

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación y monitoreo de polvo atmosférico
sedimentable en la vía pavimentada y no
pavimentada de la avenida Ferrocarril en el distrito
de El Tambo, provincia de Huancayo, mediante el
método de placas receptoras**

Luis Fernando Garcia Chirinos

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Dante Manuel García Jimenez
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 30 de Enero de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "Evaluación y monitoreo de polvo atmosférico sedimentable en la vía pavimentada y no pavimentada de la avenida Ferrocarril en el distrito de El Tambo, Provincia de Huancayo mediante el método de Placas Receptoras", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) LUIS FERNANDO GARCIA CHIRINOS, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 15 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 15) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Luis Fernando Garcia Chirinos, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 74909792, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "Evaluación y monitoreo de polvo atmosférico sedimentable en la vía pavimentada y no pavimentada de la avenida Ferrocarril en el distrito de El Tambo, Provincia de Huancayo mediante el método de Placas Receptoras", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

30 de enero de 2024.

La firma del autor y del asesor obra en el archivo original

(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

BORRADOR VERSION FINAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	%	%	15%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	4%
2	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	3%
3	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%

9	Submitted to uisek Trabajo del estudiante	<1 %
10	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
11	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to Universidad Técnica De Ambato- Dirección de Investigación y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1 %
13	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1 %
14	Submitted to Universidad Cuauhtemoc Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
16	Submitted to unapiquitos Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to Centro Europeo de Postgrado - CEUPE Trabajo del estudiante	<1 %
18	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal	<1 %

19	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante	<1 %
20	Submitted to Universidad Catolica San Antonio de Murcia Trabajo del estudiante	<1 %
21	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1 %
23	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
25	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
26	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	<1 %
27	Submitted to Universidad de Salamanca Trabajo del estudiante	<1 %
28	Submitted to Universidad Estatal a Distancia Trabajo del estudiante	<1 %

29	Submitted to ESC Rennes Trabajo del estudiante	<1 %
30	Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
31	Submitted to University of Leicester Trabajo del estudiante	<1 %
32	Submitted to 2U Baylor University EDU Trabajo del estudiante	<1 %
33	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	<1 %
34	Submitted to Fundacion Universitaria Juan de Castellanos Trabajo del estudiante	<1 %
35	Submitted to Universidad San Francisco de Quito Trabajo del estudiante	<1 %
36	Submitted to Miami University of Ohio Trabajo del estudiante	<1 %
37	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
38	Submitted to Universidad Jaime Bausate y Meza Trabajo del estudiante	<1 %

39	Submitted to University of Leeds Trabajo del estudiante	<1 %
40	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
41	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
42	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
43	Submitted to tarapoto Trabajo del estudiante	<1 %
44	Submitted to unjbg Trabajo del estudiante	<1 %
45	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
46	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
47	Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

ASESOR

Ing. García Jiménez Dante Manuel

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, deseo agradecer a la Universidad Continental y a mis docentes por brindarme los conocimientos necesarios para poder ejercer mi profesión, asimismo, me brindaron las herramientas necesarias para poder tener un óptimo desarrollo personal.

Además, agradezco a mi asesor, el ingeniero Dante García, por apoyarme en este trabajo de investigación. De igual modo, agradezco a mis padres por todo el apoyo que me brindaron, asimismo, la fortaleza y los buenos valores que inculcaron en mí. Igualmente, agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir la vida que vivo, con las personas y experiencias que tengo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a la memoria de mi hermano Beto, quien me enseñó y demostró lo que es el apoyo incondicional de un hermano mayor.

A mis padres y a mi hermano Javier, a los cuales amo y respeto. Además, son ellos quienes me inspiran y me brindan la confianza necesaria para poder seguir adelante y superarme cada día más.

ÍNDICE

ASESOR.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
DEDICATORIA.....	4
ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO I.....	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.1.1. Problema general.....	16
1.1.2. Problemas específicos.....	16
1.1.2.1. Primer problema específico.....	16
1.1.2.2. Segundo problema específico.....	16
1.1.2.3. Tercer problema específico.....	17
1.2. Objetivos.....	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.2.2.1. Primer objetivo específico.....	17
1.2.2.2. Segundo objetivo específico.....	17
1.2.2.3. Tercer objetivo específico.....	17
1.3. Justificación e importancia.....	18
1.3.1. Justificación teórica.....	18
1.3.2. Justificación ambiental.....	18
1.3.3. Justificación social.....	18
1.3.4. Importancia.....	18
1.4. Delimitación del proyecto.....	19
1.5. Hipótesis y variables.....	19
1.5.1. Hipótesis general.....	19
1.5.2. Hipótesis específicas.....	20
1.5.2.1. Primera hipótesis específica.....	20
1.5.2.2. Segunda hipótesis específica.....	20
1.5.2.3. Tercera hipótesis específica.....	21

CAPÍTULO II.....	22
2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.2. Bases teóricas.....	31
2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación.....	31
2.2.1.1. La atmósfera.....	31
2.2.1.2. Composición y estado físico de la atmósfera.....	32
2.2.1.3. Contaminación atmosférica.....	37
2.2.1.4. Fuentes de generación de contaminantes de la atmósfera.....	37
2.2.1.5. Fuentes de generación de material particulado.....	40
2.2.1.6. Clasificación del material particulado.....	41
2.2.1.7. Polvo atmosférico sedimentable.....	41
2.2.1.8. Parámetros meteorológicos.....	42
2.2.1.9. Dispersión de contaminantes en la atmósfera.....	43
2.2.1.10. Bases legales.....	44
2.2.1.11. Efectos de los contaminantes sobre la salud humana.....	46
2.2.1.12. Efectos del material particulado sobre la salud humana.....	47
2.2.1.13. Método pasivo de muestreo de material particulado.....	47
2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación.....	48
2.2.2.1. Placas receptoras.....	48
2.2.2.2. Interpolación Kriging.....	48
2.2.2.3. IDW.....	49
2.2.2.4. Cálculo de la concentración de material particulado.....	50
2.3. Definición de términos.....	50
CAPÍTULO III.....	53
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación.....	53
3.1.1. Método de la investigación.....	53
3.1.2. Tipo de la investigación.....	53
3.1.3. Nivel de la investigación.....	53
3.2. Diseño de la investigación.....	53
3.3. Población y muestra.....	53
3.3.1. Población.....	54
3.3.2. Muestra.....	54
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	55
3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	55

3.4.1.1.	Fuentes Primarias	55
3.4.1.2.	Fuentes secundarias.....	55
3.4.1.3.	Recolección de datos de polvo atmosférico sedimentable	56
3.4.2.	Equipos e instrumentos de recolección de datos.....	62
3.4.2.1.	Equipos	62
3.4.2.2.	Instrumentos	63
3.5.	Procedimientos de la investigación	64
3.5.1.	Objetivos específicos	64
3.5.1.1.	Primer objetivo específico	64
3.5.1.2.	Segundo objetivo específico	65
3.5.1.3.	Tercer objetivo específico	65
3.5.2.	Objetivo general	66
CAPÍTULO IV		67
4.1.	Resultados de la investigación.....	67
4.1.1.	Concentración del material particulado.....	67
4.1.1.1.	Monitoreo 1 Enero – Febrero (Tramo no pavimentado).....	67
4.1.1.2.	Monitoreo 1 Enero – Febrero (Tramo pavimentado).....	68
4.1.1.3.	Monitoreo 2 Febrero - Marzo (Tramo no pavimentado).....	69
4.1.1.4.	Monitoreo 2 Febrero - Marzo (Tramo pavimentado).....	70
4.1.1.5.	Monitoreo 3 Marzo - Abril (Tramo no pavimentado)	71
4.1.1.6.	Monitoreo 3 Marzo - Abril (Tramo pavimentado)	72
4.1.2.	Promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable	73
4.1.3.	Temperatura.....	74
4.1.4.	Humedad.....	75
4.1.5.	Precipitación.....	75
4.2.	Prueba de hipótesis.....	76
4.2.1.	Hipótesis específicas	76
4.2.1.1.	Primera hipótesis específica	76
4.2.1.2.	Segunda hipótesis específica	83
4.2.1.3.	Tercera hipótesis específica	89
4.2.2.	Hipótesis general	102
4.3.	Discusión de resultados	104
CONCLUSIONES		110
RECOMENDACIONES.....		112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		113

ANEXOS.....117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Delimitación del proyecto	26
Figura 2 Estructura de la atmósfera respecto a la altura y altitud.	40
Figura 3 Fuentes de material particulado.....	48
Figura 4 Puntos de muestreo	61
Figura 5 Formato de campo (Ubicación de estaciones de monitoreo).....	70
Figura 6 Formato de campo (Concentraciones de PAS)	71
Figura 7 Monitoreo 1 – Tramo no pavimentado	75
Figura 8 Monitoreo 1 - Tramo pavimentado	76
Figura 9 Monitoreo 2 – Tramo no pavimentado	77
Figura 10 Monitoreo 2 - Tramo pavimentado	78
Figura 11 Monitoreo 3 - Tramo no pavimentado	79
Figura 12 Monitoreo 3 - Tramo pavimentado	80
Figura 13 Promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable	81
Figura 14 Gráficos Cuantil - Cuantil de la primera hipótesis específica	87
Figura 15 Mapa de dispersión 1 Monitoreo 1 (Método Kriging)	98
Figura 16 Mapa de dispersión 2 Monitoreo 1 (Método Kriging)	99
Figura 17 Mapa de dispersión 3 Monitoreo 1 (Método IDW)	100
Figura 18 Mapa de dispersión 4 Monitoreo 1 (Método IDW)	101
Figura 19 Mapa de dispersión 1 Monitoreo 2 (Método Kriging)	102
Figura 20 Mapa de dispersión 2 Monitoreo 2 (Método Kriging)	103
Figura 21 Mapa de dispersión 3 Monitoreo 2 (Método IDW)	104
Figura 22 Mapa de dispersión 4 Monitoreo 2 (Método IDW)	105
Figura 23 Mapa de dispersión 1 Monitoreo 3 (Método Kriging)	106
Figura 24 Mapa de dispersión 2 Monitoreo 3 (Método Kriging)	107
Figura 25 Mapa de dispersión 3 Monitoreo 3 (Método IDW)	108
Figura 26 Mapa de dispersión 4 Monitoreo 3 (Método IDW)	109
Figura 27 Concentración de PAS frente al valor guía de la OMS (Tramo no pavimentado)	110
Figura 28 Concentración de PAS frente al valor guía de la OMS (Tramo pavimentado)....	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición del aire.....	42
Tabla 2 Normas legales internacionales respecto a polvo atmosférico sedimentable	53
Tabla 3 Efectos de los contaminantes sobre la salud humana	54
Tabla 4 Tipos de Kriging y superficies que generan	56
Tabla 5 Puntos de muestreo	61
Tabla 6 Monitoreo 1 – Tramo no pavimentado	74
Tabla 7 Monitoreo 1 - Tramo pavimentado	75
Tabla 8 Monitoreo 2 - Tramo no pavimentado	76
Tabla 9 Monitoreo 2 - Tramo pavimentado	77
Tabla 10 Monitoreo 3 - Tramo no pavimentado	78
Tabla 11 Monitoreo 3 - Tramo pavimentado	79
Tabla 12 Promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable.....	80
Tabla 13 Promedio de la temperatura en los monitoreos realizados	81
Tabla 14 Promedio de la humedad en los monitoreos realizados	82
Tabla 15 Promedio de la precipitación en los monitoreos realizados	82
Tabla 16 Prueba de normalidad de la primera hipótesis específica.....	84
Tabla 17 Prueba de igualdad de varianzas de la primera hipótesis específica	88
Tabla 18 Prueba t – student para muestras independientes de la primera hipótesis específica	89
Tabla 19 Prueba de normalidad para la segunda hipótesis específica.....	92
Tabla 20 Prueba de correlación (Tramo no pavimentado) para la segunda hipótesis específica	93
Tabla 21 Prueba de correlación (Tramo pavimentado) para la segunda hipótesis específica	94
Tabla 22 Concentraciones de PAS de los monitoreos realizados - Valor guía de la OMS...	96

RESUMEN

Objetivos: Se evaluó el impacto ambiental ocasionado por el polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la calidad del aire en la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo, considerando tanto el tramo pavimentado como el no pavimentado. Asimismo, se examinaron las disparidades en las concentraciones de PAS entre los segmentos evaluados, y se investigó la relación entre los factores meteorológicos (temperatura, humedad y precipitación) y la presencia de polvo atmosférico sedimentable. Se abordó también la evaluación del riesgo para la salud de la población circundante en la zona de estudio debido a la exposición a partículas suspendidas. **Métodos:** se llevó a cabo una investigación de naturaleza exploratoria, descriptiva y de diseño no experimental transversal, con un enfoque cuantitativo. Se analizaron 54 muestras de material particulado recolectadas en 18 puntos de monitoreo. **Resultados:** En tres de los 18 puntos de monitoreo durante el primer, segundo y tercer período de evaluación, la concentración de polvo atmosférico sedimentable no superó el valor guía establecido por la Organización Mundial de la Salud (0.5 mg/cm²/mes). En cuanto a las disparidades en las concentraciones entre los tramos evaluados, se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes, obteniéndose valores de significancia estadística de 0.066, 0.034 y 0.05 para el primer, segundo y tercer período de monitoreo, respectivamente. En cuanto a la relación de factores meteorológicos con la concentración de polvo atmosférico sedimentable, se realizó la prueba de correlación de Pearson, obteniendo un valor de significancia estadística de 0.308 (T° - PAS Tramo no pavimentado), 0.401 (Humedad – PAS Tramo no pavimentado), 0.688 (Precipitación – PAS Tramo no pavimentado), 0.292 (T° - PAS Tramo pavimentado), 1.000 (Humedad – PAS Tramo pavimentado) y 0.088 (Precipitación PAS Tramo pavimentado). Por otro lado, para determinar el riesgo existente de la salud de la población aledaña debido a la exposición de material particulado, se realizó estadística descriptiva y mapas de dispersión con lo cual se corrobora la hipótesis planteada. Por último, se hizo la comparación de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable frente al valor guía de la OMS (0.5 mg/cm²/mes) para determinar la alteración de la calidad del aire. **Conclusiones:** No existió una diferencia significativa en las concentraciones de PAS en el tramo pavimentado y no pavimentado en los monitoreos 1 y 3, sin embargo, si existió una diferencia significativa en dichas variables en el monitoreo 2. Asimismo, no existió una relación significativa entre el promedio de los factores meteorológicos (temperatura, humedad y precipitación) y el promedio de las concentraciones de PAS en los tramos evaluados. Además, existe riesgo a la población aledaña a la zona de estudio debido a las altas concentraciones de PAS a las que se encuentran expuestas. Por último, se concluyó que, si existe una alteración negativa a la calidad del aire, debido a que las concentraciones

en la mayoría de puntos de monitoreo exceden el valor guía de la OMS (0.5 mg/cm²/mes).

Palabras clave: placas receptoras, método gravimétrico, método pasivo, polvo atmosférico sedimentable, PAS, calidad del aire, temperatura, humedad, precipitación.

ABSTRACT

Objectives: The environmental impact caused by settleable atmospheric dust (PAS) on air quality on Railway Avenue in the El Tambo district was evaluated, considering both the paved and unpaved sections. Likewise, disparities in PAS concentrations between the evaluated segments were examined, and the relationship between meteorological factors (temperature, humidity and precipitation) and the presence of settleable atmospheric dust was investigated. The evaluation of the health risk of the surrounding population in the study area due to exposure to suspended particles was also addressed. **Methods:** research of an exploratory, descriptive nature and cross-sectional non-experimental design was carried out, with a quantitative approach. 54 samples of particulate matter collected at 18 monitoring points were analyzed. **Results:** In three of the 18 monitoring points during the first, second and third evaluation periods, the concentration of settleable atmospheric dust did not exceed the guideline value established by the World Health Organization (0.5 mg/cm²/month). Regarding the disparities in concentrations between the evaluated sections, the student's t test for independent samples was applied, obtaining statistical significance values of 0.066, 0.034 and 0.05 for the first, second and third monitoring periods, respectively. Regarding the relationship of meteorological factors with the concentration of settleable atmospheric dust, the Pearson correlation test was carried out, obtaining a statistical significance value of 0.308 (T° - PAS Unpaved section), 0.401 (Humidity - PAS Unpaved section paved), 0.688 (Precipitation – PAS Non-paved section), 0.292 (T° - PAS Paved section), 1.000 (Humidity – PAS Paved section) and 0.088 (Precipitation PAS Paved section). On the other hand, to determine the existing health risk of the surrounding population due to exposure to particulate matter, descriptive statistics and dispersion maps were carried out, which corroborates the proposed hypothesis. Finally, a comparison was made of the concentrations of settleable atmospheric dust against the WHO guideline value (0.5 mg/cm²/month) to determine the alteration of air quality. **Conclusions:** There was no significant difference in PAS concentrations in the paved and unpaved section in monitoring 1 and 3, however, there was a significant difference in these variables in monitoring 2. Likewise, there was no significant relationship between the average of meteorological factors (temperature, humidity and precipitation) and the average of PAS concentrations in the evaluated sections. In addition, there is a risk to the population surrounding the study area due to the high concentrations of PAS to which they are exposed. Finally, it was concluded that there is a negative alteration to air quality, because the concentrations at most monitoring points exceed the WHO guideline value (0.5 mg/cm²/30 days).

Keywords: receiving plates, gravimetric method, passive method, settleable atmospheric

dust, PAS, air quality, temperature, humidity, precipitation.

INTRODUCCIÓN

El planeta tierra atraviesa por varios problemas ambientales, entre ellos se encuentra la contaminación de la calidad del aire debido a causas naturales y actividades antropogénicas. En la actualidad existen diversos países que cuentan con políticas para poder salvaguardar la salud de la población y, por ende, el medio ambiente. Sin embargo, en Perú aún no existen políticas precisas para ciertos contaminantes, como el polvo atmosférico sedimentable. Por ello, es necesario realizar investigaciones respecto al tema para poder determinar si existe una problemática que afecte la salud de las personas y el medio.

En este estudio de investigación, se examinó el impacto del polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la calidad del aire en la Av. Ferrocarril, abarcando un tramo pavimentado (Av. Evitamiento – Calle Rossemberg) y otro no pavimentado (Av. Tahuantinsuyo – Av. Evitamiento) en el distrito de El Tambo, durante los meses de enero, febrero, marzo y abril del año 2023. Se establecieron 18 puntos de monitoreo utilizando placas receptoras, distribuidas equitativamente entre los tramos pavimentado y no pavimentado, con un total de 18 placas recolectadas mensualmente (54 placas en total). Además, se llevó a cabo un análisis de las concentraciones registradas en las placas, y se generaron mapas de dispersión. De esta manera, se evaluó la influencia del polvo atmosférico sedimentable en la calidad del aire, considerando el valor guía propuesto por la Organización Mundial de la Salud (0.5 mg/cm²/mes).

En el primer capítulo, se aborda la presentación de la problemática, incluyendo la formulación de la misma, los objetivos perseguidos, la justificación e importancia de la investigación, así como la definición de hipótesis y variables. El segundo capítulo, por su parte, se dedica a la exposición de los antecedentes de la investigación, las bases teóricas relevantes y la aclaración de términos clave. El tercer capítulo presenta la metodología concebida para la ejecución de la investigación científica. Por último, el cuarto capítulo revela los resultados derivados del monitoreo y evaluación del polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la Av. Ferrocarril, focalizando específicamente en un tramo pavimentado y otro no pavimentado, acompañado de un análisis y discusión detallada de dichos resultados.

El autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

La calidad del aire ha tomado un papel importante en los últimos años debido al incremento de actividades productivas que han causado una contaminación atmosférica perjudicial para la humanidad, flora y fauna. Es por eso que la OMS ha planteado directrices sobre la calidad del aire y, de esta forma, poder mitigar la contaminación atmosférica, ya que es un problema que afecta a nuestro planeta y sus habitantes. Entre los principales contaminantes que afectan la calidad del aire se encuentra el polvo atmosférico sedimentable (PAS - partículas con un tamaño menor a 100 micras y mayor o igual a 10 micras que por acción de la gravedad tienden a sedimentarse en la superficie), que de acuerdo a su tamaño pueden causar daños a la salud. Los riesgos a la salud se deben a las partículas menores a 10 micras (tienen la capacidad de ingresar a las vías respiratorias y pulmones) y las partículas menores a 2.5 micras (tienen la capacidad de ingresar al torrente sanguíneo). Por ende, en el año 2013 el material particulado fue clasificado como carcinógeno por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) de la OMS (1). De esta forma la OMS ha planteado un límite máximo permisible de 5 t/km²/ mes (0.5 mg/cm²/mes) para poder determinar las concentraciones existentes en zonas de interés (2).

La contaminación atmosférica es uno de los principales problemas ambientales en las zonas urbanas del mundo por el gran parque automotor existente, desarrollo industrial no planificado, uso de tecnología obsoleta en actividades productivas, entre otros. Por ello, según la Organización Mundial de la Salud, respecto a morbilidad, la contaminación del aire provoca alrededor de siete millones de defunciones prematuras anuales. De esta forma, en muchos países consideran al polvo atmosférico sedimentable (PAS) como un tema relevante e importante en cuanto a calidad ambiental y, por ende, países de Sudamérica han realizado proyectos y estudios con relación a la calidad del aire (3).

En el Perú no existe un Estándar de Calidad Ambiental respecto al polvo atmosférico sedimentable (PAS), sin embargo, entidades como la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) contemplan el límite máximo permisible propuesto por la OMS (0.5

mg/cm²/mes). Es por eso que se plantean diversos métodos de monitoreo para poder evaluar el polvo atmosférico sedimentable (PAS), siendo los métodos pasivos los más económicos, pero los que más tiempo requieren (4).

La provincia de Huancayo, situada en el departamento de Junín en Perú, se encuentra confrontada con el fenómeno del polvo atmosférico sedimentable (PAS). Esto se debe a un aumento actual del parque automotor (registrando un incremento del 5.6% en comparación con el año 2022) (5) y a un crecimiento urbano desenfrenado (según el Plan Vial Participativo de Huancayo 2012-2021, la expansión urbana resulta en la pérdida del 50% de las tierras destinadas a cultivo) (6). Esta problemática se intensifica especialmente en áreas con calles afirmadas o sin pavimentar, como la Av. Ferrocarril, que es objeto de evaluación en el presente estudio. En estas zonas, las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) son notablemente elevadas en comparación con las áreas pavimentadas, lo que conlleva riesgos potenciales de enfermedades respiratorias para la población circundante. En este contexto, resulta crucial analizar el impacto ambiental provocado por el polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la calidad del aire, específicamente en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril en el distrito de El Tambo.

1.1.1. Problema general

¿Cuál es el impacto ambiental que genera el polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la calidad del aire en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril en el distrito de El Tambo?

1.1.2. Problemas específicos:

1.1.2.1 Primer problema específico

¿Cuáles son las diferencias de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo?

1.1.2.2 Segundo problema específico

¿Existen factores ambientales que tienen relación con la presencia de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo?

1.1.2.3 Tercer problema específico

¿Existe riesgo a la salud de la población aledaña, debido a las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable, al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el impacto ambiental que genera el polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la calidad del aire en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril en el distrito de El Tambo.

1.2.2. Objetivos específicos

1.2.2.1 Primer objetivo específico

Determinar las diferencias de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo

1.2.2.2 Segundo objetivo específico

Determinar si existen factores ambientales que tienen relación con la presencia de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo).

1.2.2.3 Tercer objetivo específico

Determinar si existe riesgo a la salud de la población aledaña,

debido a las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable, al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación teórica

En Huancayo son escasos los estudios sobre la calidad del aire en cuanto a polvo atmosférico sedimentable. El presente trabajo de investigación contribuirá al desarrollo de investigaciones sobre monitoreo y calidad de aire tanto en tramos pavimentados y no pavimentados del distrito de El Tambo, con el objetivo de contar con información previa sobre la calidad del aire y contaminación atmosférica por polvo atmosférico sedimentable en Huancayo.

1.3.2. Justificación ambiental

La problemática de la contaminación por polvo atmosférico sedimentable en Huancayo constituye un desafío que tiene consecuencias adversas en términos de la calidad del aire en la región. La razón subyacente de esta investigación se fundamenta en la necesidad de cuantificar la concentración de partículas mediante un monitoreo llevado a cabo con estaciones que aplicarán la metodología de "Placas Receptoras". El propósito es identificar aquellas áreas que superan el valor guía establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (7).

1.3.3. Justificación social

La contaminación generada por el polvo atmosférico sedimentable tiene un impacto directo en la salud de la población. Por consiguiente, la investigación actual tiene como objetivo determinar las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable en un tramo pavimentado y no pavimentado en el distrito de El Tambo. Las concentraciones más elevadas de polvo atmosférico sedimentable en las áreas no pavimentadas afectan directamente a la población cercana, dando lugar a enfermedades vinculadas al sistema respiratorio, como enfermedades broncopulmonares

y cardiovasculares (8).

1.3.4. Importancia

La presente investigación busca estudiar el estado de la calidad del aire en un tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril y, por ende, poder determinar las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable que existen en la zona de estudio. Asimismo, con el presente trabajo de investigación se pueden proponer políticas para poder preservar la calidad del aire.

1.4. Delimitación del proyecto

El proyecto de investigación se desarrollará en la Av. Ferrocarril, distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, departamento Junín - Perú. Se evaluará un tramo no pavimentado (Av. Tahuantinsuyo – Av. Evitamiento) y un tramo pavimentado (Av. Evitamiento – Calle Rossemberg). Asimismo, el estudio se realizará en los meses de enero, febrero, marzo y abril, haciendo un total de 3 monitoreos.

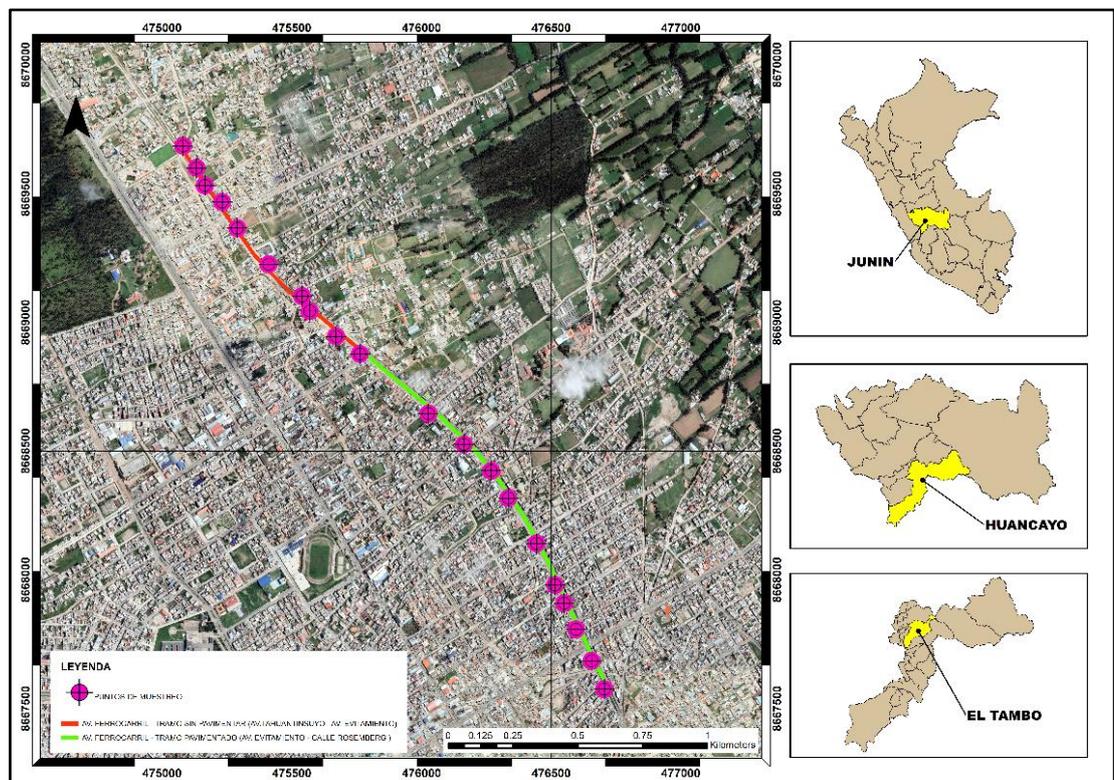


Figura 1: Delimitación del proyecto

1.5. Hipótesis y variables

1.5.1. Hipótesis general

H_0 : La concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo evaluado de la Av. Ferrocarril no supera el valor propuesto por la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), por lo que no influye negativamente la calidad del aire.

