Carbono (CO)	Peter O. Warner "Analysis of air pollutants". 1981. Cap. 3. Pág 121-122 (VALIDADO). No incluye muestreo. 2019	Determinación de la concentración de monóxido de carbono (CO) en calidad de aire.




Calle Agustín Gamara 267 Urb. Miramar, San Miguel

www.labsolution.com.pe • email: info@labsolution.com.pe / comercial@labsolution.com.pe


(+51) 258 9189

Página 1 de 2



LAB SOLUTION
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-156



INACAL
DA - Perú
Organismo Peruano
de Acreditación

Resolución MTC-156

INFORME DE ENSAYO

N° 220291


III. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

L&L LAB SOLUTION S.A.C.

Kelly Trujillo

.....
Kelly Trujillo Trujillo Roca
JEFE DE LABORATORIO



..... FIN DEL DOCUMENTO

Los resultados del presente informe de ensayo son válidos para la muestra referida en el informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los métodos de ensayos presentados en el informe son coherentes al alcance de los métodos correspondientes. El tiempo de custodia y perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Ante cualquier modificación o adición de muestras del método, se debe proceder con el procedimiento PQ-CCM-01 Revisión de solicitudes, alertas y órdenes. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si L&L LAB SOLUTION S.A.C. no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplican a la muestra tal como fueron recepcionadas. L&L LAB SOLUTION S.A.C. Deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de L&L LAB SOLUTION S.A.C.

Calle Agustín Gamero 287 Urb. Miramar, San Miguel • (+51) 258 9189
www.labsolution.com.pe • email: info@labsolution.com.pe / comercial@labsolution.com.pe

Página 2 de 2

Anexo 5:



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 029



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLF-109-2024

1.- SOLICITANTE

Razón social: A&J ENVIRONMENTAL CONSULTING E.I.R.L.

Dirección: JR. AUGUSTO BERNARDINO LEGUIA MZA. 05 LOTE. 22 URB. MARISCAL CACERES LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO LC-184

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Medidor de Caudal

Marca : BGI
Modelo : PQ200
N° de Serie : 1911
Código de identif. : EQ-LOV-01
Procedencia : No indica
Intervalo de Medición : 10 L/min a 30 L/min
Resolución : 0,01 L/min

3.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó según el ME-009: 1° Ed., "Procedimiento Calibración de Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología.

4.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

- * El instrumento fue calibrado el 2024 - 04 - 17.
- * La calibración se realizó en el Área de Flujo del Laboratorio OHLAB.

5.- TRAZABILIDAD

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo
LFG-026-2024 INACAL / DM	Medidor de Caudal con una exactitud del 1 % de la indicación.	MesaLabs	Defender 5304H

6.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	22,8 °C	± 0,2 °C
Humedad	60,5 % hr	± 0,5 % hr
Presión	1008,2 hPa	± 0,0 hPa

Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a calibración.

Fecha de emisión: 2024 - 04 - 17.



OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY SAC

 Juan Diego Arribasplata
 JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Laboratorio de Metrología
Avenida La Marina 365, La Perla, Callao - Perú
Telf.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672
Email: comercial@ohlaboratory.com
Web: www.ohlaboratory.com

Pág. 1 de 2

FGC-042/JUNIO 2023/Rev.06

certificados de calibración de los equipos



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 029



Registro N° LC - 029

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN OHLF-109-2024

7.- RESULTADOS

CCV	Indicación del Caudalímetro	Error	Incertidumbre
L/min	L/min	L/min	L/min
14,15	13,00	-1,15	0,17
18,16	16,70	-1,46	0,17
19,53	18,00	-1,53	0,17

CCV: Caudal Constante por medio de Venturi
Temperatura del aire: 22,0 °C a 22,2 °C



Figura 1.- Curva de calibración del medidor de caudal, el fluido de trabajo fue aire atmosférico.

7.1.- NOTAS

- * Los datos obtenidos son el resultado del promedio de 15 mediciones por punto de calibración.
- * Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- * La periodicidad de la calibración esta en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- * La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel aproximado de confianza del 95%.

Fin del documento

Certificado N°: TMR 001-2024

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

FECHA DE CALIBRACIÓN: 06-02-2024

Datos del Instrumento:

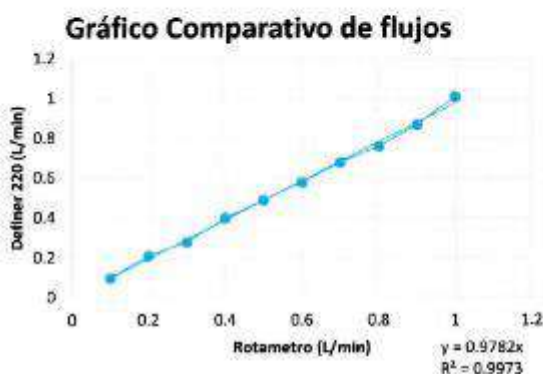
Tipo de Instrumento : Rotámetro medidor de flujo (1 LPM), marca: Dwyer
 Cliente : TUSAN INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.
 Chequeo Operacional : PASS
 Chequeo Físico : PASS
 Próxima Calibración : 06-02-2025 (Recomendado)

Condiciones Ambientales:

Temperatura Ambiente	29 °C
Presión Ambiente	746 mmHg

Reporte de Pruebas:

Rotámetro (LPM)	Flujo DEFINER 220 (LPM)	Error (%)
0.1	0.1	0.0%
0.2	0.21	-5.0%
0.3	0.28	6.7%
0.4	0.4	0.0%
0.5	0.49	2.0%
0.6	0.58	3.3%
0.7	0.68	2.9%
0.8	0.76	5.0%
0.9	0.87	3.3%
1	1.01	-1.0%



Se utilizó un Patrón de flujo primario de aforo rango, marca MesaLabs, modelo: Definer 220-M.

Identificación de Instrumento: N/S: 134358
 Certificado de Calibración: MT-1534-2024
 Fecha de calibración: 09/01/2024

Realizado por:


 Omar Gonzales Muñoz
 Soporte Técnico

REPRESENTACIONES TECHLAB S.A.C.
 SOPORTE TÉCNICO
 EMAIL: SERVICIO@RPTECHLAB.COM
 CEL: +51 994315160

Anexo 6: panel fotográfico

Imagen N° 1
Instalación de los equipos en los puntos de monitoreo



Imagen N° 2
recolección de datos de los puntos de muestreo



Imagen N° 3
Muestreador de partículas PM10



Imagen N° 4
Tren de muestreo para medición de gases

ALDAHYR JUNIOR REATEGUI RENGIFO

Monitoreo de calidad de aire (PM 10 y SO₂) en planta de producción asfáltica, 3 de octubre - San Martín

 Revisión Repositorio Institucional UNSM

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:487153463

Fecha de entrega

26 ago 2025, 10:43 GMT-5

Fecha de descarga

26 ago 2025, 10:54 GMT-5

Nombre del archivo

ING. AMBIENTAL - Aldahyr Junior Reategui Rengifo.pdf

Tamaño del archivo

1.5 MB

60 páginas

11.228 palabras

65.171 caracteres




19% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 7%  Publicaciones
- 14%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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