H_1 : La concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo evaluado de la Av. Ferrocarril supera el valor propuesto por la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), por lo que influye negativamente la calidad del aire.

1.5.2. Hipótesis específicas:

1.5.2.1 Primera hipótesis específica

H_0 : No existe diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H_1 : Existe diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

1.5.2.2 Segunda hipótesis específica

- Temperatura:

H_0 : No existe una relación significativa entre el promedio de la temperatura y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H_1 : Existe una relación significativa entre el promedio de la temperatura y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

- Humedad:

H_0 : No existe una relación significativa entre el promedio de la humedad y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H_1 : Existe una relación significativa entre el promedio de la humedad y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

- Precipitación:

H_0 : No existe una relación significativa entre el promedio de la precipitación y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H_1 : Existe una relación significativa entre el promedio de la precipitación y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

1.5.2.3 Tercera hipótesis específica

H_0 : No existe riesgo a la salud de la población aledaña al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H_1 : Existe riesgo a la salud de la población aledaña al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

De acuerdo con el estudio “Análisis correlacional de datos de MP10 y partículas sedimentables, su composición fisicoquímica y mineralógica, en la zona norte de la ciudad de Bogotá” se utilizaron 2 tipos de recolección de muestras para material particulado, método pasivo y activo, los cuales fueron el método Bergerhoff y el manejo del programa UNMIX, respectivamente. Asimismo, en su estudio plantearon el objetivo de realizar un análisis correlacional respecto a la composición química y mineralógica en cuanto a los sólidos sedimentables y el material particulado PM10; dichas concentraciones fueron recolectadas durante 3 meses (2 veces al mes), en el tramo de la carretera séptima hasta la novena, desde la calle 183 hasta la calle 170, ubicadas en el sector norte de la ciudad de Bogotá. Los resultados obtenidos aportaron información en cuanto a la zona de estudio, ya que con la correlación desarrollada en cuanto a las características físicas y químicas de los sólidos sedimentables y el material particulado PM10 se pudieron estimar las fuentes generadoras de dichos contaminantes (9). Este antecedente aportó a la tesis con la metodología, ya que se hizo uso de un método pasivo.

De acuerdo con el estudio “Análisis de Partículas Sedimentables y Niveles de Presión Sonora en el área urbana y periférica de Cuenca” la contaminación del aire y la contaminación sonora son factores nocivos para la salud pública. Además, el material particulado es un contaminante que desencadena enfermedades cardiovasculares, cáncer y alteraciones genéticas. Asimismo, los altos niveles de ruido tienen relación a problemas cognitivos y generación de estrés. En Ecuador el límite máximo permisible para material particulado está estipulado en 1 mg/cm²/día. En dicho estudio, determinaron las concentraciones de material particulado sedimentable y, a su vez, monitorearon los niveles de ruido en horas donde existía un alto índice de tráfico vehicular en la zona urbana de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Los resultados evidenciaron un claro incumplimiento de los límites máximos permisibles para ambos contaminantes en estudio. Se concluyó que ambos contaminantes están por encima del límite máximo permisible, sin embargo, no existió una correlación directa entre el material particulado sedimentable y los niveles de presión sonora (10). Dicho antecedente aportó a la tesis en cuanto a la contrastación de la tercera hipótesis específica, ya que mencionaron el riesgo que

existe a la salud humana tras la exposición al material particulado.

En el estudio "Determinación de la cantidad de partículas atmosféricas sedimentables, mediante el método de muestreo pasivo, en la ciudad de Morales, provincia de San Martín, 2015" determinaron la concentración de material particulado sedimentable en la ciudad de Morales, Moyobamba. De acuerdo a los resultados, la concentración de polvo atmosférico sedimentable obtenido en cada punto de monitoreo fue comparado con el límite propuesto por la OMS que es de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$. De los 5 puntos evaluados, 2 superaron el límite expuesto. Por ende, se concluyó que el incumplimiento del límite establecido para partículas atmosféricas sedimentables denota un riesgo para la salud pública. Además, las calles sin pavimentar son grandes generadoras de material particulado al ambiente (11). Este antecedente aportó a la tesis con la metodología, ya que se realizó un muestreo pasivo. Asimismo, algunas de las muestras se recopilaron en calles sin pavimentar, lo que tuvo relación con algunas muestras tomadas en la presente tesis. Además, aportó con la presentación de resultados, debido a que las concentraciones fueron contrastadas con el valor propuesto por la OMS.

En la investigación titulada "EVALUACION DE LA CONCENTRACION DE POLVO ATMOSFERICO SEDIMENTABLE Y MATERIAL PARTICULADO (PM2.5, PM10) PARA LA GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE 2017 EN LA CIUDAD DE TACNA", se planteó como objetivo principal determinar la presencia de material particulado en la ciudad de Tacna, dado que este contaminante afecta la calidad del aire y representa una amenaza para la salud pública. El monitoreo se llevó a cabo durante un período de 4 meses utilizando placas de vidrio para realizar un muestreo pasivo. Los resultados obtenidos revelaron que la concentración promedio en los puntos de monitoreo fue de $1.07 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$, superando el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$. En consecuencia, se llegó a la conclusión de que la ciudad de Tacna enfrenta un problema de contaminación del aire debido al material particulado presente, lo que representa una amenaza para la salud de los residentes cercanos a los puntos de muestreo (12). Este antecedente contribuyó a la tesis tanto en la metodología, al utilizar el método de placas receptoras, como en la presentación de resultados, al contrastar las concentraciones con los estándares propuestos por la OMS.

En la investigación "Evaluación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) mediante muestreo pasivo en Yarinacocha, Ucayali 2022" se planteó como objetivo

determinar la concentración de polvo atmosférico sedimentable para compararlo con el límite propuesto por la OMS a fin de evaluar si existe un riesgo a la salud pública de los pobladores. Se hizo uso del muestreo pasivo y el software ARCMAP para elaborar mapas de dispersión. De acuerdo a los resultados se evidenció que la concentración, en todos los puntos de monitoreo, superó el límite propuesto por la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), a su vez, se detalló que existe una relación inversa respecto a la precipitación y presencia de polvo atmosférico sedimentable. Por último, se concluyó que la presente investigación servirá para futuros estudios en cuanto a material particulado, ya que las altas concentraciones encontradas en los puntos de monitoreo son un claro indicador de que existe contaminación ambiental y riesgo a la salud pública (13). Este antecedente aportó a la tesis con la metodología, ya que se realizó un muestreo pasivo. Además, se realizaron mapas de dispersión, lo que ayudó a la comprensión de dichos mapas y a la contrastación de la tercera hipótesis específica. Por último, aportó con la presentación de resultados, debido a que las concentraciones fueron contrastadas con el valor propuesto por la OMS.

En el estudio titulado “Modelamiento geoestadístico para la determinación de polvo atmosférico sedimentable, usando los métodos de colectores de polvo y placas receptoras en el área de influencia directa de una ladrillera en el Distrito de Calana - Tacna” se advierte sobre el riesgo que presentan las altas concentraciones de material particulado en cuanto a la salud. El objetivo de la investigación fue realizar un modelo geoestadístico haciendo uso del método Inverse Distance Weighted (IDW) para poder evaluar las zonas críticas afectadas por material particulado, asimismo, para la obtención de las concentraciones se aplicó placas receptoras y colectores de polvo (muestreo pasivo). Se recolectaron datos en 13 puntos estratégicos por un periodo de 60 días. Los resultados evidenciaron que el modelamiento funcionó de manera óptima para la evaluación del material particulado donde se pudieron evaluar 25 puntos. Se concluyó que solo en 3 puntos no se cumplió con el límite internacional, por lo que no existe riesgo a la salud pública (14). Dicho antecedente aportó a la tesis con la metodología, ya que se hizo uso del método IDW para la elaboración de los mapas de dispersión.

En la investigación titulada “Concentración del polvo atmosférico sedimentable y su efecto en la salud de los moradores de la Av. Augusto B. Leguía – Chiclayo” se planteó como objetivo determinar el nivel de afección a la salud respecto a la exposición a material particulado, de los moradores de la Av. Augusto B. Leguía de

la ciudad de Chiclayo. Para ello, se establecieron 10 puntos de monitoreo y se aplicó el método de placas receptoras. Los resultados obtenidos demostraron que el material particulado causa afecciones a la salud de los moradores debido a las altas concentraciones que se encontraron que incumplieron con la norma internacional de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$. Se concluyó que la concentración de polvo atmosférico sedimentable incumplió la norma internacional en 3 puntos evaluados, por lo que afecta la salud y calidad de vida de los moradores presentes en la Av. Augusto B. Leguía (15). Dicho antecedente aportó a la tesis en la comprensión de la relación entre el material particulado y la afección a la salud humana. Asimismo, ayudó al desarrollo de las bases teóricas y la contrastación de la tercera hipótesis específica, ya que se menciona el riesgo tras la exposición al material particulado.

En el estudio titulado "EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LAS PARTÍCULAS SEDIMENTABLES MEDIANTE EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO EN LOS ALREDEDORES DE LAS LADRILLERAS DEL CENTRO POBLADO CERRILLO, BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2021", se señaló que la producción artesanal de ladrillos es un problema significativo en la ciudad de Cajamarca debido a las considerables emisiones atmosféricas generadas, en conjunto con factores como las calles sin pavimentar y el parque automotor, entre otros. Con base en esto, se estableció como objetivo analizar y evaluar la concentración de polvo atmosférico sedimentable mediante el método gravimétrico, utilizando placas receptoras de 10 cm^2 . Este estudio se llevó a cabo en las ladrilleras ubicadas en el centro poblado Cerrillo, Baños del Inca, Cajamarca, durante el año 2021. Los resultados obtenidos revelaron que en varios puntos de monitoreo las concentraciones excedieron el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$. En consecuencia, se concluyó que existe un impacto negativo en relación con la calidad del aire en el centro poblado de Cerrillo, Baños del Inca, Cajamarca (16). Este antecedente contribuyó a la tesis al emplear un método de muestreo pasivo y también proporcionó apoyo a la comprobación de la hipótesis general, al destacar el impacto del material particulado en la calidad del aire.

En el estudio titulado "Impacto del Polvo Atmosférico Sedimentable en las Infecciones Respiratorias Agudas en el Distrito de Los Olivos en 2017", se determinó la concentración de polvo atmosférico sedimentable y su relación con las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) en Los Olivos. Para esta evaluación, se empleó el método de placas receptoras de 10 cm^2 con adherente, llevando a cabo un monitoreo semanal. Los datos sobre casos de morbilidad relacionados con IRA

se obtuvieron del Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. Los resultados incluyeron valores de 0.356 para la prueba de normalidad del polvo atmosférico sedimentable, 0.617 para las IRA, y la prueba t de Student para muestras emparejadas no mostró diferencias significativas en las medias del peso inicial y final de las placas receptoras. Además, el coeficiente de correlación de Pearson fue de 0.941, indicando una correlación positiva entre la concentración de polvo atmosférico sedimentable y los casos de IRA (8). Se concluyó que existe una conexión entre estas variables. Esta investigación contribuyó a la tesis al aclarar la relación entre el material particulado y la salud humana, fortaleciendo las bases teóricas y respaldando la tercera hipótesis específica al destacar los riesgos asociados con la exposición al material particulado. También aportó al desarrollo y aplicación de las pruebas estadísticas utilizadas en el estudio.

En la tesis denominada "DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE Y VOLÁTIL EN EL SECTOR CALPI CANTÓN RIOBAMBA POR INCIDENCIA INDUSTRIAL", se examinaron siete puntos de muestreo en la cabecera parroquial de Santiago de Calpi. El monitoreo de los puntos en relación con el material particulado volátil se llevó a cabo mediante el uso del equipo DustTrak™ II, con una duración de 2 minutos en cada monitoreo. Por otro lado, la recolección del material particulado sedimentable se realizó en placas Petri a través de un método pasivo. Es importante destacar que estas mediciones se efectuaron durante el periodo comprendido entre noviembre y diciembre. Los resultados obtenidos revelaron promedios de concentraciones máximas de 43.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 47.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, así como concentraciones mínimas de 18.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 16.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5 y PM10, respectivamente. En cuanto al material particulado sedimentable, se analizaron siete muestras, evidenciándose una concentración máxima de 1.218 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$, atribuible a la proximidad de industrias a los puntos de monitoreo. Además, se registró una concentración mínima de 0.102 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$. Se concluyó que algunos puntos de monitoreo del material particulado sedimentable superaron los límites máximos permitidos según las normativas de la OMS y el TULSMA. Adicionalmente, las muestras de material particulado sedimentable, examinadas con un microscopio electrónico de barrido, exhibieron la presencia de elementos como antimonio, calcio, rubidio, silicio, aluminio, hierro y magnesio, con partículas de morfología irregular, rectangular-laminar, alargada y amorfa(17). Dicha investigación aportó a la tesis con la metodología, ya que se realizó un muestreo pasivo.

En el estudio titulado "Impacto de Partículas Sedimentables en la Calidad del Aire en Viviendas de la Zona Urbana de la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco", se planteó como meta analizar la presencia de partículas sedimentables en el aire interior de hogares en la zona urbana de la Provincia de Leoncio Prado, en el Departamento de Huánuco. Este análisis se llevó a cabo mediante el uso del método de placas receptoras, una técnica de muestreo pasivo. Los resultados obtenidos revelaron concentraciones específicas de partículas sedimentables en diversas áreas, siendo 0.372 mg/cm²/mes en la Av. Amazonas, 0.384 mg/cm²/mes en Jr. Julio Burga, 0.430 mg/cm²/mes en Av. Raymondi, y así sucesivamente en otras ubicaciones. En un total de ocho áreas evaluadas, se determinó que las concentraciones excedían el límite máximo permitido según las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS), establecido en 0.5 mg/cm²/mes (18). Dicho artículo científico aportó a la tesis con la metodología, ya que se hizo uso del método de placas receptoras. Asimismo, ayudó a la presentación de resultados debido a que las concentraciones se compararon el límite propuesto por la OMS.

La tesis "EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN EN LA CIUDAD DE IQUITOS, LORETO, 2021" empleó un enfoque pasivo para monitorizar el material particulado en Iquitos. El objetivo primordial consistió en calcular mensualmente la concentración de partículas en suspensión en 10 estaciones de control del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, ubicadas en cuatro distritos de la ciudad. Los resultados revelaron que la concentración de partículas en suspensión en ocho puntos de monitoreo superó el límite establecido por la OMS de 5 Tn/Km²/mes. En tres áreas se registró un estado "Muy crítico", superando hasta cuatro veces el valor límite. Otros dos puntos, IIAP y Bomberos, fueron catalogados como "Críticos", excediendo tres veces el valor límite, mientras que tres lugares se consideraron "Ligeramente Críticos", al superar dos veces el límite. En contraste, dos puntos, Távara y Huáscar, se clasificaron como "Muy buenos", con valores de 3.6 y 3.4 Tn/Km²/mes, respectivamente. Además, en la estación SENAMHI, se observó una reducción del 50% en la concentración de material particulado entre 2014 (26.14 Tn/Km²/mes) y 2021 (12.6 Tn/Km²/mes), aunque aún se excede el límite permisible. Se concluyó que la principal fuente de contaminación es el parque automotor y la escasa presencia de áreas verdes en la ciudad. También se determinó una relación inversa entre la concentración de material particulado y el patrón de lluvias en la

ciudad (19). Dicha investigación aportó a la tesis con la metodología, ya que se hizo uso del método de placas receptoras. Asimismo, ayudó a la presentación de resultados debido a que las concentraciones se compararon el límite propuesto por la OMS.

En la investigación "Evaluación de la contaminación del aire ocasionado por el polvo atmosférico sedimentable mediante el método de placas receptoras en el área urbana del Centro Poblado de Paragsha - Región Pasco, agosto - noviembre 2017", se destacó la importancia de abordar el problema ambiental generado por el material particulado. El objetivo principal fue analizar la calidad del aire afectada por la presencia de polvo atmosférico sedimentable, empleando el método de placas receptoras en el área urbana de Paragsha, ubicada en la Región Pasco. La investigación abarcó monitoreos mensuales durante marzo, abril y mayo, estableciendo 15 puntos de monitoreo en el centro poblado de Paragsha, perteneciente al distrito de Simón Bolívar, departamento de Pasco. Los resultados indicaron una concentración promedio final de $0.49 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ para el polvo atmosférico sedimentable, concluyendo que no superó el límite máximo permisible propuesto por la OMS, establecido en $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ (20). Dicha investigación aportó a la tesis con la metodología, ya que se hizo uso del método de placas receptoras.

El artículo científico "EVALUACION DE LA CONCENTRACION DE POLVO ATMOSFERICO SEDIMENTABLE Y MATERIAL PARTICULADO (PM2.5, PM10) PARA LA GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE 2017, EN LA CIUDAD DE TACNA" buscó determinar la presencia de polvo atmosférico sedimentable en la ciudad de Tacna. Para llevar a cabo este propósito, se seleccionaron 8 puntos de monitoreo y se implementó el método de muestreo pasivo utilizando placas receptoras. La investigación se extendió a lo largo de 4 meses, con monitoreos mensuales. Según los resultados, se obtuvo un valor promedio final de $1.07 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ en todas las estaciones de muestreo. Como conclusión, se destacó que este valor promedio final superó la normativa establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que es de $0.50 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$, con un excedente de $0.57 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ (21). Dicho artículo científico aportó a la tesis con la metodología, ya que se hizo uso del método de placas receptoras. Asimismo, ayudó a la presentación de resultados debido a que las concentraciones se compararon el valor propuesto por la OMS.

La tesis "Análisis de la Concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona Industrial del Cercado de Tacna 2020" se centró en los impactos negativos

del material particulado en la salud y la calidad del aire. Su objetivo principal fue identificar áreas críticas con elevadas concentraciones de polvo en un radio de un kilómetro alrededor de la Zona Industrial de Tacna. Utilizando el método de muestreo pasivo con placas receptoras, validado por SENAMHI, y considerando factores meteorológicos, se establecieron 30 puntos de monitoreo durante un periodo de dos meses. La aplicación del modelamiento geoestadístico con IDW y datos de SENAMHI permitió la creación de mapas de dispersión y rosas de viento. Los resultados señalaron que, en el primer mes, el punto cercano a la planta de Ladrillos Maxx registró la concentración más alta de polvo ($16.5373 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$). En el segundo mes, el punto crítico fue la construcción del Centro Comercial de Polvos Rosados, con $15.491 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$. En resumen, 28 de los 30 puntos de monitoreo superaron el límite de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ establecido por la OMS, evidenciando altas concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (22). Dicha investigación aportó a la tesis con la metodología, ya que se hizo uso del método de placas receptoras. Asimismo, ayudó al desarrollo de los mapas de dispersión, debido a que se empleó el método IDW.

La investigación titulada "Análisis del Polvo Atmosférico Sedimentable en Vías Pavimentadas con Asfalto y Piedra Laja durante la Época Seca y la Pandemia en Cusco 2020" tuvo como objetivo evaluar las concentraciones de polvo en las calles pavimentadas con diferentes materiales en Cusco. Durante los meses de julio a septiembre, se establecieron 8 puntos de monitoreo y se aplicó el método de muestreo pasivo con placas receptoras. Los resultados, analizados con la prueba estadística U de Mann-Whitney, evidenciaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable entre las vías asfaltadas y las pavimentadas con piedra laja, con valores de $0.009539 \text{ mg/cm}^2/30\text{días}$ y $0.016901 \text{ mg/cm}^2/30\text{días}$, respectivamente. Las concentraciones más altas se observaron en agosto ($0.020349 \text{ mg/cm}^2/30\text{días}$ y $0.013871 \text{ mg/cm}^2/30\text{días}$), un mes con escasas lluvias (1.0 mm) y una temperatura máxima de 23.3°C . En conclusión, se confirmó una diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable entre las vías asfaltadas y las pavimentadas con piedra laja (23). Dicha investigación aportó a la tesis con la metodología, ya que se hizo uso del método de placas receptoras. Asimismo, la muestra de dicha investigación tuvo relación con la muestra de la presente tesis, por ello, ayudó a la comprensión y presentación de resultados.

En la tesis "Análisis de Variables Meteorológicas y su Impacto en la Dispersión de

Plomo, Cobre y Zinc en Partículas Totales Sedimentables en la Zona Zárate Industrial 2018" el objetivo primordial fue examinar la relación entre las variables meteorológicas y la dispersión de Plomo, Cobre y Zinc presentes en las partículas totales sedimentables (PTS) en la zona Zárate Industrial. Se implementó el método de muestreo pasivo en 5 estaciones de monitoreo. Los resultados de la investigación señalaron que las concentraciones de Plomo, Cobre y Zinc en la mayoría de las estaciones no cumplieron con los estándares de calidad ambiental (ECA). En conclusión, se confirmó que las variables meteorológicas desempeñaron un papel influyente en la dispersión de Plomo, Cobre y Zinc en la zona Zárate Industrial (24). Dicha investigación aportó a la tesis con la contrastación de la segunda hipótesis específico, ya que se estudió la relación de variables meteorológicas con el material particulado.

En la investigación titulada "Correlación de material particulado PM_{2.5} en función a la humedad relativa – precipitación usando Python, en la ciudad del Cusco", se utilizó datos correspondientes al promedio de concentración mensual de material particulado 2.5 (PM_{2,5}), humedad relativa y precipitación en el periodo de los años 2016- 2018 recolectados por la estación High Vol. del Centro de Energía y Atmosfera (UNSAAC), y el centro meteorológico SENAHMI (Kayra-UNSAAC). Asimismo, el objetivo principal fue estimar la relación estadística entre dos variables cuantitativas, donde se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y Spearman. Los resultados obtenidos en dicha investigación indicaron que existe una alta correlación negativa entre los valores de los promedios mensuales del material particulado en función a la humedad relativa y la precipitación (25). Dicha investigación aportó a la tesis con la contrastación de la segunda hipótesis específica, ya que se estudió la relación de variables meteorológicas con el material particulado.

En la investigación titulada "Factores meteorológicos y su relación con la calidad del aire producido por PM₁₀ generado en la fabricación de ladrillo artesanal en Cullpa Baja, 2017", se analizaron datos de 4 muestras de material particulado que fueron recolectados mediante un muestreador de alto volumen. Los resultados obtenidos en dicha investigación indicaron un valor promedio de 199.4425 ug/m³ para PM₁₀. Por otro lado, mediante el estadístico de Pearson, se estudió la relación de la temperatura, variación de velocidad del viento y la humedad relativa con la calidad del aire, donde se obtuvo un valor de significancia de 0.6; 0.473 y 0.194, respectivamente. Por ende, se concluyó que existe un incumplimiento del Estándar

de Calidad Ambiental en cuanto a PM10 y no existe relación directa entre los factores meteorológicos (temperatura, velocidad del viento y humedad) y la calidad del aire (26). Dicha investigación aportó a la tesis con la contrastación de la segunda hipótesis específica, ya que se estudió la relación de variables meteorológicas con el material particulado. Asimismo, aportó al desarrollo de las bases teóricas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

2.2.1.1. La atmósfera

La Tierra está rodeada por una capa de gases llamada atmósfera, que se mantiene en su lugar por la fuerza gravitacional. Esta capa atmosférica actúa como una envoltura que envuelve a la Tierra, sin un límite claro que la separe del espacio exterior. A medida que nos alejamos de la superficie de la Tierra, la atmósfera gradualmente se vuelve más delgada y eventualmente se desvanece en el espacio (26).

La atmósfera juega un papel crucial en varios procesos, incluyendo (26):

- Distribución desigual de la radiación solar, lo que conduce a un calentamiento desigual de la superficie de la Tierra (26).
- Creación de distintas zonas de temperatura (26).
- Variaciones de temperatura en diferentes regiones (26).
- Fluctuaciones en la presión atmosférica (26).
- Generación de vientos (26).
- Formación de nubes, lluvia y nieve (26).

El clima se refiere al estado general de la atmósfera, teniendo en cuenta factores como la temperatura, los patrones del viento, la humedad y las condiciones del cielo. El clima, por otro lado, representa las condiciones promedio de estos elementos atmosféricos durante un período específico (26).

La atmósfera tiene una influencia significativa en el clima al modificar la cantidad y distribución de la energía solar. Sirve como un componente vital del medio ambiente, impactando varios aspectos como el control de la contaminación, la productividad agrícola y la estabilidad del suministro de alimentos (26).

Comprender los dos aspectos de la atmósfera, el tiempo meteorológico (que abarca la condición del cielo influenciada por el ciclo hidrológico) y el clima (el patrón anual recurrente del tiempo), es crucial para gestionar los contaminantes, así como para comprender la variabilidad en la productividad. y el suministro de alimentos, entre otros factores importantes (26).

2.2.1.2. Composición y estado físico de la atmósfera

a) Atmósfera baja:

La variabilidad de la temperatura respecto a la altitud, determina las capas de la atmósfera que cubre nuestro planeta. Desde la superficie de la Tierra hacia arriba, como se observa en la figura 02, estas capas son (26):

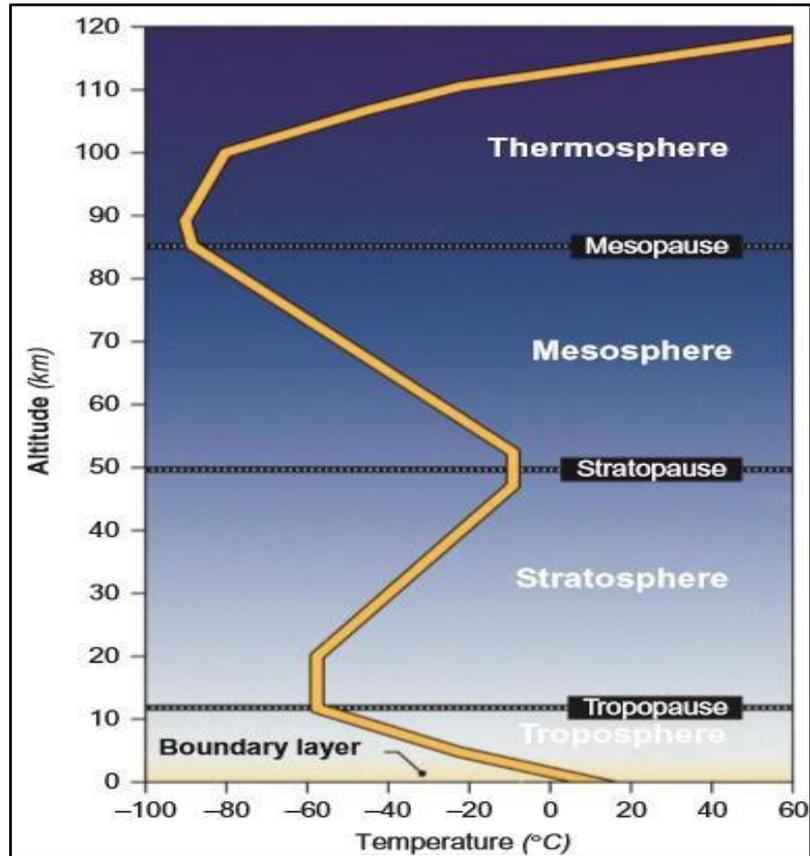


Figura 2: Estructura de la atmósfera respecto a la altura y altitud.
Fuente: (26).

Teniendo entre 10 km y 15 km de altitud (según la latitud y la estación), la Troposfera constituye la capa más baja de la atmósfera. En este estrato, la temperatura sigue una tasa de decrecimiento vertical, proporcionando una mezcla eficiente y condiciones generalmente inestables. Aquí es donde se desarrollan los fenómenos meteorológicos y se concentra la mayor masa de aire terrestre (26).

La tropopausa sirve como la línea divisoria que separa la parte inferior, conocida como la troposfera, de la parte superior, la estratosfera (26).

La capa límite, ubicada en la base de la troposfera, establece una conexión crucial entre esta última y la superficie terrestre. Aquí, los flujos de aire se ven afectados tanto por la convección (flotabilidad) como por las fuerzas de corte de la superficie (convección forzada). En los primeros metros

desde el suelo, se observan gradientes notables y cambiantes en variables como la temperatura del aire, velocidad del viento y humedad, debido a variaciones temporales en los intercambios de energía y masa entre la superficie y la atmósfera. La profundidad de esta capa varía a lo largo del día, alcanzando hasta 1 kilómetro en las horas vespertinas debido al ascenso de aire caliente (capa mixta), mientras que puede reducirse a 0,1 kilómetros en la noche con la atmósfera más fría. La mayoría de las transformaciones y el transporte de contaminantes tienen lugar en esta región, aunque ciertos gases químicamente estables pueden dispersarse ampliamente en la troposfera (26).

La capa superficial, ubicada justo sobre la superficie al inicio de la capa límite, constituye aproximadamente una décima parte de la altura total de esta última. Sus atributos se ven mayormente influenciados por la rugosidad del terreno y los intercambios de calor en la superficie. En esta capa, los flujos de energía y masa exhiben una coherencia constante con la altura, justificando así su designación como capa de flujo constante (26).

Asimismo, la atmósfera terrestre está compuesta por una mezcla de gases, junto con algunas partículas en suspensión y vapor de agua. La composición de la atmósfera se puede resumir de la siguiente manera (26):

1. Nitrógeno (N₂): El nitrógeno es el gas más abundante en la atmósfera terrestre, representando aproximadamente el 78.09% de su composición. El nitrógeno es un gas no reactivo y juega un papel crucial en varios procesos biológicos y ecológicos (27).

2. Oxígeno (O₂): El oxígeno constituye aproximadamente el 20.95% de la atmósfera terrestre. Es esencial para los procesos de respiración y combustión y es compatible con formas de vida aeróbicas (27).

3. Argón (Ar): El argón es un gas noble y constituye aproximadamente el 0,93% de la atmósfera. Es químicamente inerte y no participa en muchas reacciones químicas (27).

4. Dióxido de carbono (CO₂): El dióxido de carbono es un gas traza en la atmósfera, que comprende alrededor del 0,04 % de la composición total. Desempeña un papel fundamental en el ciclo del carbono de la Tierra y es un gas de efecto invernadero que contribuye a la regulación de la temperatura del planeta (27).

5. Otros gases: hay varios otros gases presentes en cantidades más pequeñas en la atmósfera. Estos incluyen neón (Ne), helio (He), metano (CH₄), ozono (O₃), hidrógeno (H₂) y varios gases traza como óxido nitroso (N₂O), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre (SO₂) (27). Se puede denotar en la siguiente tabla:

Tabla 1 Composición del aire

GASES	FÓRMULA	CONCENTRACIÓN (%)
ACTIVOS		
Nitrógeno	N ₂	78.09
Oxígeno	O ₂	20.95
Hidrógeno	H ₂	5 x 10 ⁻⁵
INACTIVOS		
Argón	Ar	0.93
Neón	Ne	1.8 x 10 ⁻³
Helio	He	5.2 x 10 ⁻⁴
VARIABLES		

Dióxido de carbono	CO ₂	3.6 x 10 ⁻²
Ozono	O ₃	1.0 x 10 ⁻⁶

Fuente: (27).

b) **Atmósfera superior:**

La estratosfera se encuentra por encima de la tropopausa y debajo de la mesosfera, hasta una altura de aproximadamente 50 kilómetros. La estratosfera se caracteriza por ser una capa estable, ya que la temperatura del aire, que se encuentra en esta capa, aumenta con la altura hasta llegar a la estratopausa. Además, en esta capa se absorbe la mayor cantidad de la radiación ultravioleta gracias a diversos componentes químicos, tales como el ozono y el oxígeno. Además, los compuestos químicos de origen natural y/o sintéticos tienden a difundirse lentamente en la parte superior de la estratosfera debido a que esta zona presenta un calentamiento máximo y el aire es estable, por ende, todos los contaminantes tienden a suprimirse en esta capa. Cabe recalcar que, el ozono atmosférico, presente en la tropósfera, es considerado un contaminante potencial, mientras que, en la estratosfera, el ozono se genera de forma natural y fotoquímica. Además, el ozono presente en la estratosfera se considera primordial para la vida en la tierra, ya que este es el responsable de absorción de los rayos ultravioleta dañinos (26).

La termosfera se extiende desde la parte superior de la mesosfera hasta una altitud de unos 600 kilómetros (372 millas). Se caracteriza por una densidad extremadamente baja y altas temperaturas debido a la absorción de la radiación solar. Sin embargo, la termosfera se sentiría muy fría para un humano debido a su baja densidad. Esta capa es donde ocurren las auroras (26).

La exosfera es la capa más externa de la atmósfera de la

Tierra, que se extiende desde la parte superior de la termosfera hasta el borde del espacio. Es una región de moléculas de gas extremadamente delgadas y escasas que se fusionan gradualmente con el vacío del espacio exterior (26).

Sin embargo, en estas dos últimas capas no se ejercen influencias significativas en cuanto al clima y los procesos de transporte de contaminantes, ya que estos no tienen ninguna influencia sobre estas capas (26).

2.2.1.3. Contaminación atmosférica

Se refiere a la presencia, en la atmósfera, de sustancias en cantidades que impliquen molestia o riesgo a la salud humana y otros seres vivos. Además, implica el daño a materiales, reducción de la visibilidad, olores desagradables, entre otros. Asimismo, la contaminación atmosférica puede ser de distintas fuentes y naturalezas, por lo que es necesario tener conocimientos de esto para poder prevenir y/o manejar situaciones de riesgo. Asimismo, la contaminación atmosférica, por lo general, son alteraciones que conllevan a efectos nocivos en los seres vivos y elementos materiales, mas no a otras alteraciones inocuas (11).

2.2.1.4. Fuentes de generación de contaminantes de la atmósfera

Las fuentes de contaminación atmosférica pueden originarse tanto de manera natural como artificial, como se observa en la figura 03:

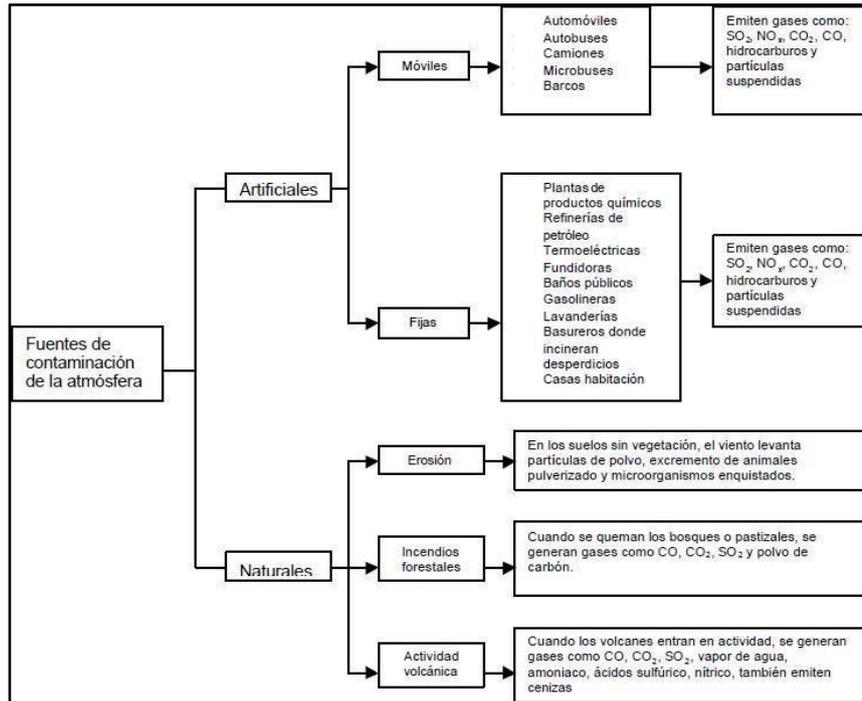


Figura 3 Fuentes de contaminación de la atmósfera.
Fuente: (26)

Fuentes Naturales: Incluyen compuestos generados por eventos volcánicos, como cenizas, humo negro, metano y metales. También se originan a partir de tormentas de polvo, incendios forestales, rocío marino y cambios en el uso del suelo. Además, la liberación de isoprenos y terpenos por los bosques actúa como precursor del ozono en niveles bajos (28).

Por parte de las fuentes artificiales tenemos:

- a) Fuentes de Energía: Resultan en la liberación de dióxidos de carbono (CO_x), óxidos de azufre (SO_x), y vapor de agua en la atmósfera debido al amplio empleo de carbón, petróleo, gas natural, gasolina y biocombustibles (28).
- b) Transporte: Las emisiones primarias de monóxido de carbono (CO) se generan en la quema de combustibles utilizados en motores de gas, gasolina, diésel y queroseno. En particular, los motores de aeronaves subsónicas de larga distancia destacan como principales emisores de óxidos de nitrógeno (NO_x). Asimismo, los motores de embarcaciones liberan cantidades significativas de gases de efecto invernadero y

partículas tóxicas. La circulación vehicular en carreteras se considera una fuente difusa o de línea (28).

- c) Industria: Las industrias son grandes generadoras de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hexafluoruro de azufre y material particulado debido a las altas cantidades de combustible fósil que utilizan. La producción de cemento genera una considerable emisión de partículas sólidas en el aire debido a las variadas operaciones que realiza (28).
- d) Hogares: Las viviendas son una fuente primaria de emisiones, especialmente de carbón y hollín, derivadas del empleo de combustibles fósiles. Además, se producen compuestos orgánicos volátiles provenientes de insecticidas, que no solo contaminan el aire doméstico, sino que también representan un riesgo de intoxicación para los residentes (28).
- e) Prácticas agrícolas: El empleo de fertilizantes genera emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que los pesticidas producen contaminantes orgánicos persistentes. Los químicos tóxicos presentes en estos productos alteran negativamente la calidad del aire. En cuanto a la ganadería, la fermentación entérica produce principalmente metano, un gas de efecto invernadero (28).
- f) Actividades extractivas, excavaciones y explotación de canteras: Estas operaciones producen una notable emisión de polvo y sustancias químicas, impactando adversamente la calidad del aire mediante la presencia de partículas en suspensión (28).
- g) Desarrollo urbano: Prácticas constructivas, como perforaciones, voladuras, transporte y manipulación de materiales, contribuyen a la emisión de polvo. Asimismo, otras acciones antropogénicas no específicas, como trabajos de cerrajería, procesos de acabado y pintura, también se

vinculan con la generación de partículas en suspensión (28).

- h) Incineración de desechos: Esta práctica conlleva la producción de contaminantes orgánicos persistentes (COP), como dioxinas y furanos, especialmente provenientes de plásticos y desechos electrónicos. La combustión también genera emisiones de óxidos de carbono (COx) y partículas de hollín (28).

2.2.1.5. Fuentes de generación de material particulado

Los aerosoles son partículas suspendidas en estado sólido y líquido que presentan diversas formas, composiciones y diversos tamaños. Existen dos tipos de fuentes de material particulado (28):

- Fuentes primarias de material particulado: Hace referencia a las partículas originadas por diversas fuentes, tales como el polvo, rocío marino, actividad volcánica y actividad minera (28).
- Fuentes secundarias de material particulado: Hace alusión al material particulado que surge a partir de la condensación de gases en la atmósfera, dando lugar a la formación de partículas de sulfato y aerosoles orgánicos (28).

La figura 04 proporciona una clasificación más detallada en relación con las fuentes específicas de material particulado:

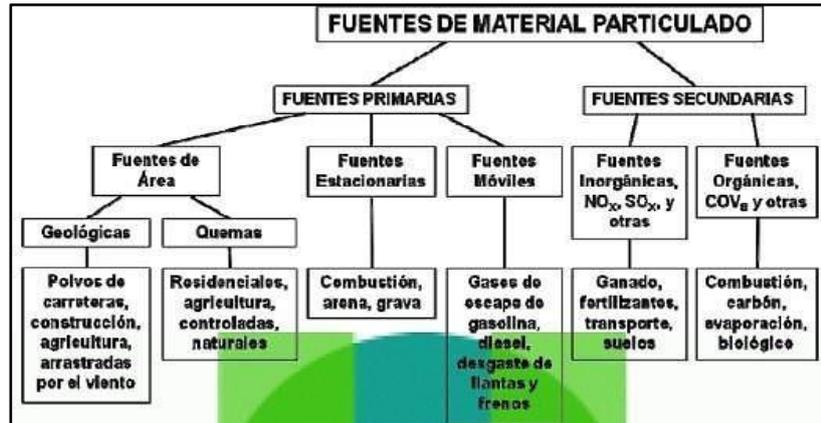


Figura 4 Fuentes de material particulado
Fuente: (26)

Tanto el material particulado (PM) primario como el secundario tienen fuentes que pueden ser biogénicas (de origen natural) o antropogénicas (creadas por el hombre). Las PM secundarias se forman en la atmósfera cuando los ácidos, las bases y los compuestos orgánicos volátiles (COV) se combinan y forman grupos a través de fuerzas intermoleculares débiles. Estos grupos pueden disociarse y volver a formarse, pero cuando alcanzan un tamaño crítico de unos pocos nanómetros, se convierten en sitios de nucleación para la formación de nanopartículas. Las nanopartículas pueden crecer combinándose con otras partículas o condensando vapores adicionales en las nanopartículas existentes (26).

2.2.1.6. Clasificación del material particulado

Las partículas se categorizan según su tamaño y se evalúan mediante métricas que incluyen el número de partículas, su área superficial y su volumen (11).

- PM₁₀: Son las partículas con diámetros inferiores a 10 μm (11).
- PM_{2.5}: Son las partículas con diámetros menores 2.5 μm (11).
- PAS: Se refiere a las partículas con diámetros mayores a 10 μm (11).

La clasificación según el tamaño de las partículas es fundamental

para analizar cómo afectan la salud humana (11).

Las partículas PM2.5, que conforman la mayor proporción del cúmulo de material particulado, presentan efectos significativos y perjudiciales para la salud. Tienen la capacidad de desencadenar estrés oxidativo en los pulmones, lo que contribuye al desarrollo de diversas enfermedades respiratorias y complicaciones cardiovasculares. Es importante destacar que las partículas PM2.5 pueden persistir en el organismo durante periodos prolongados o ingresar al torrente sanguíneo (11).

2.2.1.7. Polvo atmosférico sedimentable (PAS)

El polvo atmosférico sedimentable (PAS) se genera a partir de actividades antropogénicas y naturales. Además, dichas partículas, generalmente, poseen un tamaño mayor o igual a 10 micras (11). Debido al tamaño y peso de estas partículas, la acción de la gravedad en la tierra influye en la sedimentación y deposición de estas partículas, en forma de polvo, en diversas superficies de nuestro entorno, ya sean, objetos interiores o exteriores, áreas verdes, avenidas, calles pavimentadas y sin pavimentar, casas, entre otros. De este modo, todo el polvo sedimentado vuelve a estar presente en el aire debido a los flujos turbulentos del viento (28).

Los contaminantes en partículas son diferentes física y químicamente, ya que están constituidos por una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas. Algunos de estos contaminantes resultan nocivos para la salud humana (11).

El interés por este contaminante se debe a dos causas importantes, una de ellas es la afectación del balance de la radiación terrestre y, la segunda, los efectos nocivos sobre la salud, debido a que estas partículas tienen la capacidad de ingresar al sistema respiratorio y por ende producir enfermedades cardiovasculares (11).

2.2.1.8. Parámetros meteorológicos

Los contaminantes del aire son emitidos por diversas fuentes y transportados por condiciones meteorológicas y topográficas. Por ende, factores meteorológicos como, la velocidad y dirección del viento. Humedad. Temperatura, radiación solar y precipitación, influyen en el estado de la calidad del aire y determinan condiciones de distribución y/o transporte. De esta forma, se altera la dilución y/o concentración de los contaminantes en diversos puntos evaluados (8).

El viento diluye y dispersa de forma rápida los contaminantes en el área circundante, por ello la velocidad del viento posee una gran capacidad para influir en la concentración de contaminantes en un área. Asimismo, la dirección del viento indica la zona hacia la que se pueden desplazar los contaminantes, mientras que la turbulencia influye en la acumulación de contaminantes (8).

La temperatura del aire y las variaciones de esta respecto a la altura, determina los movimientos de las masas del aire. Por lo que, se generan las condiciones de estabilidad o inestabilidad atmosféricas. Además, dichas variaciones verticales de temperatura del aire pueden dar lugar a situaciones de inversión térmica, lo que dificulta la dispersión de los contaminantes (8).

Las precipitaciones influyen en el lavado de los contaminantes, debido a que los arrastran hasta la superficie. Asimismo, las condiciones atmosféricas que poseen bajas presiones, acompañadas con precipitaciones, favorecen a la dispersión de contaminantes (8).

2.2.1.9. Dispersión de contaminantes en la atmósfera

La concentración y el movimiento de los contaminantes pueden variar en términos de espacio y tiempo, dependiendo de factores como las fuentes de contaminantes, las condiciones climáticas y el terreno circundante. La presencia del viento, que es causado por diferencias en la presión atmosférica, juega un papel

importante. Mayores velocidades del viento están asociadas con menores concentraciones de contaminantes. La estabilidad de la atmósfera, indicada por fenómenos como la inversión térmica, afecta los movimientos verticales del aire. Otros factores climáticos, como las lluvias, la temperatura del aire, las precipitaciones, la radiación solar y la humedad relativa, también son importantes para determinar el transporte y la dispersión de los contaminantes (26).

El transporte de contaminantes del aire está muy influenciado por estos fenómenos relacionados con el clima. Los movimientos verticales del aire, combinados con los vientos dominantes, ayudan a diluir y dispersar las partículas y los gases emitidos por diversas fuentes (26).

2.2.1.10. Bases legales

I. Normas legales nacionales

a. Constitución Política del Perú

“Artículo 2° - inciso 22: Establece que es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida” (28).

“Artículo 67° Indica que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales” (28).

b. Ley General del Ambiente – Ley N°28611

“Artículo 117° indica que el control de las emisiones se realiza a través de los límites máximos permisibles (LMP) y demás instrumentos de gestión ambiental establecidos por las autoridades competentes. Así mismo la infracción de los LMP es sancionada de acuerdo con las normas

correspondientes de cada autoridad sectorial competente” (28).

“Artículo 118° indica que las autoridades públicas, en el ejercicio de sus funciones y atribuciones, adoptan medidas para la prevención, vigilancia y control ambiental y epidemiológico, a fin de asegurar la conservación, mejoramiento y recuperación de la calidad del aire, según sea el caso, actuando prioritariamente en las zonas en las que se supere los niveles de alerta por la presencia de elementos contaminantes, debiendo aplicarse planes de contingencia para la prevención o mitigación de riesgos y daños sobre la salud y el ambiente” (28).

c. Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales – Ley N°2682

“Artículo 28° indica que los recursos naturales (Atmosfera) deben aprovecharse en forma sostenible. El aprovechamiento sostenible implica el manejo racional de los recursos naturales teniendo en cuenta su capacidad de renovación, evitando su sobreexplotación y reponiéndolos cualitativa y cuantitativamente, de ser el caso” (28).

d. Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales – Decreto Legislativo N°613

“Título Preliminar inciso I indica que toda persona tiene el derecho irrenunciable a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, y, asimismo, a la preservación del paisaje y la naturaleza. Todos tienen el deber de conservar dicho ambiente.

Es obligación del Estado mantener la calidad de la vida de las personas a un nivel compatible con la dignidad humana. Le corresponde prevenir y controlar la contaminación ambiental y cualquier proceso de deterioro o depredación de

los recursos naturales” (28).

e. Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos – DIGESA

“El protocolo está diseñado para proporcionar a los operadores del monitoreo de la calidad del aire, los principios básicos para la operación de una red de monitoreo de la calidad de aire de exteriores, para centros poblados en sus diferentes etapas, así como la gestión de los datos. Es una herramienta para el aseguramiento de la calidad para la operación y tratamiento de los datos generados, a disposición de los operadores de redes de monitoreo de la calidad del aire” (28).

II. Normas legales internacionales

Alrededor del mundo, existen países con una normativa vigente en cuanto a la calidad del aire, específicamente, para el material atmosférico sedimentable, como se muestra en la siguiente tabla (28).

Tabla 2 Normas legales internacionales respecto a polvo atmosférico sedimentable

PAÍS	LAPSO DE TIEMPO	CONCENTRACIÓN mg/cm ² /mes	TÉCNICA
México	1 mes (30 días)	1	Gravimetría
Chile	1 mes (30 días)	0.5	Gravimetría
Colombia	1 mes (30 días)	1	Gravimetría
Ecuador	1 mes (30 días)	1	Gravimetría
Costa Rica	1 mes (30 días)	1	Gravimetría
Suiza	1 mes (30 días)	0.6	Gravimetría
Argentina	1 mes (30 días)	1	Gravimetría

Fuente: (28)

2.2.1.11. Efectos de los contaminantes sobre la salud humana

La contaminación del aire es un problema grave que afecta la

salud humana debido a los contaminantes presentes que existen en nuestro medio, los cuales originan enfermedades. Por ello, es necesario la creación de políticas que ayuden a mitigar este problema con la organización de las actividades antrópicas que se desarrollan en la urbe y fuera de esta (22).

Tabla 3 Efectos de los contaminantes sobre la salud humana

Contaminante	Efectos sobre la salud
CO, CO ₂	Cefaleas, tensiones. Agotamiento, trastornos cardíacos, desmayos, disminución de la capacidad auditiva y visual.
Óxidos de nitrógeno y azufre (NO _x y SO _x)	Afecciones pulmonares, irritación de las vías respiratorias, riesgo de cáncer, disminución de las defensas antiinflamatorias en los pulmones.
Mercurio y dioxinas	Causa alteraciones en el desarrollo mental de los fetos y propicia enfermedades laborales en determinados sectores industriales.
Cadmio	Afecciones sanguíneas.
Polvo	Afecciones visuales, pulmonares y cardiovasculares.
PST; PM10, PM2.5	Estrechamiento de las vías respiratorias en personas con asma y molestias en el pecho.
Plomo	Disminución del coeficiente intelectual en niños y efectos cardiovasculares como la hipertensión.
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	Inflamación en los ojos, intoxicación y acumulación anormal de líquido en los pulmones.

Fuente: (22)

2.2.1.12. Efectos del material particulado sobre la salud humana

El material particulado representa una amenaza inminente para la salud humana, ya que su ingreso al organismo se produce mediante el sistema respiratorio, afectándolo directamente. La gravedad de dicha afectación depende de factores como la exposición, la toxicidad de las partículas y su capacidad de penetración, la cual está vinculada al tamaño de las mismas. El sistema respiratorio se subdivide en las regiones superior (cavidad nasal, faringe y tráquea) e inferior (bronquios y pulmones), cada una con características anatómicas específicas (11).

El estudio del material particulado se justifica por dos razones fundamentales (11):

- Perturbación del equilibrio de la radiación terrestre (11).
- Consecuencias perjudiciales para la salud humana, provocando el debilitamiento del sistema respiratorio y

cardiovascular, perturbación de los mecanismos de defensa del organismo frente a sustancias extrañas, lesiones en el tejido pulmonar, potencial carcinogénesis y aumento de la mortalidad prematura (11).

2.2.1.13. Método pasivo de muestreo de material particulado

Este método de muestreo se emplea para capturar un contaminante específico mediante el proceso de adsorción. La adsorción se produce al exponer la muestra durante un período específico, que puede oscilar desde una hora hasta varios meses o incluso un año. Posteriormente, la muestra expuesta se traslada al laboratorio, donde se lleva a cabo la desorción del contaminante para su posterior análisis cuantitativo mediante técnicas gravimétricas (12).

Hay varios dispositivos empleados para llevar a cabo muestreos pasivos, y se manifiestan en diversas formas y tamaños, mayormente adoptando la estructura de discos y/o tubos (12).

Asimismo, dicho método conlleva ventajas tales como, simplicidad y bajo costo. Sin embargo, conlleva desventajas tales como, no se puede utilizar para todos los contaminantes y sirven para dar valores referenciales gracias a su análisis en laboratorio (12).

2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación

2.2.2.1. Placas receptoras

La estrategia utilizada para recopilar y medir la masa de partículas se basa en el método de "Placas receptoras", el cual se caracteriza por ser un método pasivo (11).

Este procedimiento implica el uso de placas de vidrio recubiertas con un adherente, en este caso, se empleó vaselina, con el fin de recolectar partículas de polvo atmosférico sedimentable. Además, el tiempo de exposición varía de acuerdo a las condiciones del

estudio que se realizará, ya que puede ser de manera quincenal, mensual e incluso anual (28). Después de su exposición, las placas son llevadas a laboratorio donde se procede al pesaje de cada una de ellas, por ende, se halla la concentración gracias al peso inicial, peso final y el área de la placa utilizada (11).

2.2.2.2. Interpolación Kriging

Se hace alusión a un interpolador geoestadístico que puede ser aplicado mediante un software de SIG (Sistema de Información Geográfica). Este método, conocido como Kriging, funciona como un estimador lineal imparcial y posee dos propiedades esenciales: la tendencia de la suma de errores hacia cero y la minimización del cuadrado de las desviaciones. En Kriging, los factores de peso se determinan a través de un modelo de semi-variograma seleccionado por el usuario, basado en la salida de la operación de correlación espacial. La disposición de los puntos de entrada se calcula para minimizar el error de estimación en cada píxel de salida. El proceso de interpolación consta de dos etapas: en la primera, se cuantifica la estructura de los datos espaciales mediante el cálculo del semi-variograma empírico, y luego se obtiene el semi-variograma teórico mediante el ajuste del modelo de dependencia espacial. En la segunda etapa, se realiza la predicción (29).

Tabla 4 Tipos de Kriging y superficies que generan

Kriging y Cokriging	Predicciones	Errores típicos de la predicción	Mapas de cuantiles	Mapas de probabilidad	Errores típicos de los indicadores
Ordinario	X	X	X*	X*	
Universal	X	X	X*	X*	
Simple	X	X	X*	X*	
Indicador				X	X
Probabilidad				X	X
Disyuntivo	X ⁺	X ⁺		X ⁺	X ⁺

*Requiere la asunción de distribución multivariada normal

+Requiere la asunción de normalidad para los pares bivariados.

Fuente: (29)

2.2.2.3. IDW

IDW, ponderación inversa de la distancia (IDW), se trata de un modelo de interpolación espacial determinista. Asimismo, es uno de los métodos más utilizados por profesionales dedicados al estudio de la tierra debido a su simple uso en GIS y su simple interpretación. Este método relaciona los valores de cualquier par de puntos entre sí, sin embargo, esta similitud es inversamente proporcional a la distancia de separación de dichos puntos (14).

La ponderación inversa de la distancia (IDW) se refiere a modificar los valores por potencias constantes o parámetros de decaimiento, por otro lado, La distancia desempeña un papel crucial en la disminución de la fuerza en relación con el incremento de la distancia. De esta manera, se establecen relaciones de decrecimiento en función de las distancias dentro del área evaluada (14).

Al utilizar la validación cruzada para evaluar los resultados de varios estudios, se concluyó que el método IDW se comporta mejor que otros métodos, como el Kriging (14).

2.2.2.4. Cálculo de la concentración de material particulado

Para calcular la concentración de polvo atmosférico sedimentable, se emplea la fórmula (18):

$$PAS = \frac{(W_f - W_i)}{A \times T_e}$$

Donde:

- PAS: Polvo atmosférico sedimentable (mg/cm²/mes)
- W_f : Peso final de la placa de vidrio.
- W_i : Peso inicial de la placada de vidrio (con adherente)
- A: Área de la placa de vidrio.
- T_e : Tiempo de exposición (1 mes equivalente a 30 días).

2.3. Definición de términos

- Calidad del aire: La falta de acceso a un entorno bien ventilado y de calidad en el aire no solo implica un riesgo potencial, sino también la posibilidad de causar daño a la seguridad, la salud de las personas y al medio ambiente (30).
- Contaminación del aire: La contaminación del aire afecta negativamente a las personas mayores, incrementando el riesgo de padecer enfermedades cardíacas y pulmonares, tanto en ambientes exteriores como interiores (30).
- Concentración de una Sustancia en el Aire: La relación entre la masa o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen del aire en el que se encuentra (9).
- Partícula: Todo material, ya sea en estado sólido o líquido, que posea un diámetro menor a 500 micrómetros (μm) (26).
- Partículas primarias: Se liberan en forma de partículas durante la combustión de medios de transporte, el polvo de las calles, procesos de erosión, chimeneas, entre otros. Estas fuentes emiten directamente a la atmósfera (31).
- Partículas secundarias: Se originan a partir de reacciones químicas gaseosas (SO_2 , NO_x , COV y NH_3) que tienen lugar en la atmósfera, formando principalmente partículas de sulfatos y nitratos. Estas partículas tienen la capacidad de condensarse en formas muy pequeñas (31).
- Polvo atmosférico sedimentable (PAS): Se compone de partículas contaminantes sólidas con un diámetro menor a 100 micrómetros y mayor o igual a 10 micrómetros. Este tamaño y peso están influenciados por la fuerza gravitatoria terrestre, lo que provoca que sedimenten y se depositen como polvo en diversas superficies (20).
- Adsorción: Consiste en el fenómeno físico o químico en el cual átomos, iones o moléculas son capturados o retenidos en la superficie de un material (12).
- Absorción: Se refiere al proceso físico o químico en el cual átomos, iones o

moléculas migran de una fase inicial a otra, incorporándose en el volumen de la segunda fase (12).

- Gravimetría: Esta técnica consiste en la medición del peso, determinando la cantidad de material particulado en un volumen específico de aire. Se realiza restando el peso de un filtro limpio (peso inicial) al peso del filtro con el contaminante recolectado (peso final) (19).
- Monitoreo: Se refiere a la acción de observar o supervisar alguna actividad o cosa (22).
- Estación de monitoreo: Conjunto de dispositivos técnicos diseñados para medir simultáneamente la concentración de contaminantes en el aire, con el fin de evaluar la calidad del aire en una zona específica (20).
- Muestreo: Proceso o técnica utilizada en análisis estadísticos para recopilar información de una proporción representativa de una población, que posteriormente se someterá a análisis y ensayos (26).
- Estación de muestreo: Sitio físico designado para la instalación o implementación de un sistema de equipos o instrumentos destinados al muestreo periódico y/o no periódico, o al monitoreo continuo de la calidad del aire (22).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

En esta investigación, se utiliza un enfoque cuantitativo, dado que la validación de la hipótesis implica la recolección de datos obtenidos mediante mediciones numéricas (32). La concentración de polvo atmosférico sedimentable se determinará a través de la toma de muestras, que posteriormente se llevarán al laboratorio para su análisis estadístico.

3.1.2. Tipo de la investigación

Esta investigación se clasifica como descriptiva, ya que se focaliza en exponer las características de un fenómeno particular (32). En este contexto, se detalla la concentración de polvo atmosférico sedimentable en una vía pavimentada y otra sin pavimentar, empleando técnicas de muestreo y considerando información sobre variables meteorológicas.

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel exploratorio es el más apropiado para la presente investigación (32), ya que se buscó determinar la concentración de polvo atmosférico sedimentable en una zona de estudio donde no existen estudios previos hasta la fecha de análisis. Asimismo, la presente investigación servirá como antecedente para futuras investigaciones.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental, debido a que no se realizó la manipulación de las variables de estudio. Asimismo, la recolección de datos se realizó en diversos intervalos de tiempo. Por ende, la investigación es de corte longitudinal (32).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población en la presente investigación está representada por el volumen de aire monitoreado en la estación meteorológica Santa Ana (112083) en los meses de enero, febrero, marzo y abril.

3.3.2. Muestra

La muestra de la investigación se determinó de manera no probabilística, ya que fue elegido según los requerimientos técnicos y metodológicos del estudio. Por ende, se determinaron 9 puntos de muestreo en la vía pavimentada (A. Evitamiento – Calle Rossemberg) y 9 puntos de muestreo en la vía sin pavimentar (Av. Tahuantinsuyo – Av. Evitamiento), haciendo un total de 18 puntos de muestreo, los cuales se evaluaron durante los meses de enero, febrero, marzo y abril.



Figura 5 Puntos de muestreo
Fuente: Elaboración propia con ArcMap.

Tabla 5 Puntos de muestreo (Coordenadas UTM – WGS 84. Zona 18 L)

ESTACION	ESTE	NORTE
NP - 1	475081	8669686
NP - 2	475133	8669600
NP - 3	475232	8669468

NP - 4	475290	8669366
NP - 5	475411	8669226
NP - 6	475540	8669102
NP - 7	475569	8669044
NP - 8	475671	8668946
NP - 9	475763	8668878
P - 1	476027	8668646
P - 2	476164	8668526
P - 3	476269	8668424
P - 4	476335	8668318
P - 5	476444	8668142
P - 6	476515	8667980
P - 7	476550	8667910
P - 8	476596	8667808
P - 9	476705	8667576

NP: Tramo no pavimentado

P: Tramo pavimentado

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

En la recopilación de datos de este estudio, se emplearon tanto fuentes primarias como fuentes secundarias.

3.4.1.1. Fuentes primarias

Se recopiló información sobre la concentración de polvo atmosférico sedimentable mediante el monitoreo de 18 puntos ubicados en el tramo pavimentado (desde la Av. Evitamiento hasta la Calle Rossemberg) y en el tramo no pavimentado de la Av. Ferrocarril (desde la Av. Tahuantinsuyo hasta la Av. Evitamiento).

- Se aplicó el método de "Placas receptoras", empleando la gravimetría para determinar la concentración de polvo atmosférico sedimentable.
- La recolección de datos se llevó a cabo una vez al mes, cada 30 días calendario, durante 3 meses.
- Los puntos de monitoreo están georreferenciados para garantizar la precisión de la ubicación de cada punto.

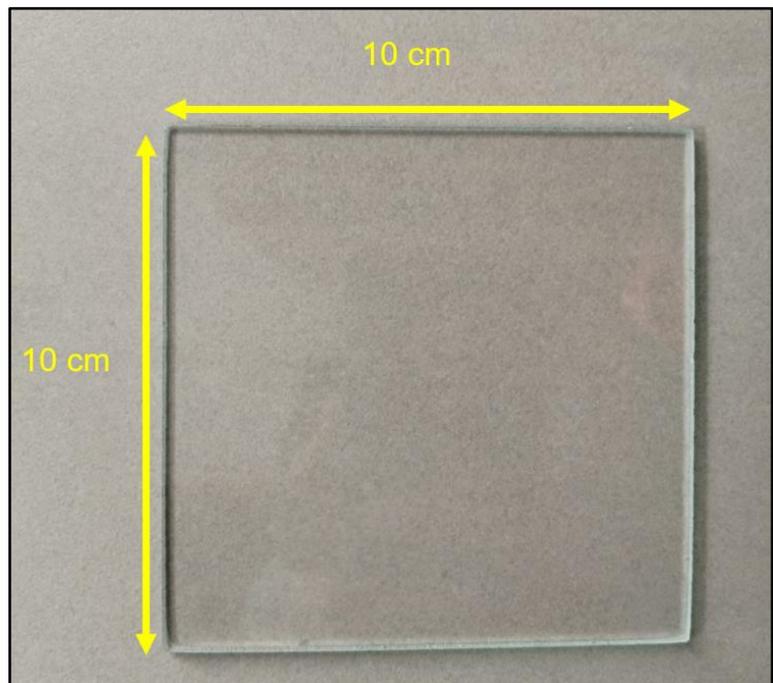
3.4.1.2. Fuentes secundarias

En la presente investigación se hizo uso de información adicional, tal como investigaciones, artículos, revistas y libros concernientes al tema de estudio. Asimismo, se requirió información meteorológica al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi para poder desarrollar los objetivos planteados. Todo ello servirá para desarrollar de manera eficiente el trabajo en cuestión.

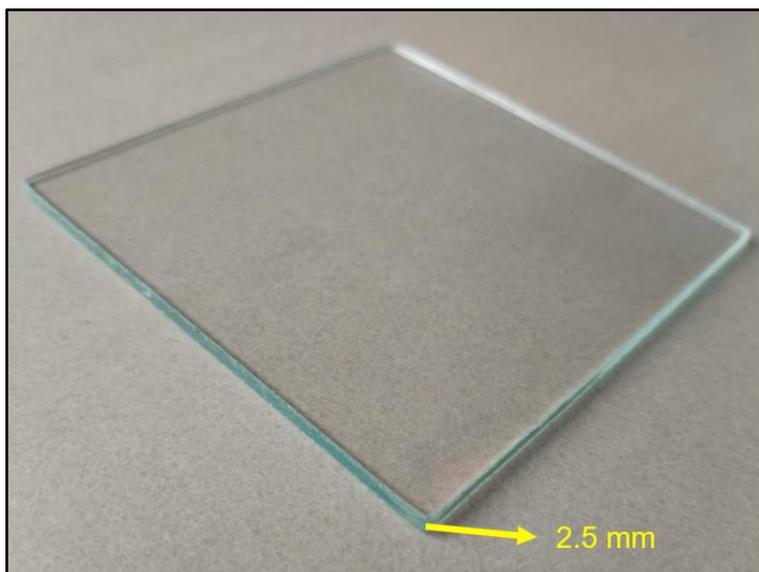
3.4.1.3. Recolección de datos de polvo atmosférico sedimentable

a. Procedimiento de preparación de las placas de vidrio

1. Se realizó la limpieza de las placas de vidrio. Las medidas de la placa de vidrio son de 10 cm x 10 cm y un espesor de 2.5 mm. Asimismo, las placas utilizadas fueron de color transparente.



Fotografía 1: Medidas de las placas de vidrio.



Fotografía 2: Medidas de las placas de vidrio.

2. Se colocó el adherente (vaselina) en toda la superficie de la placa de vidrio.



Fotografía 3: Colocación de adherente (vaselina) en la placa de vidrio.

3. Se realizó el pesaje de la placa de vidrio con el adherente (Peso inicial).



Fotografía 4: Pesaje de la placa de vidrio con el adherente (Peso inicial).

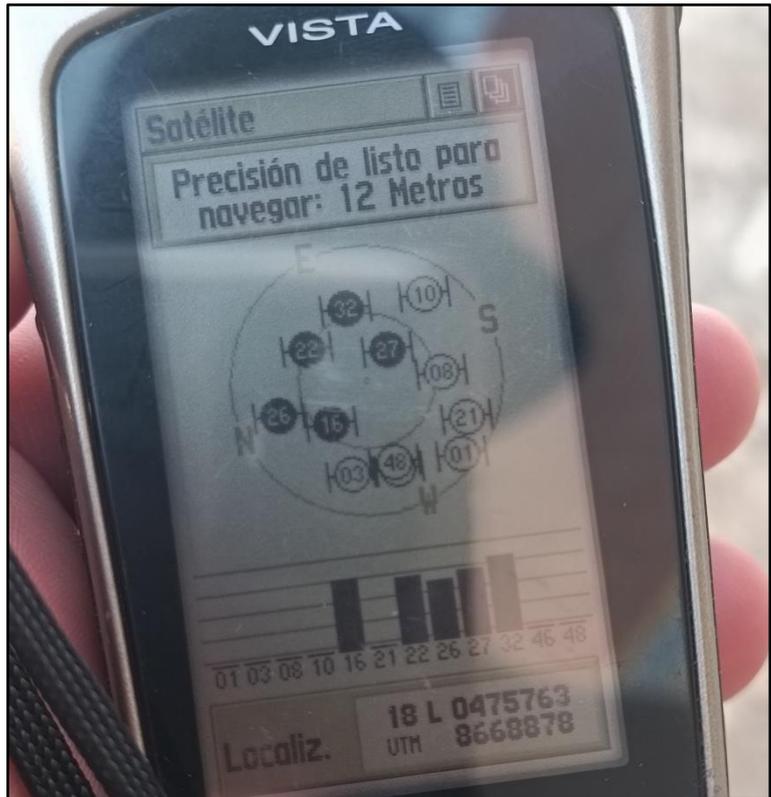
4. Se realizó la rotulación de las placas de vidrio, “Ax” para el tramo sin pavimentar y “Bx” para el tramo pavimentado.



Fotografía 5: Rotulado de las placas de vidrio con adherente.

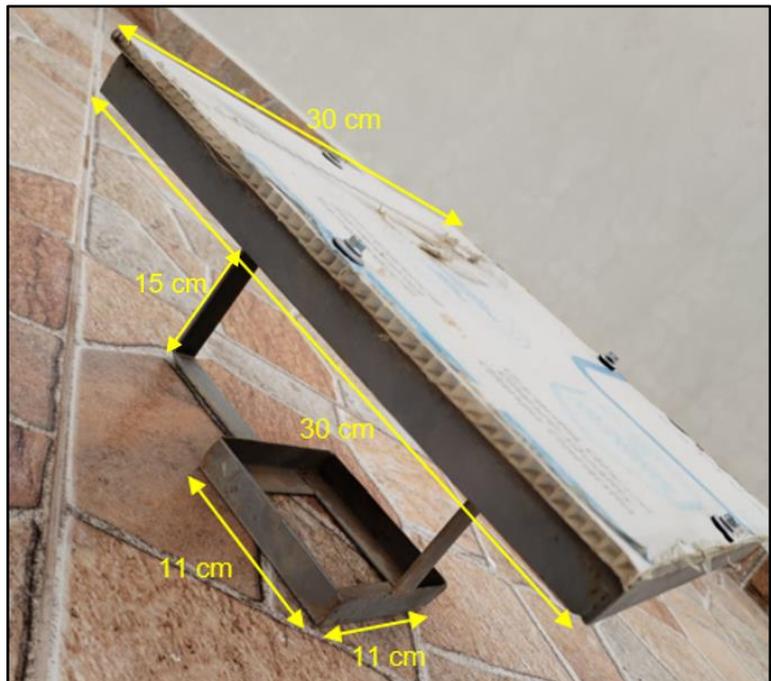
- b. Procedimiento de la toma de muestras

1. Se identificaron los puntos de monitoreo.



Fotografía 6: Identificación de puntos de monitoreo (Punto NP - 9).

2. Se fabricaron las estructuras metálicas para poder colocar las placas de vidrio, cabe recalcar que la fabricación de las estructuras metálicas se realizó con ángulos de acero de 2 cm x 2 cm y policarbonato.



Fotografía 7: Estructura metálica.

3. Se instalaron las estructuras metálicas y se colocaron las placas de vidrio. Cabe recalcar que las estructuras metálicas se instalaron a 3 metros sobre el suelo.



Fotografía 8: Instalación de estructura metálica y colocación de placa de vidrio (Punto NP - 9).

4. Se dejaron las placas de vidrio, con el adherente, expuestas al aire libre durante 1 mes (30 días calendarios).
5. Después de 1 mes (30 días calendarios) de exposición, se realizó el cambio de placas de vidrio.
6. Las placas de vidrio expuestas se llevaron a laboratorio y se realizó el análisis. El transporte de las placas de vidrio se realizó con un cooler.



Fotografía 9: Muestras llevadas a laboratorio para su respectivo análisis.

c. Procedimiento de análisis de las muestras

1. Se realizó la limpieza de las placas de vidrio, desechando insectos y/o residuos que no sean material particulado.



Fotografía 10: Verificación y limpieza de las placas de vidrio.

2. Se continuó con el pesaje, utilizando la balanza analítica, de cada placa de vidrio expuesta (Peso final).



Fotografía 11: Pesaje de las placas de vidrio expuestas (Peso final).

d. Procedimiento de cálculo de polvo atmosférico sedimentable (PAS)

1. Se determinó la concentración de polvo atmosférico sedimentable haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$PAS = \frac{(W_f - W_i)}{A \times T_e}$$

Donde:

- PAS: Polvo atmosférico sedimentable (mg/cm²/mes)
- W_f : Peso final de la placa de vidrio.
- W_i : Peso inicial de la placada de vidrio (con adherente)
- A: Área de la placa de vidrio (100cm²).
- T_e : Tiempo de exposición (1 mes).

3.4.2. Equipos e instrumentos de recolección de datos

3.4.2.1. Equipos

- 60 placas de vidrio
- 20 estructuras metálicas para la colocación de las placas de vidrio
- 3 cooler
- 1 GPS
- 1 cámara fotográfica
- 1 balanza analítica
- 1 Tablet
- 1 calculadora

3.4.2.2. Instrumentos

Los instrumentos de recolección fueron los siguientes:

- Se utilizó un formato de campo para registrar la ubicación de cada estación de monitoreo de Polvo Atmosférico Sedimentable.

	PUNTO	X	Y
3			
4	NP - 1	475081	8669686
5	NP - 2	475133	8669600
6	NP - 3	475232	8669468
7	NP - 4	475290	8669366
8	NP - 5	475411	8669226
9	NP - 6	475540	8669102
10	NP - 7	475569	8669044
11	NP - 8	475671	8668946
12	NP - 9	475763	8668878
13	P - 1	476027	8668646
14	P - 2	476164	8668526
15	P - 3	476269	8668424
16	P - 4	476335	8668318
17	P - 5	476444	8668142
18	P - 6	476515	8667980
19	P - 7	476550	8667910
20	P - 8	476596	8667808
21	P - 9	476705	8667576

Figura 6: Formato de campo (Ubicación de estaciones de monitoreo)

- Se implementó un formato de laboratorio para registrar los detalles de los puntos de monitoreo, los pesos y las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable.

MONITOREO 1 (ENERO - FEBRERO)									
ESTACION	X	Y	W1 (g)	W1 (mg)	W1 (g)	W1 (mg)	PESO (Wf - W1)	Área (cm ²)	CONCENTRACION (mg/cm ² mes)
NP-1	475081	8663686	78.0514	78051.4	78.0384	78038.4	47.00	100	0.470
NP-2	475133	8663600	76.6350	76635.0	76.6131	76613.1	38.30	100	0.383
NP-3	475232	8663468	74.7897	74789.7	74.8255	74825.5	164.80	100	1.648
NP-4	475230	8663366	74.1042	74104.2	74.2546	74254.6	150.40	100	1.504
NP-5	475411	8663226	75.1432	75143.2	75.2311	75231.1	87.90	100	0.879
NP-6	475540	8663102	75.3037	75303.7	75.3537	75353.7	44.00	100	0.440
NP-7	475563	8663044	74.7160	74716.0	74.5117	74511.7	201.70	100	2.017
NP-8	475671	8662846	76.3396	76339.6	76.6127	76612.7	274.10	100	2.741
NP-9	475763	8662878	75.8035	75803.5	76.3386	76338.6	535.10	100	5.351
P-1	476027	8662646	77.7533	77753.3	77.3625	77362.5	171.10	100	1.711
P-2	476164	8662526	78.3621	78362.1	78.7033	78703.3	341.20	100	3.412
P-3	476263	8662424	76.3813	76381.3	77.5076	77507.6	526.30	100	5.263
P-4	476335	8662318	76.6456	76645.6	76.8686	76868.6	223.00	100	2.230
P-5	476444	8662142	76.1628	76162.8	76.3018	76301.8	222.80	100	2.228
P-6	476515	8661980	77.8163	77816.3	78.0414	78041.4	222.50	100	2.225
P-7	476550	8661910	79.1502	79150.2	79.4040	79404.0	253.80	100	2.538
P-8	476596	8661808	78.6213	78621.3	78.7643	78764.3	142.40	100	1.424
P-9	476705	8661756	78.6396	78639.6	78.7832	78783.2	143.60	100	1.436

MONITOREO 1 (ENERO - FEBRERO)									
ESTACION	X	Y	W1 (g)	W1 (mg)	W1 (g)	W1 (mg)	PESO (Wf - W1)	Área (cm ²)	CONCENTRACION (mg/cm ² mes)
NP-1	475081	8663686	75.6381	75638.1	75.7218	75721.8	23.70	100	0.237
NP-2	475133	8663600	76.3245	76324.5	76.3511	76351.1	21.60	100	0.216
NP-3	475232	8663468	75.9350	75935.0	75.9273	75927.3	168.30	100	1.683
NP-4	475230	8663366	75.7832	75783.2	75.8101	75810.1	120.30	100	1.203
NP-5	475411	8663226	76.1026	76102.6	76.1878	76187.8	85.20	100	0.852
NP-6	475540	8663102	75.3645	75364.5	75.0257	75025.7	41.20	100	0.412
NP-7	475563	8663044	74.1324	74132.4	74.3447	74344.7	212.30	100	2.123
NP-8	475671	8662846	77.3113	77311.3	78.2402	78240.2	268.30	100	2.683
NP-9	475763	8662878	77.3627	77362.7	77.8452	77845.2	532.50	100	5.325
P-1	476027	8662646	75.9654	75965.4	75.9456	75945.6	209.10	100	2.091
P-2	476164	8662526	74.3312	74331.2	74.6203	74621.5	340.30	100	3.403
P-3	476263	8662424	75.0424	75042.4	75.5550	75557.3	531.90	100	5.319
P-4	476335	8662318	75.8124	75812.4	76.1115	76113.9	241.50	100	2.415
P-5	476444	8662142	75.7311	75731.1	75.9305	75930.5	226.30	100	2.263
P-6	476515	8661980	75.4534	75453.4	75.7276	75728.6	248.20	100	2.482
P-7	476550	8661910	75.7114	75711.4	76.0052	76005.7	276.30	100	2.763
P-8	476596	8661808	76.5301	76530.1	76.7121	76710.6	165.90	100	1.659
P-9	476705	8661756	77.2222	77222.2	77.3765	77376.5	147.50	100	1.475

MONITOREO 1 (ENERO - FEBRERO)									
ESTACION	X	Y	W1 (g)	W1 (mg)	W1 (g)	W1 (mg)	PESO (Wf - W1)	Área (cm ²)	CONCENTRACION (mg/cm ² mes)
NP-1	475081	8663686	77.2405	77240.5	77.5821	77582.1	43.00	100	0.430
NP-2	475133	8663600	76.3528	76352.8	76.3948	76443.2	45.20	100	0.452
NP-3	475232	8663468	75.4374	75437.4	75.6398	75639.8	178.10	100	1.781
NP-4	475230	8663366	75.2393	75239.3	75.4222	75422.2	163.70	100	1.637
NP-5	475411	8663226	76.3007	76300.7	76.3978	76397.8	39.00	100	0.390
NP-6	475540	8663102	76.5937	76593.7	76.6423	76685.5	45.90	100	0.459
NP-7	475563	8663044	75.3852	75385.2	74.3119	74311.9	234.60	100	2.346
NP-8	475671	8662846	75.3416	75341.6	76.3245	76324.5	283.40	100	2.834
NP-9	475763	8662878	77.4738	77473.8	78.0580	78058.0	530.50	100	5.305
P-1	476027	8662646	76.7293	76729.3	76.3452	76345.2	177.70	100	1.777
P-2	476164	8662526	75.3077	75307.7	75.6394	75639.3	342.30	100	3.423
P-3	476263	8662424	76.0101	76010.1	76.5556	76556.1	523.70	100	5.237
P-4	476335	8662318	77.0662	77066.2	77.3165	77316.5	266.40	100	2.664
P-5	476444	8662142	76.7407	76740.7	76.3778	76377.8	228.60	100	2.286
P-6	476515	8661980	76.3865	76386.5	76.6451	76645.1	284.50	100	2.845
P-7	476550	8661910	77.6040	77604.0	77.3155	77315.4	266.70	100	2.667
P-8	476596	8661808	76.8006	76800.6	77.0023	77002.3	135.10	100	1.351
P-9	476705	8661756	76.4616	76461.6	76.6123	76612.3	177.70	100	1.777

Figura 7: Formato de campo (Concentraciones de PAS)

3.5. Procedimientos de la investigación

3.5.1. Objetivos específicos

3.5.1.1 Primer objetivo específico

Determinar las diferencias de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

- Para el primer objetivo específico, se desarrolló la prueba t – student para muestras independientes:
 1. Desarrollar la prueba de normalidad para poder determinar la distribución de los datos evaluados (Cabe recalcar que la prueba de normalidad se realizó de manera individual por cada monitoreo y por cada tramo).
 2. Desarrollar la prueba de Levene de igualdad de varianzas.
 3. Desarrollar la prueba t – student para muestras independientes.
 4. Realizar la contrastación de hipótesis.

3.5.1.2 Segundo objetivo específico

Determinar si existen factores ambientales que tienen relación con la presencia de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo).

- Para el segundo objetivo específico, se desarrolló la prueba correlación:
 1. Desarrollar la prueba de normalidad para poder determinar la distribución de los datos evaluados (La prueba se desarrolló con los promedios de los datos y de manera individual, tanto para la temperatura, humedad y precipitación).
 2. Desarrollar la prueba de correlación de Pearson (La prueba se realizó utilizando el promedio de los datos de los parámetros meteorológicos, tanto temperatura, humedad y precipitación, y la concentración promedio de polvo atmosférico sedimentable en los 3 monitoreos realizados).
 3. Realizar la contrastación de hipótesis.

3.5.1.3 Tercer objetivo específico

Determinar si existe riesgo a la salud de la población aledaña, debido a las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable, al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

- Para el tercer objetivo específico, se desarrollaron mapas de predicción:
 1. Contrastar las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable con el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$)
 2. Desarrollar los mapas temáticos con el software ArcMap (Se emplearon 2 métodos, para poder contrastarlos, el método Kringing e IDW. Asimismo, se realizaron mapas por cada monitoreo)
 3. Realizar la contrastación de hipótesis.

3.5.2. Objetivo general

Determinar el impacto ambiental que genera el polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la calidad del aire en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril en el distrito de El Tambo.

- Para el objetivo general planteado, se desarrolló estadística descriptiva:
 1. Contrastar los datos de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable con el valor propuesto de la OMS de $0.5 \text{ mg/cm}^2/30$ (La comparación se desarrolló de forma individual, tanto para el tramo pavimentado y no pavimentado).
 2. Hacer uso de los mapas temáticos para determinar influencia que genera el polvo atmosférico sedimentable en la calidad del aire de la zona evaluada.
 3. Realizar la contrastación de hipótesis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

4.1.1. Concentración del material particulado

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable en el tramo pavimentado y sin pavimentar, que se detallan a continuación:

4.1.1.1. Monitoreo 1 Enero – Febrero (Tramo no pavimentado)

Tabla 6 Monitoreo 1 – Tramo no pavimentado

ESTACION	WPAS (mg)	AREA (cm²)	CONCENTRACION (mg/cm²/mes)
NP - 1	47.00	100	0.470
NP - 2	38.10	100	0.381
NP - 3	164.80	100	1.648
NP - 4	150.40	100	1.504
NP - 5	87.90	100	0.879
NP - 6	44.00	100	0.44
NP - 7	201.70	100	2.017
NP - 8	274.10	100	2.741
NP - 9	535.10	100	5.351

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 06, se evidencia que en el primer período de monitoreo (Enero - Febrero), en relación a las vías sin pavimentar, la estación NP - 9 exhibió la concentración más elevada de polvo atmosférico sedimentable, registrando un valor de 5.351 mg/cm²/mes. En contraste, la estación NP - 2 mostró la concentración más baja, con un valor de 0.381 mg/cm²/mes.

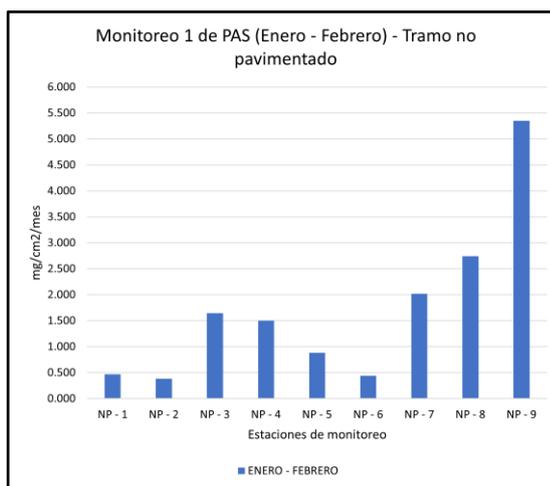


Figura 8 Monitoreo 1 – Tramo no pavimentado
Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.2. Monitoreo 1 Enero – Febrero (Tramo pavimentado)

Tabla 7 Monitoreo 1 - Tramo pavimentado

ESTACION	WPAS (mg)	AREA (cm ²)	CONCENTRACION (mg/cm ² /mes)
P - 1	171.10	100	1.711
P - 2	341.20	100	3.412
P - 3	526.30	100	5.263
P - 4	223.00	100	2.230
P - 5	222.80	100	2.228
P - 6	222.50	100	2.225
P - 7	253.80	100	2.538
P - 8	142.40	100	1.424
P - 9	143.60	100	1.436

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 07, durante el primer periodo de monitoreo (Enero - Febrero), en relación a las vías pavimentadas, se destaca que la estación P - 3 presentó la concentración más alta de polvo atmosférico sedimentable, registrando un valor de 5.263 mg/cm²/mes. En contraste, la estación P - 8 exhibió la concentración más baja, con un valor de 1.424 mg/cm²/mes.

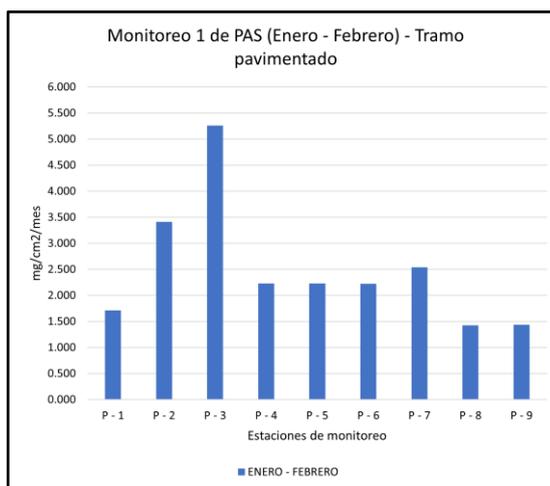


Figura 9 Monitoreo 1 - Tramo pavimentado
Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3. Monitoreo 2 Febrero – Marzo (Tramo no pavimentado)

Tabla 8 Monitoreo 2 - Tramo no pavimentado

ESTACION	WPAS (mg)	AREA (cm ²)	CONCENTRACION (mg/cm ² /mes)
NP - 1	29.70	100	0.297
NP - 2	26.60	100	0.266
NP - 3	168.90	100	1.689
NP - 4	120.90	100	1.209
NP - 5	85.20	100	0.852
NP - 6	41.20	100	0.412
NP - 7	212.30	100	2.123
NP - 8	268.90	100	2.689
NP - 9	532.50	100	5.325

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 08, durante el segundo periodo de monitoreo (Febrero - Marzo), en relación a las vías no pavimentadas, se observa que la estación NP – 9 exhibió la concentración más elevada de polvo atmosférico sedimentable, alcanzando un valor de 5.325 mg/cm²/mes. En contraste, la estación NP – 2 presentó la concentración más baja, registrando un valor de 0.266 mg/cm²/mes.

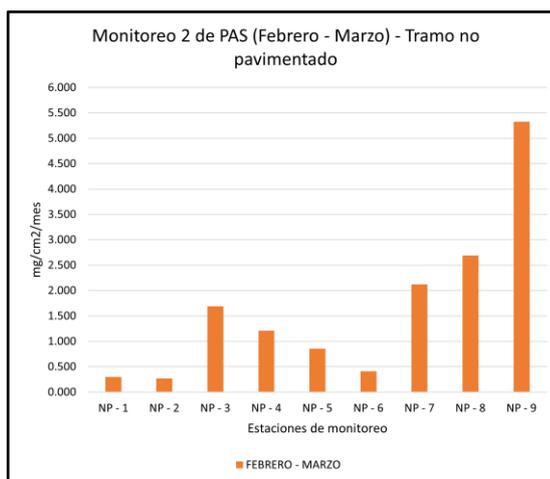


Figura 10 Monitoreo 2 – Tramo no pavimentado
Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.4. Monitoreo 2 Febrero – Marzo (Tramo pavimentado)

Tabla 9 Monitoreo 2 - Tramo pavimentado

ESTACION	WPAS (mg)	AREA (cm ²)	CONCENTRACION (mg/cm ² /mes)
P - 1	206.1	100	2.061
P - 2	340.3	100	3.403
P - 3	531.9	100	5.319
P - 4	241.5	100	2.415
P - 5	226.9	100	2.269
P - 6	249.2	100	2.492
P - 7	276.3	100	2.763
P - 8	165.9	100	1.659
P - 9	147.5	100	1.475

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 09, durante el segundo periodo de monitoreo (Febrero - Marzo), en relación a las vías pavimentadas, se destaca que la estación P – 3 presentó la concentración más alta de polvo atmosférico sedimentable, registrando un valor de 5.426 mg/cm²/mes. En contraste, la estación P – 9 exhibió la concentración más baja, con un valor de 1.543 mg/cm²/mes.

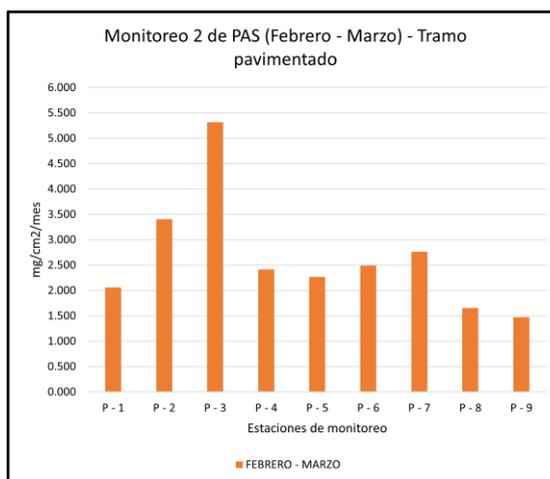


Figura 11 Monitoreo 2 - Tramo pavimentado
Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.5. Monitoreo 3 Marzo – Abril (Tramo no pavimentado)

Tabla 10 Monitoreo 3 - Tramo no pavimentado

ESTACION	WPAS (mg)	AREA (cm ²)	CONCENTRACION (mg/cm ² /mes)
NP - 1	48.00	100	0.480
NP - 2	45.20	100	0.452
NP - 3	178.10	100	1.781
NP - 4	163.70	100	1.637
NP - 5	99.00	100	0.990
NP - 6	45.90	100	0.459
NP - 7	234.60	100	2.346
NP - 8	288.40	100	2.884
NP - 9	590.50	100	5.905

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 10, durante el segundo periodo de monitoreo (Marzo - Abril), en relación a las vías no pavimentadas, se destaca que la estación NP – 9 presentó la concentración más elevada de polvo atmosférico sedimentable, registrando un valor de 5.905 mg/cm²/mes. En contraste, la estación NP – 2 exhibió la concentración más baja, con un valor de 0.452 mg/cm²/mes.

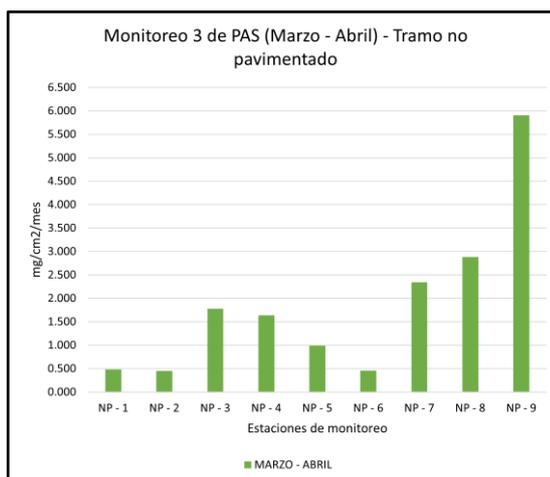


Figura 12 Monitoreo 3 - Tramo no pavimentado
Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.6. Monitoreo Marzo – Abril (Tramo pavimentado)

Tabla 11 Monitoreo 3 - Tramo pavimentado

ESTACION	WPAS (mg)	AREA (cm ²)	CONCENTRACION (mg/cm ² /mes)
P - 1	177.70	100	1.777
P - 2	342.30	100	3.423
P - 3	529.70	100	5.297
P - 4	266.40	100	2.664
P - 5	228.60	100	2.286
P - 6	284.50	100	2.845
P - 7	266.70	100	2.667
P - 8	195.10	100	1.951
P - 9	177.70	100	1.777

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 11, durante el segundo periodo de monitoreo (Marzo - Abril), en relación a las vías pavimentadas, se destaca que la estación P – 3 presentó la concentración más alta de polvo atmosférico sedimentable, registrando un valor de 5.297 mg/cm²/mes. En contraste, las estaciones P – 1 y P – 9 exhibieron la concentración más baja, ambas con un valor de 1.777 mg/cm²/mes.

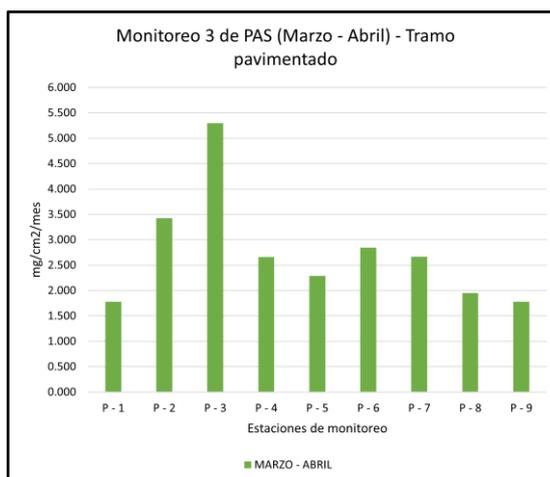


Figura 13 Monitoreo 3 - Tramo pavimentado
Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable

Tabla 12 Promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable

MESES DE MONITOREO	VIAS NO PAVIMENTADAS	VIAS PAVIMENTADAS
	CONCENTRACION (mg/cm ² /mes)	CONCENTRACION (mg/cm ² /mes)
ENERO – FEBRERO	1.715	2.496
FEBRERO – MARZO	1.651	2.651
MARZO – ABRIL	1.882	2.743

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 12, se destaca que la concentración mínima de polvo atmosférico sedimentable fue de 1.651 mg/cm²/mes, registrado en el segundo monitoreo (Febrero - Marzo) para vías no pavimentadas. En contraste, la concentración máxima alcanzó los 2.743 mg/cm²/mes durante el tercer monitoreo (Marzo - Abril) en el caso de vías pavimentadas.

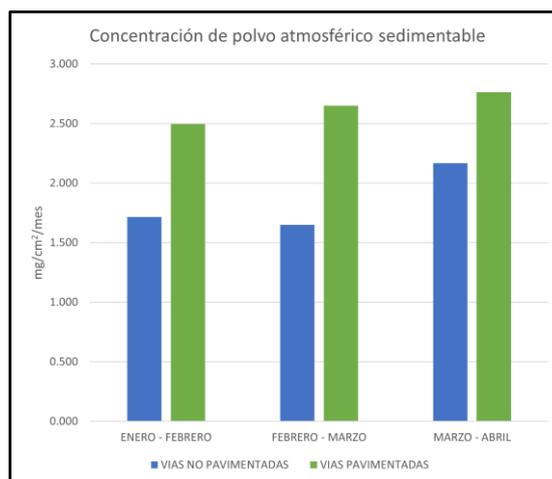


Figura 14 Promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Temperatura

Tabla 13 Promedio de la temperatura en los monitoreos realizados

ENERO - FEBRERO	T°	FEBRERO - MARZO	T°	MARZO - ABRIL	T°
1 (14 DE ENERO)	14.6	1 (12 DE FEBRERO)	11.8	1 (13 DE MARZO)	12.3
2	13.6	2	11.2	2	11.4
3	13.6	3	12	3	12.3
4	12.6	4	12.5	4	11.3
5	13.3	5	14.1	5	10.5
6	12.5	6	12.3	6	11.7
7	12.9	7	12.6	7	12.4
8	14.2	8	12.3	8	13.6
9	10.2	9	13.6	9	11.9
10	11	10	14.1	10	12.9
11	12.5	11	12.3	11	13
12	11.6	12	13	12	12.7
13	13.5	13	12.3	13	11
14	13.2	14	12.4	14	14.3
15	13.1	15	11.6	15	11.9
16	14.2	16	11.1	16	11.9
17	10.9	17	11.3	17	12.8
18	12.2	18	13.8	18	11.3
19	11.4	19	13.5	19	12.9
20	11.5	20	11.9	20	13.1
21	12	21	14.1	21	13.3
22	11.9	22	12.6	22	13.7
23	11.2	23	12.9	23	13.6
24	11.2	24	11.5	24	13.1
25	13.9	25	13.3	25	11.3
26	14.5	26	13.1	26	11.9
27	14.2	27	12.1	27	10.9
28	13.5	28	12.3	28	12.6
29	11	29	12.8	29	13.7
30 (12 DE FEBRERO)	11.8	30 (13 DE MARZO)	12.3	30 (11 DE ABRIL)	13.6
PROMEDIO	12.593	PROMEDIO	12.557	PROMEDIO	12.430

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 13 se observa el promedio de la temperatura durante los monitoreos realizados. Dando como valor 12.593; 12.557 y 12.430, para el primer, segundo y tercer monitoreo, respectivamente.

4.1.4. Humedad

Tabla 14 Promedio de la humedad en los monitoreos realizados

ENERO - FEBRERO	HUMEDAD	FEBRERO - MARZO	HUMEDAD	MARZO - ABRIL	HUMEDAD
1 (14 DE ENERO)	57	1 (12 DE FEBRERO)	93	1 (13 DE MARZO)	71
2	63	2	95	2	80
3	72	3	84	3	80
4	62	4	85	4	81
5	69	5	76	5	86
6	67	6	74	6	73
7	64	7	80	7	73
8	67	8	76	8	62
9	87	9	68	9	74
10	78	10	68	10	77
11	66	11	82	11	59
12	71	12	72	12	82
13	65	13	80	13	92
14	71	14	78	14	66
15	82	15	75	15	83
16	80	16	73	16	83
17	78	17	85	17	71
18	78	18	65	18	88
19	87	19	74	19	72
20	91	20	78	20	77
21	85	21	68	21	73
22	93	22	73	22	68
23	83	23	76	23	77
24	79	24	80	24	66
25	63	25	70	25	78
26	63	26	75	26	69
27	66	27	86	27	76
28	84	28	84	28	75
29	92	29	82	29	68
30 (12 DE FEBRERO)	93	30 (13 DE MARZO)	71	30 (11 DE ABRIL)	63
PROMEDIO	75.200	PROMEDIO	77.533	PROMEDIO	74.767

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 14 se observa el promedio de la humedad durante los monitoreos realizados. Dando como valor 75.200; 77.533 y 74.767, para el primer, segundo y tercer monitoreo, respectivamente.

4.1.5. Precipitación

Tabla 15 Promedio de la precipitación en los monitoreos realizados

ENERO - FEBRERO	PRECIPITACION	FEBRERO - MARZO	PRECIPITACION	MARZO - ABRIL	PRECIPITACION
------------------------	----------------------	------------------------	----------------------	----------------------	----------------------

1 (14 DE ENERO)	0	1 (12 DE FEBRERO)	3	1 (13 DE MARZO)	0
2	0	2	1.9	2	1.6
3	1.6	3	5.3	3	2.2
4	0	4	4	4	6.2
5	1.8	5	4.7	5	1.2
6	0	6	1.5	6	0
7	0	7	6.5	7	0
8	0	8	0.7	8	0
9	2	9	0	9	1.5
10	2.2	10	29.9	10	2.2
11	0.8	11	0.3	11	0
12	0.4	12	2.2	12	9.7
13	0	13	1.2	13	1
14	0	14	0	14	6
15	4.2	15	2.3	15	0.4
16	20.3	16	6.5	16	1
17	0	17	0.4	17	0
18	6	18	0	18	0
19	15.2	19	0	19	0
20	22.3	20	0.2	20	0
21	5.1	21	1.6	21	11.2
22	7.2	22	0	22	1.7
23	8.4	23	0	23	0
24	5.2	24	0	24	0
25	0	25	13.5	25	28.4
26	0	26	1	26	11.7
27	4.8	27	6.2	27	1
28	2.6	28	0.5	28	0
29	4.7	29	1.2	29	0
30 (12 DE FEBRERO)	3	30 (13 DE MARZO)	0	30 (11 DE ABRIL)	0
PROMEDIO	3.927	PROMEDIO	3.153	PROMEDIO	2.900

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 15 se observa el promedio de la precipitación durante los monitoreos realizados. Dando como valor 3.927; 3.153 y 2.900, para el primer, segundo y tercer monitoreo, respectivamente.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Hipótesis específicas

4.2.1.1 Primera hipótesis específica:

H_1 : Existe diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H_0 : No existe diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no

pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

- Prueba de normalidad:

Para contrastar la primera hipótesis específica, se requiere llevar a cabo la Prueba t de Student. No obstante, es imperativo realizar previamente una prueba de normalidad para evaluar la distribución de los datos recopilados en los monitoreos. En este sentido, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk, seleccionada debido al tamaño de la muestra, que es inferior a 50. El análisis se llevó a cabo con un nivel de confianza del 95%, lo que equivale a un nivel de significancia (α) del 0.05, es decir, el 5%.

En la prueba de normalidad, se consideraron las siguientes hipótesis:

H_0 : Los datos de la variable siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos de la variable no siguen una distribución normal.

Es esencial resaltar que la evaluación de las hipótesis se fundamenta en el valor de significancia estadística (Sig.). Si dicho valor es igual o superior a la significancia establecida (Sig. \geq 0.05), se procede a aceptar la hipótesis nula. En cambio, si el valor de Sig. es inferior al nivel de significancia (Sig. $<$ 0.05), se procede a aceptar la hipótesis alternativa.

Los resultados del análisis estadístico se detallan en la Tabla N° 16.

Tabla 16 Prueba de normalidad de la primera hipótesis específica

	TRAMO	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
CONCENTRACION ENERO FEBRERO	NO PAVIMENTADO	0.911	9	0.326
	PAVIMENTADO	0.869	9	0.121
CONCENTRACION FEBRERO MARZO	NO PAVIMENTADO	0.930	9	0.484
	PAVIMENTADO	0.904	9	0.276
CONCENTRACION	NO PAVIMENTADO	0.922	9	0.255

MARZO ABRIL	PAVIMENTADO	0.927	9	0.126
-------------	-------------	-------	---	-------

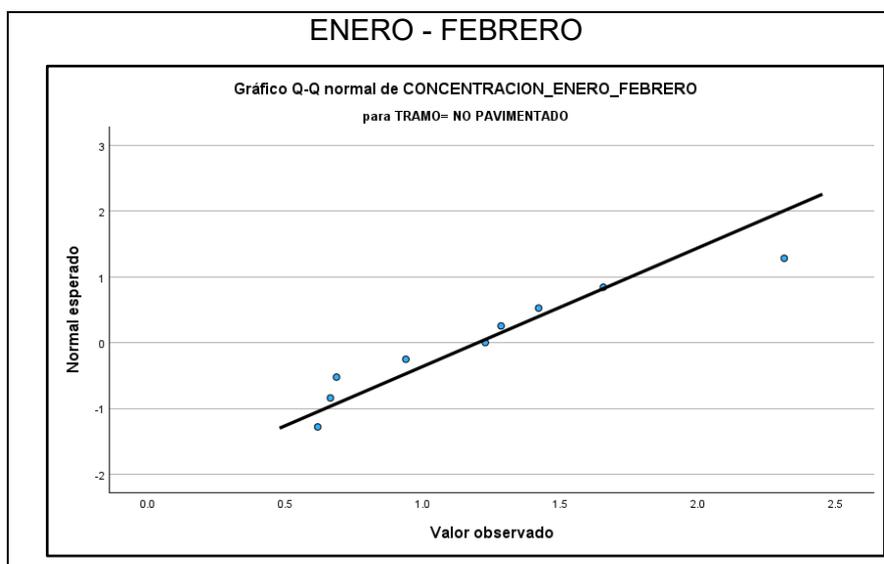
Fuente: Elaboración propia con SPSS.

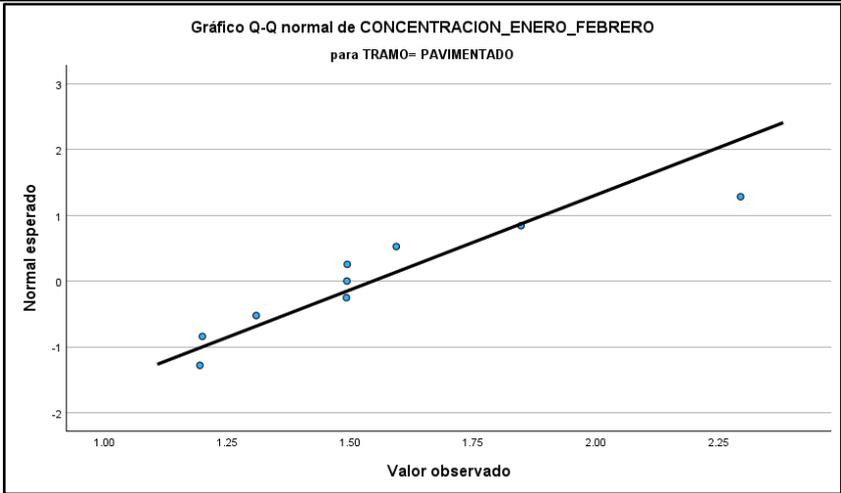
La concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el tramo no pavimentado durante Enero – Febrero tiene un valor de significancia (Sig.) de 0.326, mientras que en el tramo pavimentado es de 0.121. Dado que estos valores son mayores al nivel de significancia (0.05), se acepta la hipótesis nula, sugiriendo que los datos siguen una distribución normal.

Asimismo, la concentración de PAS de Febrero - Marzo en el tramo no pavimentado presenta un Sig. de 0.484, y en el tramo pavimentado es de 0.276. Al ser estos valores mayores al nivel de significancia, se acepta nuevamente la hipótesis nula, indicando una distribución normal de los datos.

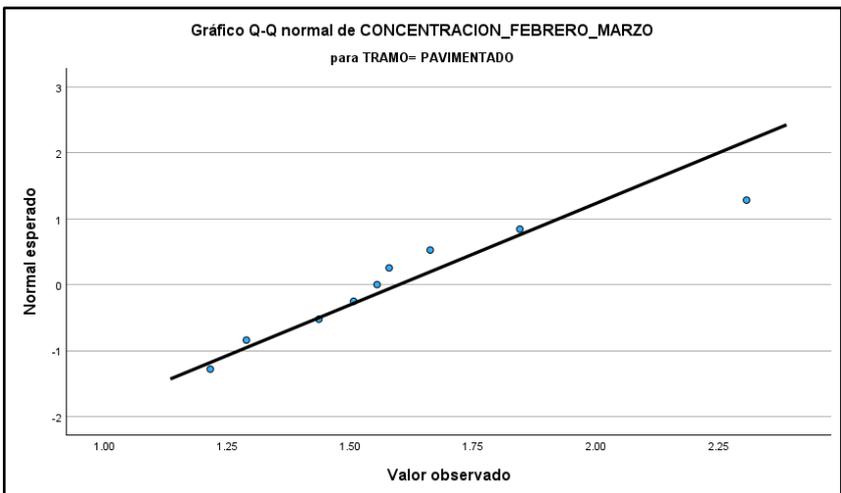
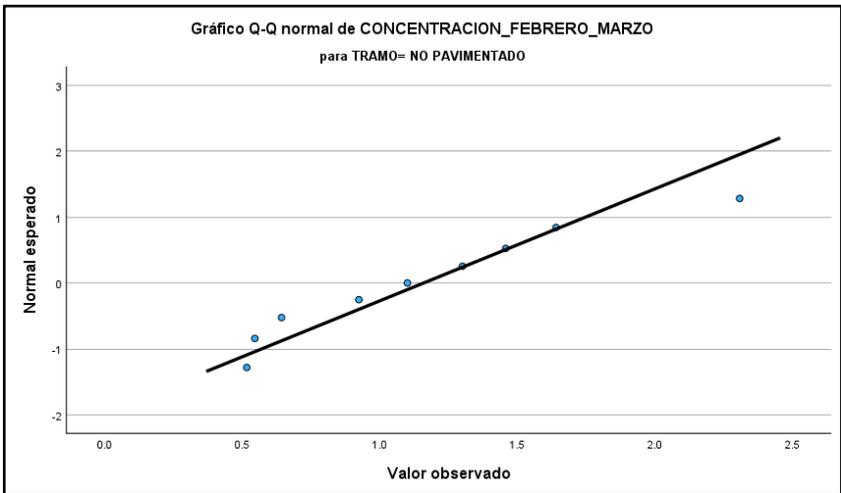
En el caso de la concentración de PAS durante Marzo – Abril, tanto en el tramo no pavimentado (Sig. = 0.255) como en el pavimento (Sig. = 0.126), al ser mayores al nivel de significancia, se concluye que los datos tienen una distribución normal.

Para respaldar lo anterior, se realizaron gráficos Cuantil-Cuantil, presentados en la figura 15.





FEBRERO – MARZO



MARZO – ABRIL

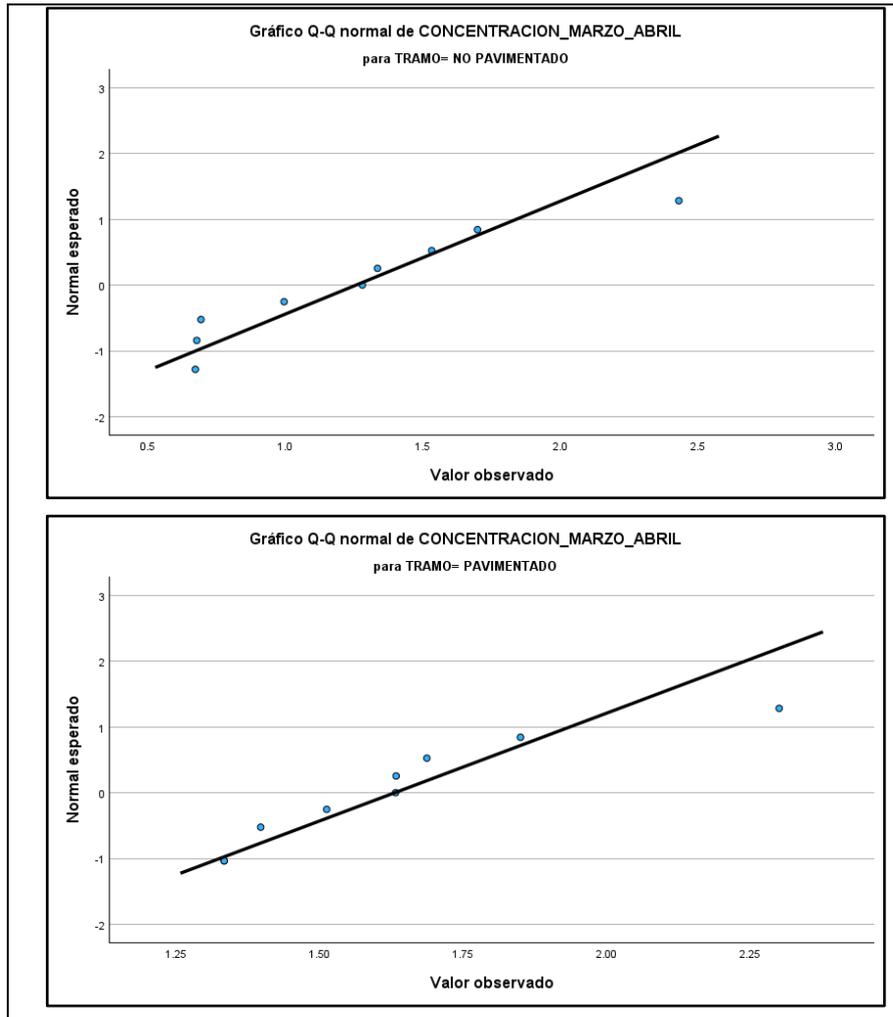


Figura 15 Gráficos Cuantil - Cuantil de la primera hipótesis específica
Fuente: elaboración propia con SPSS.

- Igualdad de varianzas:

Del mismo modo que la prueba de normalidad, la prueba de igualdad de varianzas también es necesaria para desarrollar la prueba t – student. Por ende, se desarrolló la prueba de igualdad de varianzas con un nivel de confianza del 95 %.

Para la prueba de Igualdad de varianzas se tomó en cuenta las siguientes hipótesis:

H_0 : Los datos poseen varianzas iguales.

H_1 : Los datos no poseen varianzas iguales.

Sig. ≥ 0.05 (Se acepta H_0)

Sig. < 0.05 (Se acepta H_1)

Los resultados después del análisis estadístico se presentan en la tabla N° 14.

Tabla 17 Prueba de igualdad de varianzas de la primera hipótesis específica

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
		F	Sig.
CONCENTRACION_ ENERO_FEBRERO	Se asumen varianzas iguales	1.763	0.203
	No se asumen varianzas iguales		
CONCENTRACION_ FEBRERO_MARZO	Se asumen varianzas iguales	3.121	0.096
	No se asumen varianzas iguales		
CONCENTRACION_ MARZO_ABRIL	Se asumen varianzas iguales	2.952	0.105
	No se asumen varianzas iguales		

Fuente: Elaboración propia con SPSS.

La concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) de Enero – Febrero presenta un Sig. de 0.203. Por ende, al ser mayor al nivel de significancia (0.05), se acepta la hipótesis nula, por lo cual, se infiere que los datos poseen varianzas iguales.

La concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) de Febrero - Marzo presenta un Sig. de 0.096. Por ende, al ser mayor al nivel de significancia (0.05), se acepta la hipótesis nula, por lo cual, se infiere que los datos poseen varianzas iguales.

La concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) de Marzo - Abril presenta un Sig. de 0.105. Por ende, al ser mayor al nivel de significancia, se acepta la hipótesis nula, por lo cual, se infiere que los datos poseen varianzas iguales.

- Prueba t – student para muestras independientes:

Al desarrollar la prueba de normalidad y la prueba de igualdad de varianzas, se desarrolló la prueba t – student para muestras independientes con un nivel de confianza del 95 % para poder corroborar la hipótesis específica 1.

H₀: No existe diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H₁: Existe diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

Sig. \geq 0.05 (Se acepta H₀)

Sig. $<$ 0.05 (Se acepta H₁)

Los resultados del análisis estadístico se detallan en la Tabla N° 18.

Tabla 18 Prueba t – student para muestras independientes de la primera hipótesis específica

		prueba t para la igualdad de medias
		P de un factor
CONCENTRACION_ ENERO_FEBRERO	Se asumen varianzas iguales	0.066
	No se asumen varianzas iguales	0.068
CONCENTRACION_ FEBRERO_MARZO	Se asumen varianzas iguales	0.034
	No se asumen varianzas iguales	0.036
CONCENTRACION_ MARZO_ABRIL	Se asumen varianzas iguales	0.054
	No se asumen varianzas iguales	0.057

Fuente: Elaboración propia con SPSS.

- Contrastación de hipótesis:

La concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) de Enero – Febrero presenta un Sig. de 0.066. Por ende, al ser mayor al nivel de significancia (0.05), se acepta la hipótesis nula, por lo cual, se infiere que no existe diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

La concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) de Febrero - Marzo presenta un Sig. de 0.034. Por ende, al ser menor al nivel de significancia (0.05), se acepta la hipótesis alterna, por lo cual, se infiere que existe diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

La concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) de Marzo - Abril presenta un Sig. de 0.054. Por ende, al ser mayor al nivel de significancia (0.05), se acepta la hipótesis nula, por lo cual, se infiere que no existe diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

4.2.1.2 Segunda hipótesis específica:

Temperatura:

H_0 : No existe una relación significativa entre el promedio de la temperatura y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H_1 : Existe una relación significativa entre el promedio de la temperatura y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

Humedad:

H_0 : No existe una relación significativa entre el promedio de la humedad y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H_1 : Existe una relación significativa entre el promedio de la humedad y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

Precipitación:

H_0 : No existe una relación significativa entre el promedio de la precipitación y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H_1 : Existe una relación significativa entre el promedio de la precipitación y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

- Prueba de normalidad:

Para contrastar la segunda hipótesis específica, se debe llevar a cabo una prueba de correlación. No obstante, antes de realizar dicha prueba, es necesario realizar una evaluación de la normalidad de los datos obtenidos en los monitoreos, tanto para las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) como para los promedios de los valores de temperatura, humedad y precipitación. Con este propósito, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, seleccionada debido al tamaño de la muestra, que es inferior a 50. El análisis se llevó a cabo con un nivel de confianza del 95%, lo que equivale a un nivel de significancia (α) del 0.05, es decir, el 5%.

En la prueba de normalidad, se consideraron las siguientes hipótesis:

H_0 : Los datos de la variable siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos de la variable no siguen una distribución normal.

Sig. ≥ 0.05 (Se acepta H_0)

Sig. < 0.05 (Se acepta H_1)

Los resultados del análisis estadístico se detallan en la Tabla N° 19.

Tabla 19 Prueba de normalidad para la segunda hipótesis específica

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CONCENTRACION PROMEDIO TRAMO NO PAVIMENTADO	0,841	3	0,519
CONCENTRACION PROMEDIO TRAMO PAVIMENTADO	0,992	3	0,721
T° PROMEDIO	0,906	3	0,404
HUMEDAD PROMEDIO	0,864	3	0,279
PRECIPITACIÓN PROMEDIO	0,921	3	0,456

Fuente: Elaboración propia con SPSS.

La concentración promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el tramo no pavimentado muestra un valor de significancia (Sig.) de 0.519. Dado que este valor es mayor al nivel de significancia establecido (0.05), se acepta la hipótesis nula, sugiriendo que los datos tienen una distribución normal.

La concentración promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado muestra un valor de significancia (Sig.) de 0.721. Dado que este valor es mayor al nivel de significancia establecido (0.05), se acepta la hipótesis nula, lo que sugiere que los datos poseen una distribución normal.

La temperatura promedio tiene un valor de significancia (Sig.) de 0.404, lo cual supera el nivel de significancia establecido (0.05). En consecuencia, se acepta la hipótesis nula, sugiriendo que los datos exhiben una distribución normal.

Asimismo, la humedad promedio presenta un Sig. de 0.279, que es mayor que el nivel de significancia (0.05), llevando a la aceptación de la hipótesis nula y concluyendo que los datos tienen una distribución normal.

En relación con la precipitación promedio, su valor de Sig. es

0.456, también superior al nivel de significancia (0.05), lo que conduce a la aceptación de la hipótesis nula y a la inferencia de que los datos poseen una distribución normal.

- Prueba de correlación:

Una vez confirmada la distribución normal de todas las variables, se procedió a realizar la prueba de correlación de Pearson, la cual es una prueba paramétrica.

H_0 : No existe relación significativa entre el factor meteorológico y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H_1 : Existe relación significativa entre el factor meteorológico y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

Sig. ≥ 0.05 (Se acepta H_0)

Sig. < 0.05 (Se acepta H_1)

Los resultados se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 20 Prueba de correlación (Tramo no pavimentado) para la segunda hipótesis específica

		Correlaciones
		CONCENTRACION PROMEDIO TRAMO NO PAVIMENTADO
CONCENTRACION PROMEDIO TRAMO NO PAVIMENTADO	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	
	N	3
T° PROMEDIO	Correlación de Pearson	-0,885
	Sig. (bilateral)	0,308
	N	3
HUMEDAD PROMEDIO	Correlación de Pearson	-0,808
	Sig. (bilateral)	0,401
	N	3
PRECIPITACION PROMEDIO	Correlación de Pearson	-0,471
	Sig. (bilateral)	0,688
	Correlación de Pearson	1

Fuente: Elaboración propia con SPSS.

- Contrastación de hipótesis:

En cuanto a la temperatura promedio y el promedio de las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el tramo no pavimentado, el valor de significancia (Sig.) es 0.308, lo cual es mayor al nivel de significancia (0.05). Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que no hay una relación significativa entre el promedio de la temperatura y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo no pavimentado de la Av. Ferrocarril en el distrito de El Tambo. Además, el coeficiente de correlación de Pearson es - 0.885, señalando una correlación negativa fuerte.

En relación a la humedad promedio y el promedio de las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el tramo no pavimentado, el valor de significancia (Sig.) es 0.401, lo cual supera el nivel de significancia (0.05). Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que no hay una relación significativa entre el promedio de la humedad y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo no pavimentado de la Av. Ferrocarril en el distrito de El Tambo. Además, el coeficiente de correlación de Pearson es - 0.808, señalando una correlación negativa fuerte.

Respecto a la precipitación promedio y el promedio de las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el tramo no pavimentado, el valor de significancia (Sig.) es 0.688, superando el nivel de significancia (0.05). Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que no hay una relación significativa entre el promedio de la precipitación y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo no pavimentado de la Av. Ferrocarril en el distrito de El Tambo. Además, el coeficiente de correlación de Pearson es - 0.471, sugiriendo una correlación negativa moderada.

Tabla 21 Prueba de correlación (Tramo pavimentado) para la segunda hipótesis

específica

		Correlaciones
		CONCENTRACION PROMEDIO TRAMO PAVIMENTADO
CONCENTRACION PROMEDIO TRAMO PAVIMENTADO	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	
	N	3
T° PROMEDIO	Correlación de Pearson	-0,897
	Sig. (bilateral)	0,292
	N	3
HUMEDAD PROMEDIO	Correlación de Pearson	0,000
	Sig. (bilateral)	1,000
	N	3
PRECIPITACION PROMEDIO	Correlación de Pearson	-0,990
	Sig. (bilateral)	0,088
	Correlación de Pearson	3

Fuente: Elaboración propia con SPSS.

- Contrastación de hipótesis:

La temperatura promedio y el promedio de las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado presenta un Sig. de 0.292. Por ende, al ser mayor al nivel de significancia (0.05), se acepta la hipótesis nula, por lo cual, se infiere que no existe una relación significativa entre el promedio de la temperatura y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson presenta un valor de -0.897, por lo que se infiere que existe una correlación negativa fuerte.

La humedad promedio y el promedio de las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado presenta un Sig. de 1.000. Por ende, al ser mayor al nivel de significancia (0.05), se acepta la hipótesis nula, por lo cual, se infiere que no existe una relación significativa entre el promedio de la humedad y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson presenta un valor de 0, por lo que se infiere que existe una correlación nula.

La precipitación promedio y el promedio de las concentraciones

de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado presenta un Sig. de 0.088. Por ende, al ser mayor al nivel de significancia (0.05), se acepta la hipótesis nula, por lo cual, se infiere que no existe una relación significativa entre el promedio de la precipitación y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson presenta un valor de -0.990, por lo que se infiere que existe una correlación negativa fuerte.

4.2.1.3 Tercera hipótesis específica:

H₀: No existe riesgo a la salud de la población aledaña al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

H₁: Existe riesgo a la salud de la población aledaña al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

- Concentración de polvo atmosférico sedimentable:

En primer lugar, para poder corroborar la tercera hipótesis específica, se utilizaron las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable y el valor guía de la OMS, para poder elaborar mapas de predicción.

Tabla 22 Concentraciones de PAS de los monitoreos realizados - Valor guía de la OMS

ESTACION	MONITOREO 1 (mg/cm ² /mes)	MONITOREO 2 (mg/cm ² /mes)	MONITOREO 3 (mg/cm ² /mes)	VALOR OMS (mg/cm ² /mes)
NP - 1	0.470	0.297	0.480	0.500
NP - 2	0.381	0.266	0.452	0.500
NP - 3	1.648	1.689	1.781	0.500
NP - 4	1.504	1.209	1.637	0.500
NP - 5	0.879	0.852	0.990	0.500
NP - 6	0.440	0.412	0.459	0.500
NP - 7	2.017	2.123	2.346	0.500
NP - 8	2.741	2.689	2.884	0.500
NP - 9	5.351	5.325	5.905	0.500
P - 1	1.711	2.061	1.777	0.500
P - 2	3.412	3.403	3.423	0.500
P - 3	5.263	5.319	5.297	0.500

P - 4	2.230	2.415	2.664	0.500
P - 5	2.228	2.269	2.286	0.500
P - 6	2.225	2.492	2.845	0.500
P - 7	2.538	2.763	2.667	0.500
P - 8	1.424	1.659	1.951	0.500
P - 9	1.436	1.475	1.777	0.500

Fuente: Elaboración propia

- Mapas de predicción:

Se elaboraron mapas con el método Kriging e IDW, tal como se muestra a continuación:

a) Método Kriging

En primer lugar, se observa el mapa de dispersión mediante el método Kriging, el cual nos permite visualizar las concentraciones en toda la grilla propuesta inicialmente y poder completar los puntos no monitoreados. Sin embargo, en este método se aprecia una imagen pixeleada.

b) Método IDW

Por otro lado, se observa el mapa de dispersión mediante el método IDW, el cual nos permite visualizar las concentraciones en toda la grilla propuesta inicialmente y poder completar los puntos no monitoreados. Asimismo, en este método se aprecia una imagen vectorizada, con límites más suavizados.

• MONITOREO 1 (ENERO – FEBRERO)

a) Método Kriging

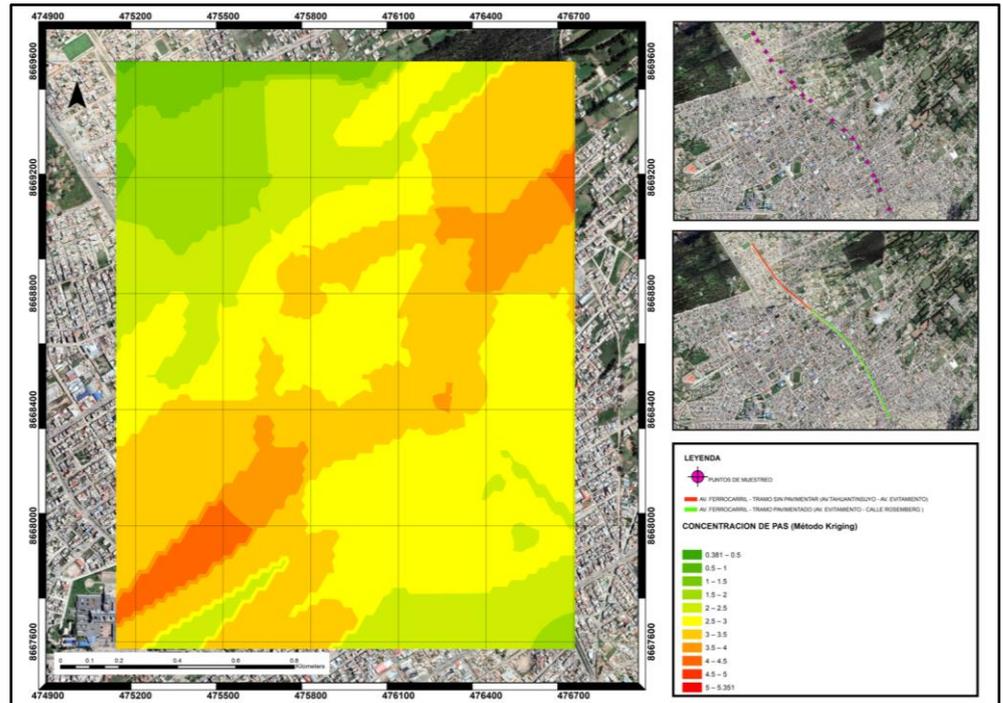


Figura 16 Mapa de dispersión 1 Monitoreo 1 (Método Kriging)
Fuente: Elaboración propia.

En el mapa de dispersión, se observa que la mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) se encuentra en la esquina superior derecha, parte central y esquina inferior izquierda, por ende, se puede inferir que hay zonas donde existe riesgo a la salud de la población aledaña a la zona de estudio, ya que estos valores superan el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$).



Figura 17 Mapa de dispersión 2 Monitoreo 1 (Método Kriging)
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, al realizar un análisis puntual teniendo en cuenta solo el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), se observa que todo el mapa de dispersión presenta un color rojo. Por ende, se puede inferir que existe riesgo a la salud de toda la población aledaña a la zona de estudio, ya que la concentración en todos los puntos supera el valor guía de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$.

b) Método IDW

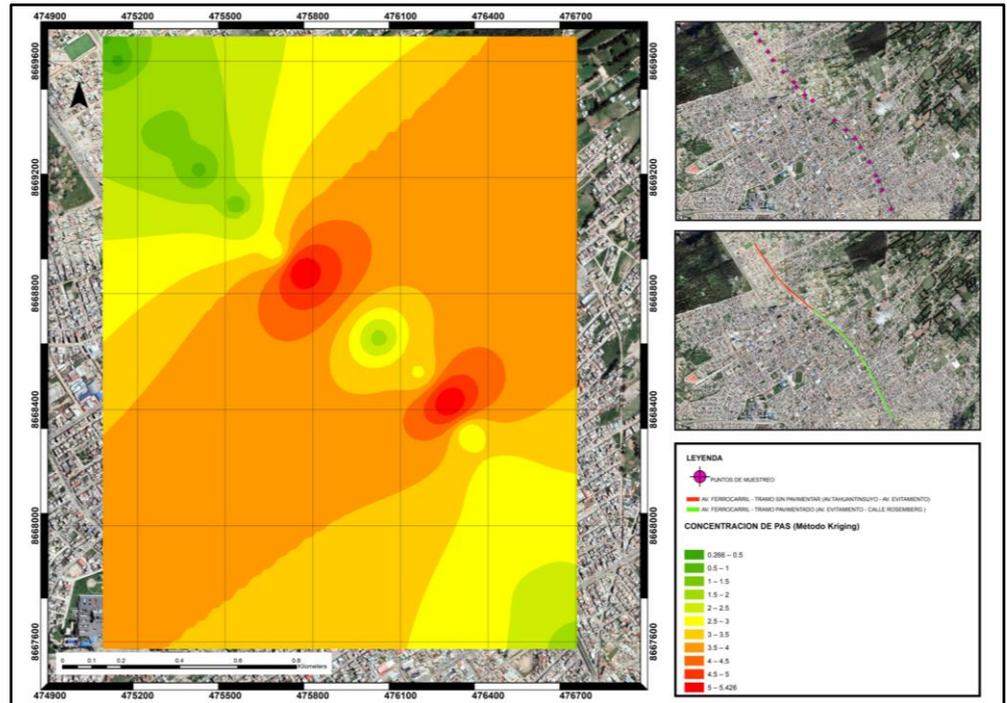


Figura 18 Mapa de dispersión 3 Monitoreo 1 (Método IDW)
Fuente: Elaboración propia.

En el mapa de dispersión, al igual que en el método Kriging, se observa que la mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable se encuentra en la esquina superior derecha, parte central y esquina inferior izquierda, por ende, se puede inferir que hay zonas donde existe riesgo a la salud de la población aledaña a la zona de estudio, ya que estos valores superan el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$).

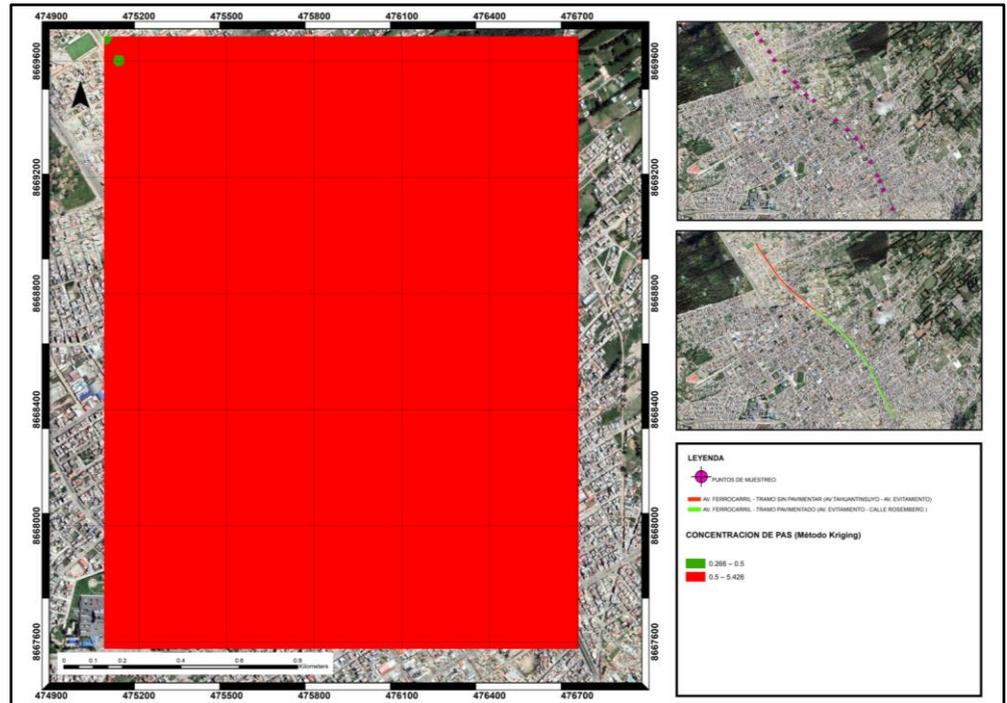


Figura 19 Mapa de dispersión 4 Monitoreo 1 (Método IDW)
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, al realizar un análisis puntual teniendo en cuenta solo el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), se observa que gran parte del mapa de dispersión presenta un color rojo. Por ende, se puede inferir que existe riesgo a la salud de toda la población aledaña a la zona de estudio, con excepción de la esquina superior izquierda donde la concentración de polvo atmosférico sedimentable no excede el valor guía de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$.

- Contrastación de hipótesis:

De acuerdo a la estadística descriptiva presentada y la elaboración de los mapas de dispersión, se acepta la hipótesis alterna, por lo cual se puede inferir que existe riesgo a la salud de la población aledaña al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

• MONITOREO 2 (FEBRERO – MARZO)

a) Método Kriging

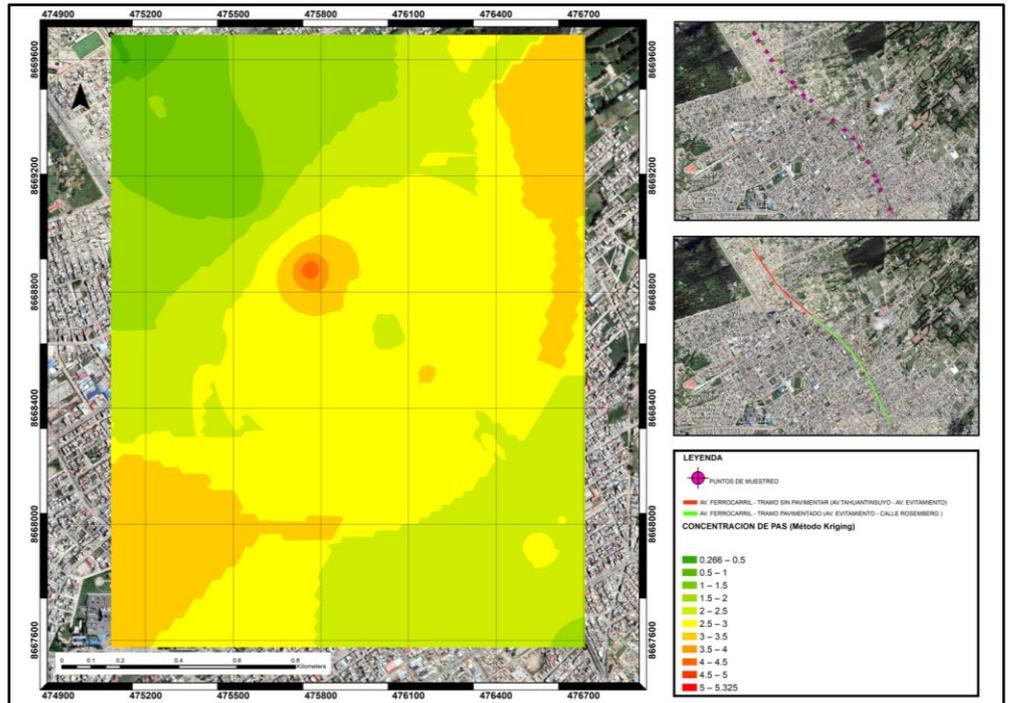


Figura 20 Mapa de dispersión 1 Monitoreo 2 (Método Kriging)
Fuente: Elaboración propia.

En el mapa de dispersión, se observa que la mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) se encuentra en la esquina superior derecha, parte central y esquina inferior izquierda, por ende, se puede inferir que hay zonas donde existe riesgo a la salud de la población aledaña a la zona de estudio, ya que estos valores superan el valor guía de la OMS (0.5 mg/cm²/mes).

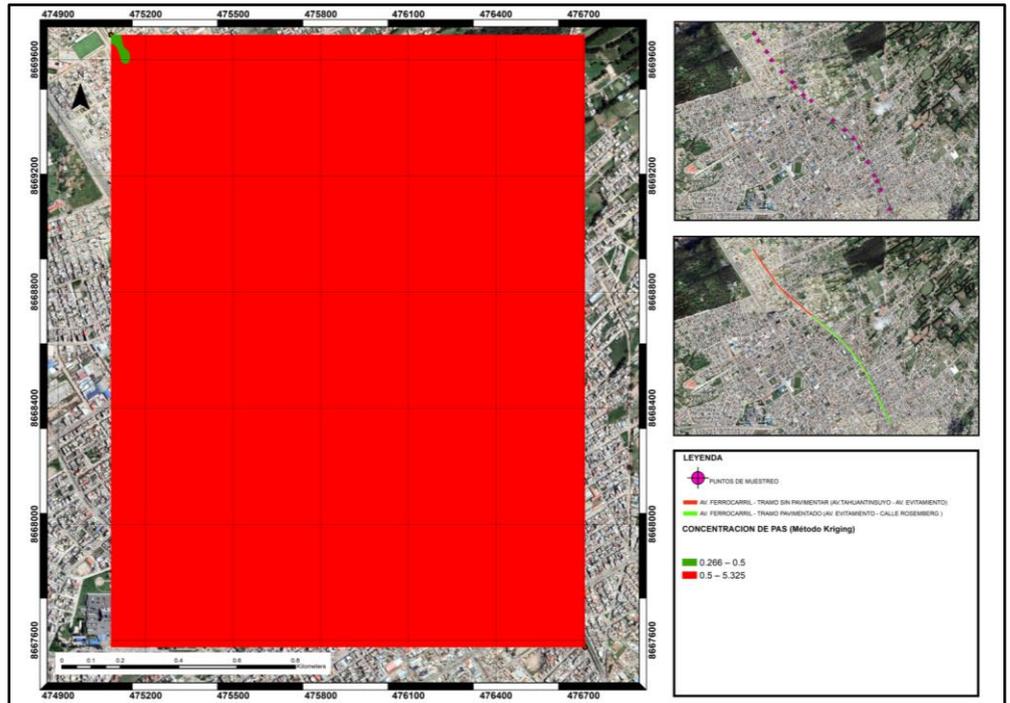


Figura 21 Mapa de dispersión 2 Monitoreo 2 (Método Kriging)
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, al realizar un análisis puntual teniendo en cuenta solo el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), se observa que gran parte del mapa de dispersión presenta un color rojo. Por ende, se puede inferir que existe riesgo a la salud de toda la población aledaña a la zona de estudio, con excepción de la esquina superior izquierda donde la concentración de polvo atmosférico sedimentable no excede el valor guía de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$.

b) Método IDW

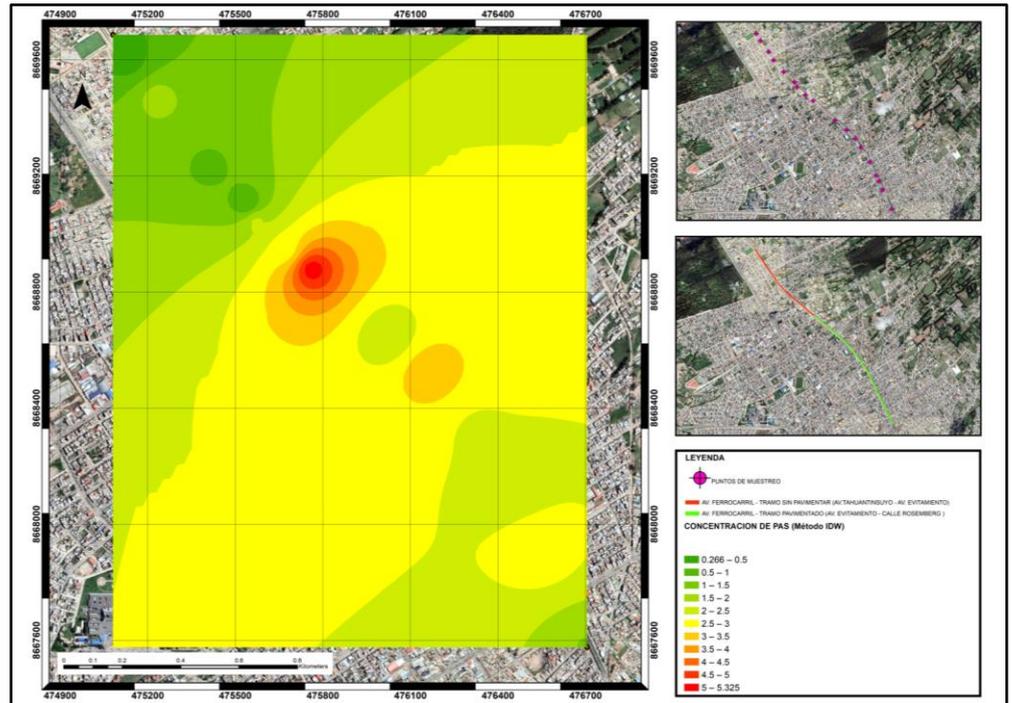


Figura 22 Mapa de dispersión 3 Monitoreo 2 (Método IDW)
Fuente: Elaboración propia.

En el mapa de dispersión, al igual que en el método Kriging, se observa que la mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable se encuentra en la esquina superior derecha, parte central y esquina inferior izquierda, por ende, se puede inferir que hay zonas donde existe riesgo a la salud de la población aledaña a la zona de estudio, ya que estos valores superan el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$).

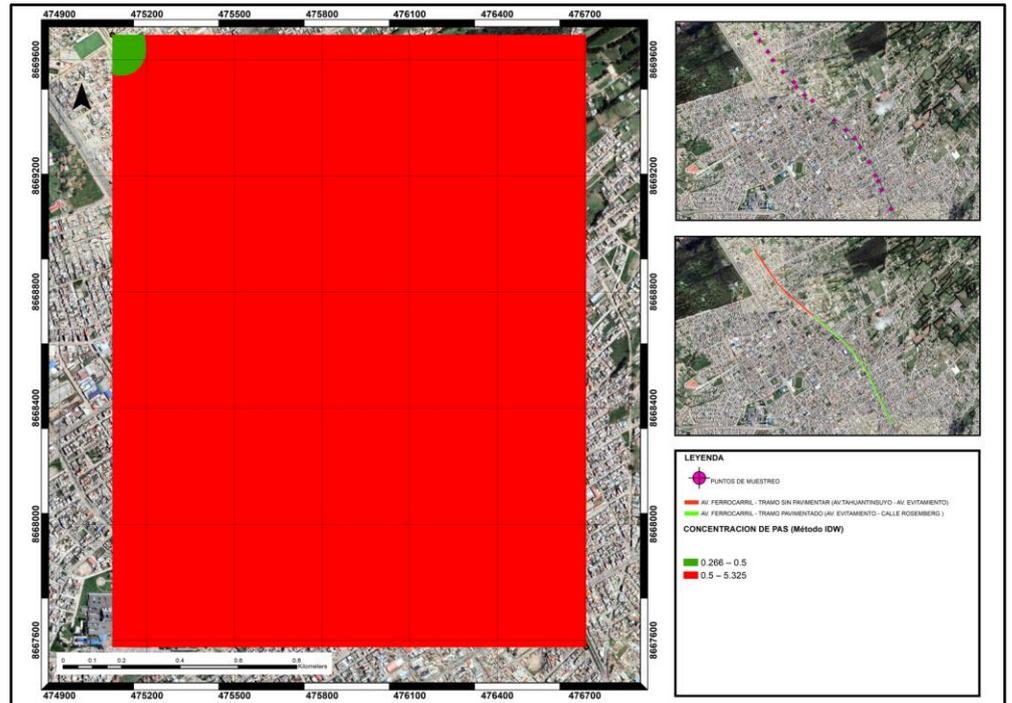


Figura 23 Mapa de dispersión 4 Monitoreo 2 (Método IDW)
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, al realizar un análisis puntual teniendo en cuenta solo el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), se observa que gran parte del mapa de dispersión presenta un color rojo. Por ende, se puede inferir que existe riesgo a la salud de toda la población aledaña a la zona de estudio, con excepción de la esquina superior izquierda donde la concentración de polvo atmosférico sedimentable no excede el valor guía de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$.

- Contrastación de hipótesis:

De acuerdo a la estadística descriptiva presentada y la elaboración de los mapas de dispersión, se acepta la hipótesis alterna, por lo cual se puede inferir que existe riesgo a la salud de la población aledaña al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

- MONITOREO 3 (MARZO – ABRIL)

a) Método Kriging

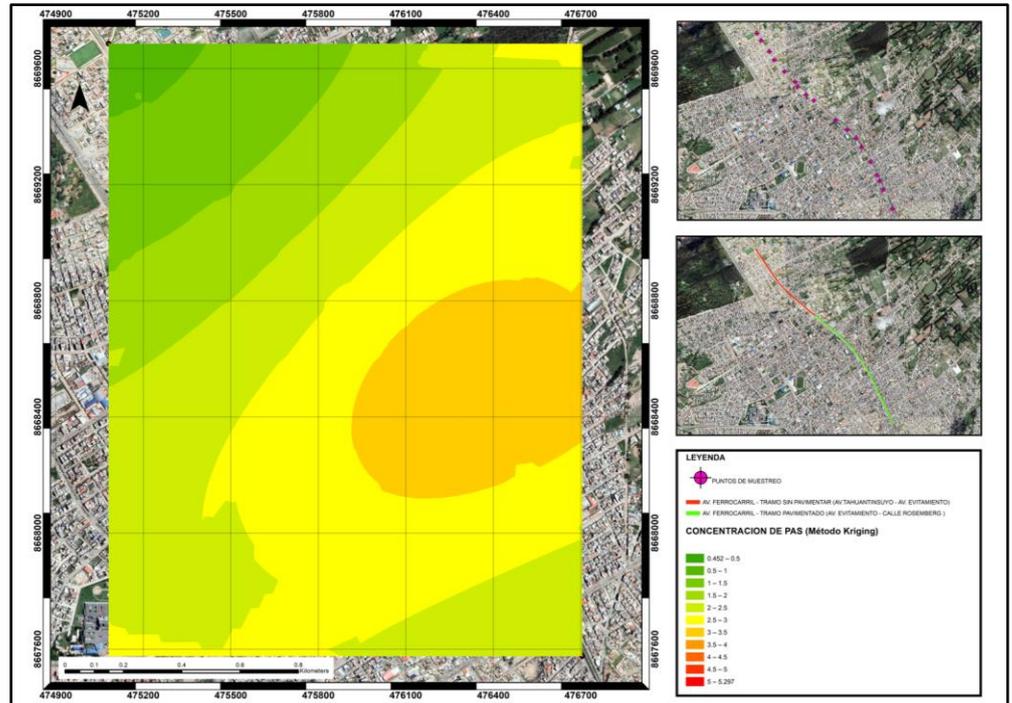


Figura 24 Mapa de dispersión 1 Monitoreo 3 (Método Kriging)
Fuente: Elaboración propia.

En el mapa de dispersión, se observa que la mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) se encuentra en parte central derecha, por ende, se puede inferir que hay zonas donde existe riesgo a la salud de la población aledaña a la zona de estudio, ya que estos valores superan el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$).



Figura 25 Mapa de dispersión 2 Monitoreo 3 (Método Kriging)
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, al realizar un análisis puntual teniendo en cuenta solo el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), se observa que todo el mapa de dispersión presenta un color rojo. Por ende, se puede inferir que existe riesgo a la salud de toda la población aledaña a la zona de estudio, ya que la concentración en todos los puntos supera el valor guía de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$.

b) Método IDW

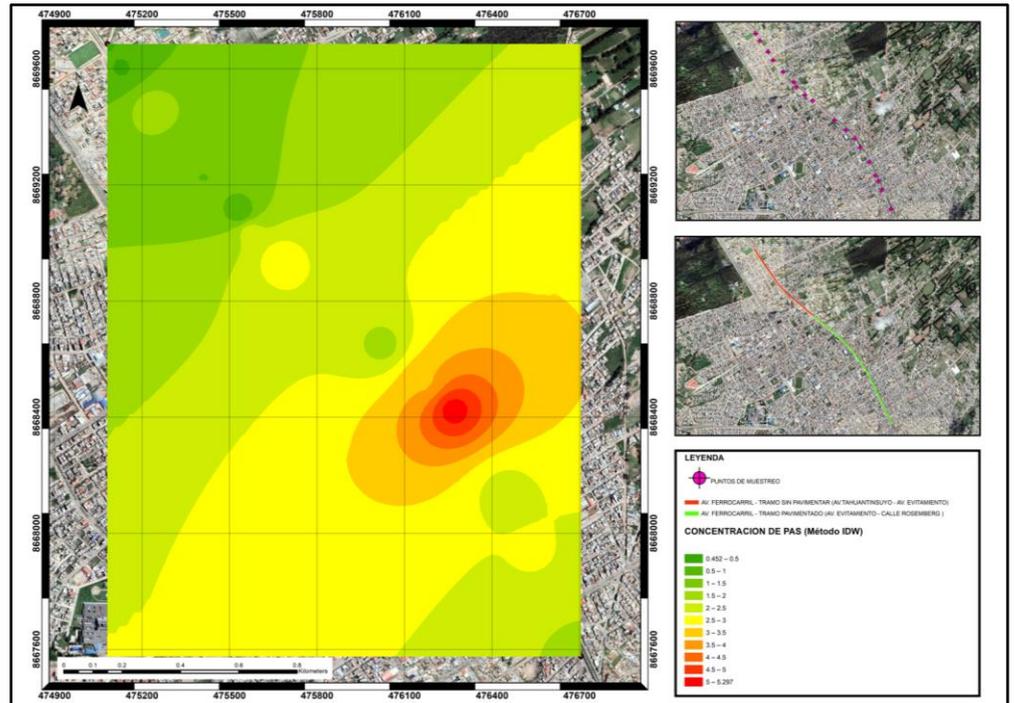


Figura 26 Mapa de dispersión 3 Monitoreo 3 (Método IDW)
Fuente: Elaboración propia.

En el mapa de dispersión, al igual que en el método Kriging, se observa que la mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) se encuentra en parte central derecha, por ende, se puede inferir que hay zonas donde existe riesgo a la salud de la población aledaña a la zona de estudio, ya que estos valores superan el valor guía de la OMS (0.5 mg/cm²/mes).

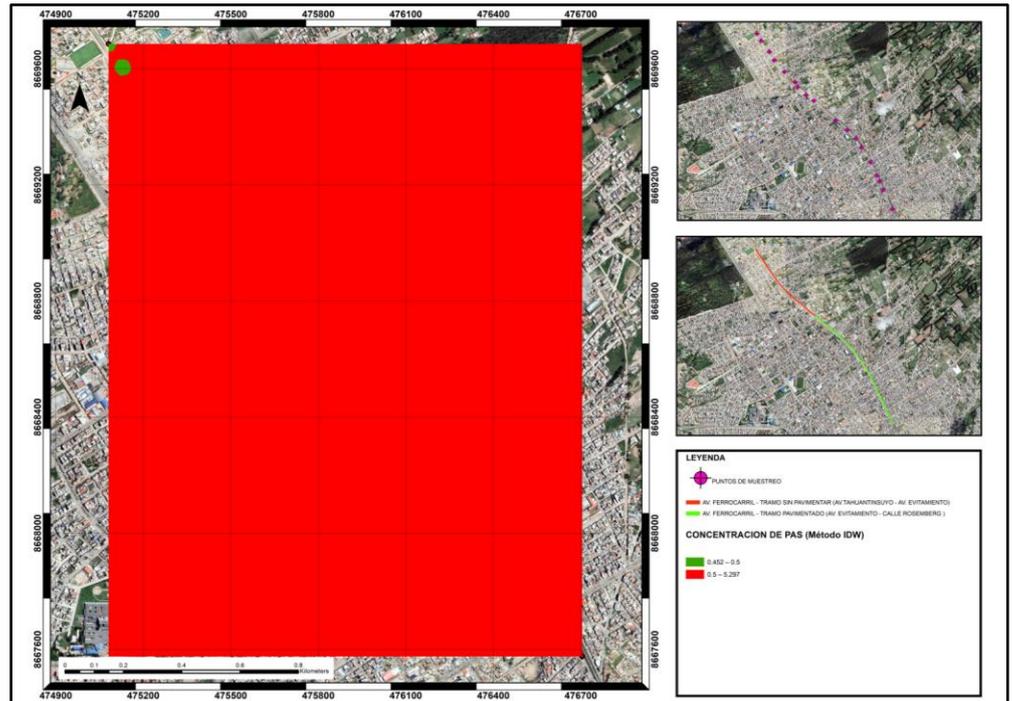


Figura 27 Mapa de dispersión 4 Monitoreo 3 (Método IDW)
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, al realizar un análisis puntual teniendo en cuenta solo el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$), se observa que gran parte del mapa de dispersión presenta un color rojo. Por ende, se puede inferir que existe riesgo a la salud de toda la población aledaña a la zona de estudio, con excepción de la esquina superior izquierda donde la concentración de polvo atmosférico sedimentable no excede el valor guía de $0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$.

- Contrastación de hipótesis:

De acuerdo a la estadística descriptiva presentada y la elaboración de los mapas de dispersión, se acepta la hipótesis alterna, por lo cual se puede inferir que existe riesgo a la salud de la población aledaña al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

4.2.2. Hipótesis general:

H_0 : La concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el

tramo evaluado de la Av. Ferrocarril no supera el valor propuesto por la OMS (0.5 mg/cm²/mes), por lo que no influye negativamente la calidad del aire.

H₁: La concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo evaluado de la Av. Ferrocarril supera el valor propuesto por la OMS (0.5 mg/cm²/mes), por lo que influye negativamente la calidad del aire.

- Concentración de polvo atmosférico sedimentable comparado con el valor guía de la OMS:

a) Tramo no pavimentado

En el siguiente gráfico se observa que 3 estaciones, de 9 evaluadas, no superan el valor guía de la OMS. Es decir, las concentraciones del 33.33% de las estaciones de monitoreo no superan el valor guía de la OMS (0.5 mg/cm²/mes).

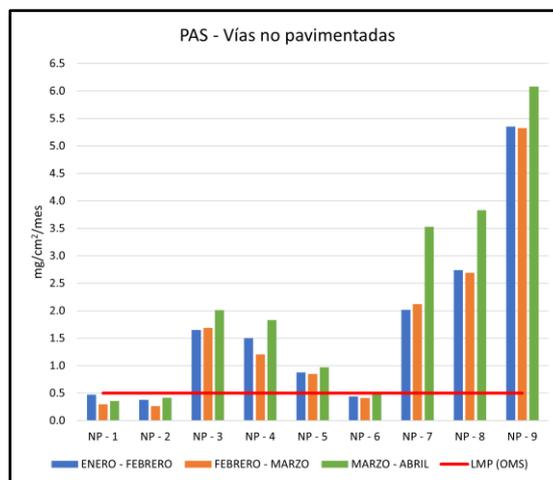


Figura 28 Concentración de PAS frente al valor guía de la OMS (Tramo no pavimentado)
Fuente: Elaboración propia.

b) Tramo pavimentado

En el siguiente gráfico se observa que las concentraciones en las 9 estaciones de monitoreo, superan el valor guía de la OMS. Es decir, las concentraciones del 100% de las estaciones de

monitoreo superan el valor guía de la OMS (0.5 mg/cm²/mes).

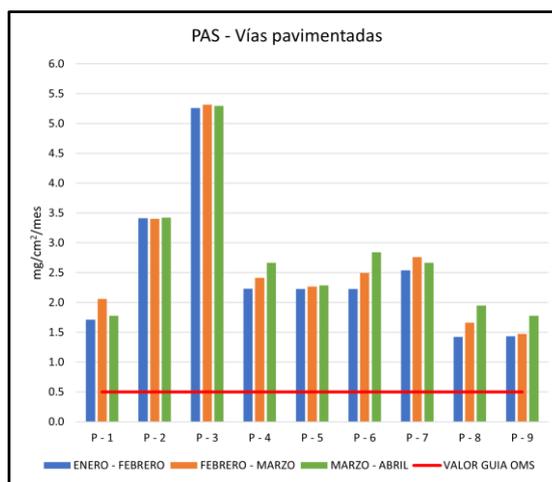


Figura 29 Concentración de PAS frente al valor guía de la OMS (Tramo pavimentado)

Fuente: Elaboración propia.

- Contrastación de hipótesis:

De acuerdo a la estadística descriptiva presentada y la elaboración de los mapas de dispersión presentados anteriormente, se acepta la hipótesis alterna, por lo cual se puede inferir que la concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en los tramos evaluados de la Av. Ferrocarril supera el valor propuesto por la OMS (0.5 mg/cm²/mes), por lo que influye negativamente la calidad del aire.

4.3. Discusión de resultados

- Diferencias de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.

Respecto a los resultados obtenidos en cuanto a si existen diferencias significativas en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable en los tramos evaluados, se demostró que en los monitoreos 1 y 3 no presentan una diferencia significativa en los tramos no pavimentado y pavimentado, sin embargo, en el monitoreo 2 si presentan una diferencia significativa en el tramo no pavimentado y pavimentado. Por otro lado, de las 18 estaciones de

monitoreo evaluadas, solo en 3 no se supera el valor guía establecido por la OMS (0.5 mg/cm²/mes).

La metodología empleada, para determinar las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS), fue placas receptoras, lo que guarda relación con el estudio que desarrolló Quiroz, quien empleó dicha metodología en su estudio “Comparación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable respecto a las vías pavimentadas y no pavimentadas de la ciudad de Uchiza, provincia Tocache, departamento de San Martín en el periodo de octubre a diciembre del año 2018” (28).

En los monitoreos realizados por Quiroz, de octubre a diciembre, se observó que el 100% de los puntos de monitoreo sobrepasaron el valor guía de la OMS (0.5 mg/cm²/mes) en las vías pavimentadas y no pavimentadas. Asimismo, desarrolló la prueba t – student para verificar si existe diferencias significativas en las concentraciones de los tramos evaluados, donde infiere que si existen diferencias significativas en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en vías pavimentadas y no pavimentadas (28).

Por otro lado, los resultados obtenidos guardan relación con lo expuesto en la investigación “Contaminación del aire por partículas sedimentables en domicilios en la zona urbana de la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco” desarrollada por Livia et. al (18), ya que encontró que el 67% de los puntos de monitoreo evaluados superan el valor propuesto por la OMS. Asimismo, menciona que existen zonas con mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS), debido a que presentan mayor cantidad de calles sin asfaltar. Además, también existe influencia por parte de las fuentes móviles en la generación de material particulado (18).

- Relación de los factores meteorológicos con la presencia de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado.

En cuanto a la temperatura y la concentración de polvo atmosférico sedimentable, se desarrolló la prueba de correlación de Pearson, donde, para el tramo no pavimentado, se encontró un valor Sig. de 0.308 y un coeficiente de correlación de -0.885, por ende, se demostró que no existe una relación significativa entre ambas variables y presenta una correlación negativa fuerte.

Por otro lado, para el tramo pavimentado, se encontró un valor Sig. de 0.292 y un coeficiente de correlación de -0.897, por lo que se demostró que no existe una relación significativa entre ambas variables y presenta una correlación negativa fuerte.

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Cuadros, en su investigación “Factores meteorológicos y su relación con la calidad del aire producido por PM10 generado en la fabricación de ladrillo artesanal en Cullpa Baja, 2017” (26), realizó la prueba de correlación de Spearman, donde encontró un Sig. de 0.6 respecto a la temperatura y la concentración de material particulado, por ende, no existe correlación entre ambas variables. Asimismo, el coeficiente de correlación es de 0.4, por ende, existe una asociación positiva débil entre ambas variables (26).

En cuanto a la humedad y la concentración de polvo atmosférico sedimentable, se desarrolló la prueba de correlación de Pearson, donde, para el tramo no pavimentado, se encontró un valor Sig. de 0.401 y un coeficiente de correlación de -0.808, por ende, se demostró que no existe una relación significativa entre ambas variables y presenta una correlación negativa fuerte. Por otro lado, para el tramo pavimentado, se encontró un valor Sig. de 1.000 y un coeficiente de correlación de 0, por lo que se demostró que no existe una relación significativa entre ambas variables y presenta una correlación nula.

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Cuadros (26), quien realizó la prueba de correlación de Spearman, donde encontró un Sig. de 0.194 respecto a la humedad y la concentración de material particulado, por ende, no existe correlación entre ambas variables. Asimismo, el coeficiente de correlación es de 0.806, por ende, existe una correlación positiva fuerte entre ambas variables (26).

En cuanto a la precipitación y la concentración de polvo atmosférico sedimentable, se desarrolló la prueba de correlación de Pearson, donde, para el tramo no pavimentado, se encontró un valor Sig. de 0.688 y un coeficiente de correlación de -0.471, por ende, se demostró que no existe una relación significativa entre ambas variables y presenta una correlación negativa moderada. Por otro lado, para el tramo pavimentado, se encontró un valor Sig. de 0.088 y un coeficiente de correlación de -0.990, por lo que se demostró que

no existe una relación significativa entre ambas variables y presenta una correlación negativa fuerte.

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Warthon B. et al en su estudio “Correlación de material particulado PM2.5 en función a la humedad relativa – precipitación usando Python, en la ciudad del Cusco”, ya que realizó la prueba de correlación de Spearman, donde encontró un Sig. de 0.02 respecto a la precipitación y la concentración de material particulado, por ende, existe correlación entre ambas variables. Asimismo, el coeficiente de correlación es de -0.61, por ende, existe una correlación negativa fuerte entre ambas variables (25).

- Riesgo a la salud de la población aledaña, debido a las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable, en el tramo pavimentado y no pavimentado.

Respecto a los resultados donde se desarrolló verificación de la existencia de riesgo a la salud de la población aledaña al área de estudio, se desarrolló mediante la elaboración de mapas de dispersión donde se observó que, en los 3 meses, la concentración de polvo atmosférico sedimentable excede el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$). Por ende, se determinó que si existe un riesgo inminente a la población aledaña al área de estudio de padecer diversas enfermedades.

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Méndez en su estudio “Evaluación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable en el área de influencia directa de la zona industrial del Cercado de Tacna 2020”, ya que realizó mapas de dispersión mediante el método IDW de los monitoreos realizados en los meses de setiembre y octubre del año 2020 en la zona industrial del Cercado de Tacna. Asimismo, de los 30 puntos de monitoreo evaluados, 28 de ellos superaron el valor guía de la OMS ($0.5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$). Por ende, determinó que existe riesgo a la salud de los habitantes que se encuentran en la zona de estudio (22).

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Carrasco et al. en su estudio “Concentración del polvo atmosférico sedimentable y su efecto en la salud de los moradores de la Av. Augusto B. Leguía – Chiclayo” donde mencionan que, en todos los puntos de monitoreo evaluados, la concentración

de polvo atmosférico sedimentable (PAS) superan el valor guía propuesta por la OMS (0.5 mg/cm²/mes). Asimismo, realizaron encuestas a los moradores sobre si sufren alergias dérmicas, conjuntivitis, rinitis, bronquitis, donde gran parte de la población manifiesta que, si ha padecido dichas enfermedades, asimismo, toda la población encuestada (60 personas) indicaron que su salud se ha visto afectada debido a la presencia de polvo atmosférico sedimentable (15).

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Rodríguez en su estudio "Polvo atmosférico sedimentable y su incidencia en las infecciones respiratorias agudas en el distrito de Los Olivos, 2017", donde desarrolla la existencia de la relación entre la concentración de polvo atmosférico sedimentable y las infecciones Respiratorias Agudas. Asimismo, mediante la prueba de correlación de Pearson donde el valor de Sig. fue de 0 y el coeficiente de correlación fue de 0.941. Por ende, si existe correlación entre la concentración de polvo atmosférico sedimentable y las infecciones Respiratorias Agudas y esta correlación es positiva fuerte (8).

- Alteración negativa de la calidad del aire debido a la concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS)

De acuerdo a la estadística descriptiva presentada, se pudieron obtener los resultados en cuanto a la alteración de la calidad del aire, donde se pudo inferir que la concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en los tramos evaluados de la Av. Ferrocarril supera el valor propuesto por la OMS (0.5 mg/cm²/mes), por lo que influye negativamente la calidad del aire.

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Miranda et. al en su investigación "Evaluación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable y material particulado (pm2.5, pm10) para la gestión de la calidad del aire 2017, en la ciudad de Tacna", donde menciona que, en los monitoreos realizados en el centro y la zona intermedia de la ciudad de Tacna durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo, el promedio de las concentraciones, respecto a polvo atmosférico sedimentable, supera, en su mayoría, el valor propuesto por la OMS (0.5mg/cm²/mes). Por ende, la calidad del aire se ve afectada negativamente (21).

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Guerra et. al en su estudio “Evaluación de la concentración de las partículas sedimentables mediante el método gravimétrico en los alrededores de las ladrilleras del centro poblado Cerrillo, Baños del inca, Cajamarca 2021”, debido a que en diversos puntos de monitoreo, la concentración de polvo atmosférico sedimentable supera el valor propuesto por la OMS (0.5 mg/cm²/mes), los cuales son L-4 (0,546 mg/cm²/mes), L-7 (0,581 mg/cm²/ mes), L-8 (0,556 mg/cm²/mes), L-12 (0,531 mg/cm²/mes), L-13 (0,563mg/cm²/mes) y L-14 (0,547 mg/cm²/mes). Por ende, existe una alteración negativa en la calidad del aire (16).

CONCLUSIONES

1. No existió una diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril en los monitoreos 1 (Enero – Febrero) y 3 (Marzo – Abril). Sin embargo, en monitoreo 2 (Febrero – Marzo) si existió una diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril.
2. No existió una relación significativa entre el promedio de la temperatura y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson presentó un valor de -0.885, por lo que se infiere que existe una correlación negativa fuerte.
3. No existió una relación significativa entre el promedio de la temperatura y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson presentó un valor de -0.897, por lo que se infiere que existe una correlación negativa fuerte.
4. No existió una relación significativa entre el promedio de la humedad y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson presentó un valor de -0.808, por lo que se infiere que existe una correlación negativa fuerte.
5. No existió una relación significativa entre el promedio de la humedad y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson presentó un valor de 0, por lo que se infiere que existe una correlación nula.
6. No existió una relación significativa entre el promedio de la precipitación y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson presentó un valor de -0.471, por lo que se infiere que existe una correlación negativa moderada.
7. No existió una relación significativa entre el promedio de la precipitación y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. Asimismo, el

coeficiente de correlación de Pearson presentó un valor de -0.990, por lo que se infiere que existe una correlación negativa fuerte.

8. Existe riesgo a la salud de la población aledaña al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo debido a que los mapas de dispersión, mediante los métodos Kriging e IDW, mostraron que la zona de estudio presenta concentraciones mayores al valor guía propuesto por la OMS (0.5 mg/cm²/mes).
9. Existe una alteración negativa de la calidad del aire, debido a que la concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en los tramos evaluados de la Av. Ferrocarril supera el valor propuesto por la OMS (0.5 mg/cm²/mes).

RECOMENDACIONES

- La metodología empleada en esta investigación, placas receptoras, presenta ventajas respecto al bajo costo y fácil manipulación en los monitoreos realizados en cuanto a polvo atmosférico sedimentable. Sin embargo, se recomienda a la Municipalidad Distrital de El Tambo realizar monitoreos respecto a material particulado con equipos sofisticados para poder obtener resultados más precisos.
- Respecto a las estaciones de monitoreo implementadas, es necesario verificar diariamente el estado de estas. Ya que, se presenciaron actos vandálicos en 2 estaciones de monitoreo implementadas en la presente investigación. Lo cual conllevó a la pérdida de datos en esas estaciones de monitoreo.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda a la Municipalidad Distrital de El Tambo gestionar políticas en cuanto a la calidad del aire para poder salvaguardar la integridad de la población que se ve afectada por este problema ambiental. Asimismo, realizar proyectos de inversión pública en cuanto a la pavimentación de vías y el mantenimiento de estas.
- En cuanto a los datos meteorológicos obtenidos, se recomienda que la Municipalidad Distrital de El Tambo se ponga en contacto con la estación Santa Ana para poder mejorar dicha estación meteorológica. Es necesario contar con una estación automática para poder obtener datos inmediatos.
- Se recomienda realizar estudios respecto a la relación de tránsito vehicular y polvo atmosférico sedimentable en la ciudad de El Tambo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Online. 2005. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-calidad-aire-oms-relativas-material-particulado-ozono-dioxido>
2. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). *Estadísticas Ambientales Junio 2014* Online. 2014. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/estadisticas-ambientales-junio-2014.pdf>
3. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). *OPS/OMS | Nueve de cada 10 personas en todo el mundo respiran aire contaminado, pero más países están tomando acciones*. Online. 2018. [Accessed 20 September 2023]. Available from: <https://www.paho.org/es/noticias/2-5-2018-nueve-cada-10-personas-todo-mundo-respiran-aire-contaminado-pero-mas-paises-estandar#:~:text=M%C3%A1s%20pa%C3%ADses%20tomando%20acciones,la%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire%20externo>
4. DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA). *Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos 2005* Online. 2005. [Accessed 19 December 2023]. Available from: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf
5. ASOCIACIÓN AUTOMOTRIZ DEL PERÚ. *Informe Estadístico Automotor 2023*. Online. 2023. [Accessed 12 December 2023]. Available from: <https://aap.org.pe/estadisticas/informe-estadistico-automotor/iea-2023/>
6. CENTRO NACIONAL DE PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO (CEPLAN). *ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO Y EXPANSIÓN URBANA A NIVEL NACIONAL Y EL IMPACTO A NIVEL REGIONAL*. Online. 2023. [Accessed 12 December 2023]. Available from: https://geo.ceplan.gob.pe/uploads/Analisis_crecimiento_expansion_urbana.pdf
7. SUÁREZ-SALAS, Luis, ÁLVAREZ TOLENTINO, Daniel, BENDEZÚ, Yéssica and POMALAYA, José. *CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO DEL CENTRO URBANO DE HUANCAYO, PERÚ*. *Rev Soc Quím Perú*. Online. 2017. Vol. 83, no. 2. [Accessed 12 December 2023]. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2017000200005&script=sci_arttext
8. RODRIGUEZ, Jhonny. *Polvo atmosférico sedimentable y su incidencia en las infecciones respiratorias agudas en el distrito de Los Olivos, 2017*. Online. 2017. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3596>
9. DURÁN, Jeimmy and MOSCOSO, Luis. *Análisis correlacional de datos de MP10 y partículas sedimentables, su composición fisicoquímica y mineralógica, en la zona norte de la ciudad de Bogotá*. Online. Bogotá: Universidad de la Salle, 2018. [Accessed 19 December 2023]. Available from: https://ciencia.lasalle.edu.co/cqi/viewcontent.cqi?article=1755&context=ing_ambiental_sanitaria

10. MEJÍA, Danilo, ZEGARRA, Ronny, ASTUDILLO, Ana and MOSCOSO, Diana. *Análisis de Partículas Sedimentables y Niveles de Presión Sonora en el área urbana y periférica de Cuenca*. Online. Cuenca, 2018. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1792>
11. FLORES, Francie. *Determinación de la cantidad de partículas atmosféricas sedimentables, mediante el método de muestreo pasivo, en la ciudad de Morales, provincia de San Martín, 2015*. Online. 2017. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2757>
12. MIRANDA, Jeissy and MERMA, Lizbeth. *EVALUACION DE LA CONCENTRACION DE POLVO ATMOSFERICO SEDIMENTABLE Y MATERIAL PARTICULADO (PM2.5, PM10) PARA LA GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE 2017 EN LA CIUDAD DE TACNA*. Online. 2017. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/354>
13. ENCISO, Rosa. *Evaluación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) mediante muestreo pasivo en Yarinacocha, Ucayali 2022*. Online. 2023. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/6387>
14. VARGAS, Vanesa. *Modelamiento geoestadístico para la determinación de polvo atmosférico sedimentable, usando los métodos de colectores de polvo y placas receptoras en el área de influencia directa de una ladrillera en el Distrito de Calana - Tacna*. Online. 2019. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1260>
15. CARRASCO, Mariana and ROJAS, Any. *Concentración del polvo atmosférico sedimentable y su efecto en la salud de los moradores de la Av. Augusto B. Leguía - Chiclayo*. Online. 2022. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/99528>
16. GUERRA, Lilyann and GUTTY, Rosisely. *EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LAS PARTÍCULAS SEDIMENTABLES MEDIANTE EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO EN LOS ALREDEDORES DE LAS LADRILLERAS DEL CENTRO POBLADO CERRILLO, BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2021*. Online. 2022. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33449>
17. ANDI, Juan and VEGA, Robinson. *DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE Y VOLÁTIL EN EL SECTOR CALPI CANTÓN RIOBAMBA POR INCIDENCIA INDUSTRIAL*. Online. 2019. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5639>
18. LIVIA, Kheffinir, REÁTEGUI-INGA, Manuel, AGUIRRE, Casiano, CABREJOS, Jorge and REÁTEGUI, Reiner. *Contaminación del aire por partículas sedimentables en domicilios en la zona urbana de la Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco*. *Revista Científica Pakamuros*. Online. 8 December 2021. Vol. 9, no. 4, p. 41–53. [Accessed 19 December 2023]. DOI 10.37787/pakamuros-unj.v9i4.236. Available from: <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/153>
19. GONZALES, Nollie. *EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN EN LA CIUDAD DE IQUITOS, LORETO, 2021*. Online. 2022. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/2378>

20. CASTRO, Michael. *Evaluación de la contaminación del aire ocasionado por el polvo atmosférico sedimentable mediante el método de placas receptoras en el área urbana del Centro Poblado de Paragsha - Región Pasco, Agosto-Noviembre 2017*. Online. 2019. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1989>
21. MIRANDA, Jeissy, MERMA, Lizbeth and HERRERA, Milagros. *EVALUACION DE LA CONCENTRACION DE POLVO ATMOSFERICO SEDIMENTABLE Y MATERIAL PARTICULADO (PM2.5, PM10) PARA LA GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE 2017, EN LA CIUDAD DE TACNA* Online. 2017. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/354>
22. MÉNDEZ, Andrea and MORÁN, Victor. *EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DE LA ZONA INDUSTRIAL DEL CERCADO DE TACNA 2020*. Online. 2020. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1720>
23. PRADA, Sheyla. *Polvo Atmosférico Sedimentable producidas en Vías Pavimentadas con Asfalto y piedra Laja mediante Placas Receptoras en Época Seca y Pandemia Cusco 2020*. Online. 2020. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63873>
24. GOICOCHEA, Carmen. *Variables Meteorológicas y su Influencia en la dispersión de Plomo, Cobre y Zinc en Partículas Totales Sedimentables en la Zona Zárate Industrial 2018*. Online. 2018. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28082>
25. WARTHON, Bruce, MIRANDA, Iván, QUISPE, Iván R., PONCE, Rafael, RAMOS, Victor F., ZAMALLOA, Ariatna, WARTHON, Julio, TUPAYACHI, Ruben and ZAMALLOA, Miluska. *Correlación de material particulado PM2.5 en función a la humedad relativa – precipitación usando Python, en la ciudad del Cusco*. Online. 26 February 2023. [Accessed 22 September 2023]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/368922813_Correlacion_de_material_particulado_pm_25_en_funcion_a_la_humedad_relativa_-_precipitacion_usando_python_en_la_ciudad_del_cusco
26. CUADROS, Erlan. *Factores meteorológicos y su relación con la calidad del aire producido por PM 10 generado en la fabricación de ladrillo artesanal en Cullpa Baja, 2017*. Online. 2021. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9782>
27. HENRY, Glynn and HEINKE, Gary. *Ingeniería Ambiental*. Online. 1999. [Accessed 19 December 2023]. ISBN 9701702662. Available from: https://biblioasesorbogota.files.wordpress.com/2013/04/ingenieria-ambiental_glynn.pdf
28. QUIROZ, Erika. *COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE DE VÍAS PAVIMENTADAS RESPECTO A LAS VÍAS NO PAVIMENTADAS DE LA CIUDAD DE UCHIZA, PROVINCIA DE TOCACHE Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN EN EL PERIODO DE OCTUBRE A DICIEMBRE DEL 2018*. Online. 2019. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1666>
29. ARCOS, Cristian. *GENERACIÓN DE UN MODELO ESPACIAL DE DISPERSIÓN DE*

CONTAMINANTES Y CALIDAD DEL AGUA APLICANDO EL MODELO DE KRIGING EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA ORTEGA - CANTÓN QUITO. Online. 2015. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10080>

30. HIDALGO, Rosario. *CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE DEL CRIADERO DE CERDOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA-TINGO MARÍA*. Online. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2023. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2392>
31. CASTRO, Candy. *Caracterización de bioaerosoles después de una precipitación pluvial en relación con las infecciones respiratorias agudas en la ciudad de Ayacucho, 2018*. Online. Lima: Universidad César Vallejo, 2018. [Accessed 19 December 2023]. Available from: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64710>
32. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto., FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos. and BAPTISTA LUCIO, Pilar. *Metodología de la investigación*. . McGraw Hill, 2006. ISBN 9701057538. 4a ed.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	NIVEL DE INVESTIGACION
¿Cuál es el impacto ambiental que genera el polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la calidad del aire en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril en el distrito de El Tambo?	Determinar el impacto ambiental que genera el polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la calidad del aire en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril en el distrito de El Tambo.	<p>H₀: La concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo evaluado de la Av. Ferrocarril no supera el valor propuesto por la OMS (0.5 mg/cm²/mes), por lo que no influye negativamente la calidad del aire.</p> <p>H₁: La concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo evaluado de la Av. Ferrocarril supera el valor propuesto por la OMS (0.5 mg/cm²/mes), por lo que influye negativamente la calidad del aire.</p>	Concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS)	Exploratorio
			VARIABLE DEPENDIENTE	DISEÑO DE LA INVESTIGACION
			Calidad del aire	No experimental
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS		TECNICA PARA LA RECOLECCION DE DATOS
¿Cuáles son las diferencias de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo?	Determinar las diferencias de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo	<p>H₀: No existe diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.</p> <p>H₁: Existe diferencia significativa en las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.</p>		<p>- 18 puntos de monitoreo (9 en el tramo no pavimentado y 9 en el tramo pavimentado)</p> <p>- Antecedentes</p> <p>- Datos de la estación meteorológica Santa Ana</p>
¿Existen factores ambientales que tienen relación con la presencia de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo?	Determinar si existen factores ambientales que tienen relación con la presencia de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo).	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: <p>H₀: No existe una relación significativa entre el promedio de la temperatura y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.</p> <p>H₁: Existe una relación significativa entre el promedio de la temperatura y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.</p>		INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

		<ul style="list-style-type: none"> • Humedad: H₀: No existe una relación significativa entre el promedio de la humedad y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. H₁: Existe una relación significativa entre el promedio de la humedad y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. <ul style="list-style-type: none"> • Precipitación: H₀: No existe una relación significativa entre el promedio de la precipitación y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. H₁: Existe una relación significativa entre el promedio de la precipitación y el promedio de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo. 	
¿Existe riesgo a la salud de la población aledaña, debido a las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable, al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo?	Determinar si existe riesgo a la salud de la población aledaña, debido a las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable, al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.	<p>H₀: No existe riesgo a la salud de la población aledaña al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.</p> <p>H₁: Existe riesgo a la salud de la población aledaña al tramo pavimentado y no pavimentado de la Av. Ferrocarril del distrito de El Tambo.</p>	<p>- Formato de campo donde se registró la ubicación de cada estación de monitoreo del Polvo Atmosférico Sedimentable.</p> <p>- Formato de laboratorio donde se registraron los puntos de monitoreo, pesos y concentraciones de polvo atmosférico sedimentable.</p>

Anexo 02. Formato de campo - Instrumento de recolección de datos relleno.

PUNTO	X	Y
A1	475081	8669686
A2	475133	8669600
A3	475232	8669468
A4	475290	8669366
A5	475411	8669226
A6	475540	8669102
A7	475569	8669044
A8	475671	8668946
A9	475763	8668878
B1	476027	8668646
B2	476164	8668526
B3	476269	8668424
B4	476335	8668318
B5	476444	8668142
B6	476515	8667980
B7	476550	8667910
B8	476596	8667808
B10	476705	8667576

Anexo 03. Formato de campo - Instrumento de recolección de datos relleno.

MONITOREO 1 (ENERO - FEBRERO)									
ESTACION	X	Y	Wi (g)	Wf (mg)	Wf (g)	Wf (mg)	PESO (Wf - Wi)	Área (cm ²)	CONCENTRACION (mg/cm ² /mes)
NP - 1	475081	8669666	78.0514	78051.4	78.0984	78098.4	47.00	100	0.470
NP - 2	475133	8669600	76.6350	76635	76.6731	76673.1	38.10	100	0.381
NP - 3	475232	8669468	74.7887	74788.7	74.9535	74953.5	164.80	100	1.648
NP - 4	475290	8669366	74.1042	74104.2	74.2546	74254.6	150.40	100	1.504
NP - 5	475411	8669226	75.1432	75143.2	75.2311	75231.1	87.30	100	0.873
NP - 6	475540	8669102	75.3097	75309.7	75.3537	75353.7	44.00	100	0.440
NP - 7	475569	8669044	74.7160	74716	74.9177	74917.7	201.70	100	2.017
NP - 8	475671	8668946	76.3986	76398.6	76.6727	76672.7	274.10	100	2.741
NP - 9	475763	8668878	75.8035	75803.5	76.3386	76338.6	535.10	100	5.351
P - 1	476027	8668646	77.7539	77753.9	77.925	77925	171.10	100	1.711
P - 2	476164	8668526	78.3621	78362.1	78.7033	78703.3	341.20	100	3.412
P - 3	476269	8668424	76.3813	76381.3	77.5076	77507.6	526.30	100	5.263
P - 4	476335	8668318	76.6456	76645.6	76.8686	76868.6	223.00	100	2.230
P - 5	476444	8668142	78.1628	78162.8	78.3018	78301.8	139.00	100	1.390
P - 6	476515	8667980	77.8189	77818.9	78.0414	78041.4	222.50	100	2.225
P - 7	476550	8667910	79.1502	79150.2	79.4040	79404	253.80	100	2.538
P - 8	476596	8667808	78.6219	78621.9	78.7643	78764.3	142.40	100	1.424
P - 9	476705	8667576	79.6396	79639.6	79.7832	79783.2	143.60	100	1.436

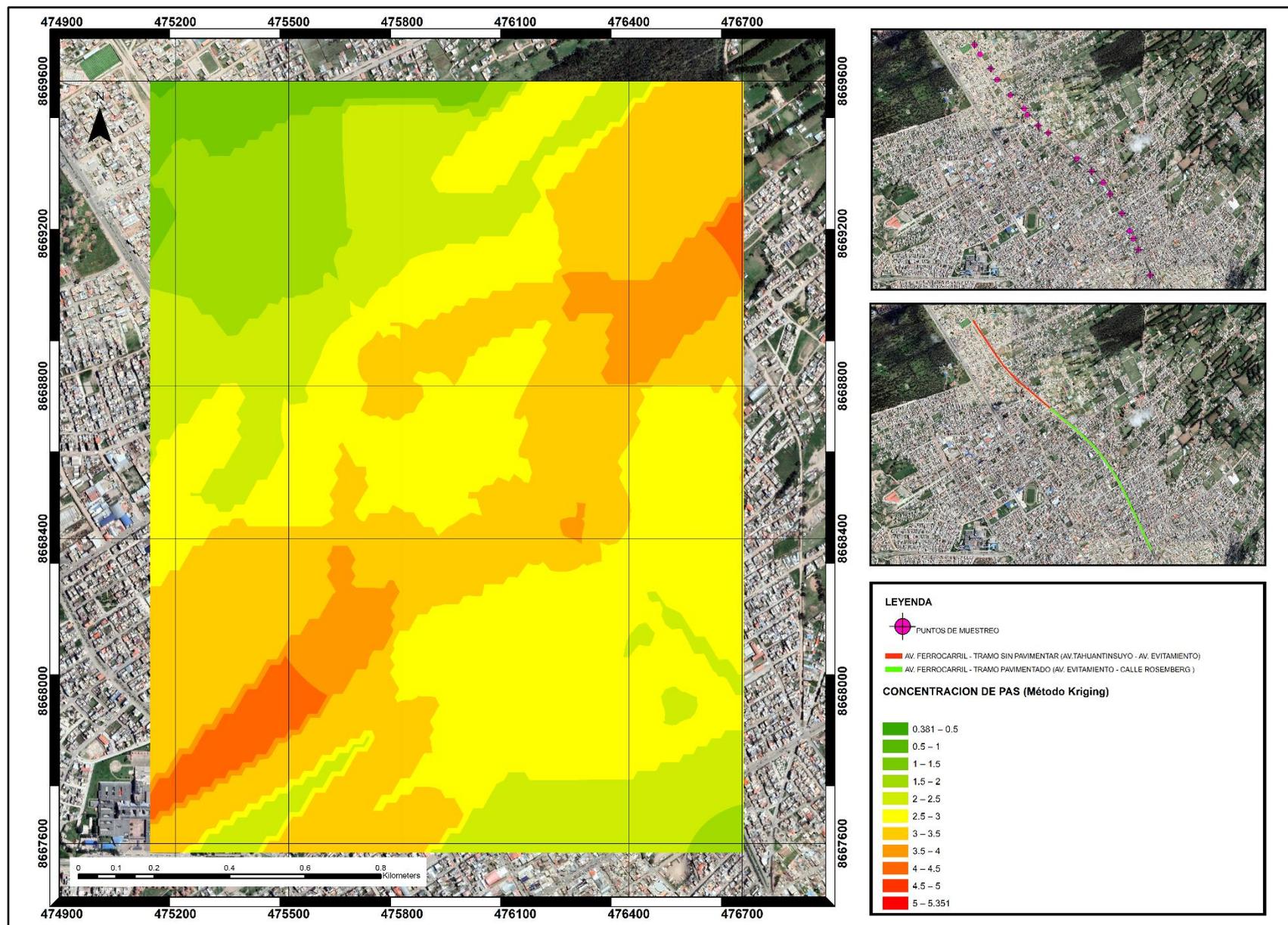
MONITOREO 1 (ENERO - FEBRERO)									
ESTACION	X	Y	Wi (g)	Wf (mg)	Wf (g)	Wf (mg)	PESO (Wf - Wi)	Área (cm ²)	CONCENTRACION (mg/cm ² /mes)
NP - 1	475081	8669666	75.6921	75692.1	75.7218	75721.8	29.70	100	0.297
NP - 2	475133	8669600	76.3245	76324.5	76.3511	76351.1	26.60	100	0.266
NP - 3	475232	8669468	75.3590	75359	75.5279	75527.9	168.90	100	1.689
NP - 4	475290	8669366	75.7892	75789.2	75.9101	75910.1	120.90	100	1.209
NP - 5	475411	8669226	76.1026	76102.6	76.1878	76187.8	85.20	100	0.852
NP - 6	475540	8669102	75.9845	75984.5	76.0257	76025.7	41.20	100	0.412
NP - 7	475569	8669044	74.1324	74132.4	74.3447	74344.7	212.30	100	2.123
NP - 8	475671	8668946	77.9713	77971.3	78.2402	78240.2	268.90	100	2.689
NP - 9	475763	8668878	77.3127	77312.7	77.8452	77845.2	532.50	100	5.325
P - 1	476027	8668646	75.1654	75165.4	75.3456	75345.6	206.10	100	2.061
P - 2	476164	8668526	74.3312	74331.2	74.6209	74621.5	340.30	100	3.403
P - 3	476269	8668424	75.0424	75042.4	75.5850	75585.0	531.90	100	5.319
P - 4	476335	8668318	75.8724	75872.4	76.1175	76113.3	241.50	100	2.415
P - 5	476444	8668142	75.7311	75731.1	75.9905	75990.5	226.30	100	2.263
P - 6	476515	8667980	75.4594	75459.4	75.7276	75708.6	249.20	100	2.492
P - 7	476550	8667910	75.7114	75711.4	76.0052	76005.2	276.30	100	2.763
P - 8	476596	8667808	76.5387	76538.7	76.721	76704.6	165.90	100	1.659
P - 9	476705	8667576	77.2222	77222.2	77.3765	77376.5	147.50	100	1.475

MONITOREO 1 (ENERO - FEBRERO)									
ESTACION	X	Y	Wi (g)	Wf (mg)	Wf (g)	Wf (mg)	PESO (Wf - Wi)	Área (cm ²)	CONCENTRACION (mg/cm ² /mes)
NP - 1	475081	8669666	77.5465	77546.5	77.5821	77582.1	35.60	100	0.356
NP - 2	475133	8669600	76.3528	76352.8	76.3948	76394.8	42.00	100	0.420
NP - 3	475232	8669468	75.4374	75437.4	75.6388	75638.8	201.40	100	2.014
NP - 4	475290	8669366	75.2389	75238.9	75.4222	75422.2	183.30	100	1.833
NP - 5	475411	8669226	76.9007	76900.7	76.9978	76997.8	97.10	100	0.971
NP - 6	475540	8669102	76.5937	76593.7	76.6423	76642.3	48.60	100	0.486
NP - 7	475569	8669044	73.9592	73959.2	74.3119	74311.9	352.70	100	3.527
NP - 8	475671	8668946	75.9416	75941.6	76.3245	76324.5	382.30	100	3.823
NP - 9	475763	8668878	77.4798	77479.8	78.0680	78068	608.20	100	6.082
P - 1	476027	8668646	76.7293	76729.3	76.9452	76945.2	215.90	100	2.159
P - 2	476164	8668526	75.3077	75307.7	75.6594	75659.4	351.70	100	3.517
P - 3	476269	8668424	76.0187	76018.7	76.5586	76558.6	539.90	100	5.399
P - 4	476335	8668318	77.0662	77066.2	77.3165	77316.5	250.30	100	2.503
P - 5	476444	8668142	76.7407	76740.7	76.9778	76977.8	237.10	100	2.371
P - 6	476515	8667980	76.3865	76386.5	76.6451	76645.1	258.60	100	2.586
P - 7	476550	8667910	77.6040	77604	77.9135	77913.5	309.50	100	3.095
P - 8	476596	8667808	76.8086	76808.6	76.9822	76982.2	173.60	100	1.736
P - 9	476705	8667576	78.4616	78461.6	78.6123	78612.3	150.70	100	1.507

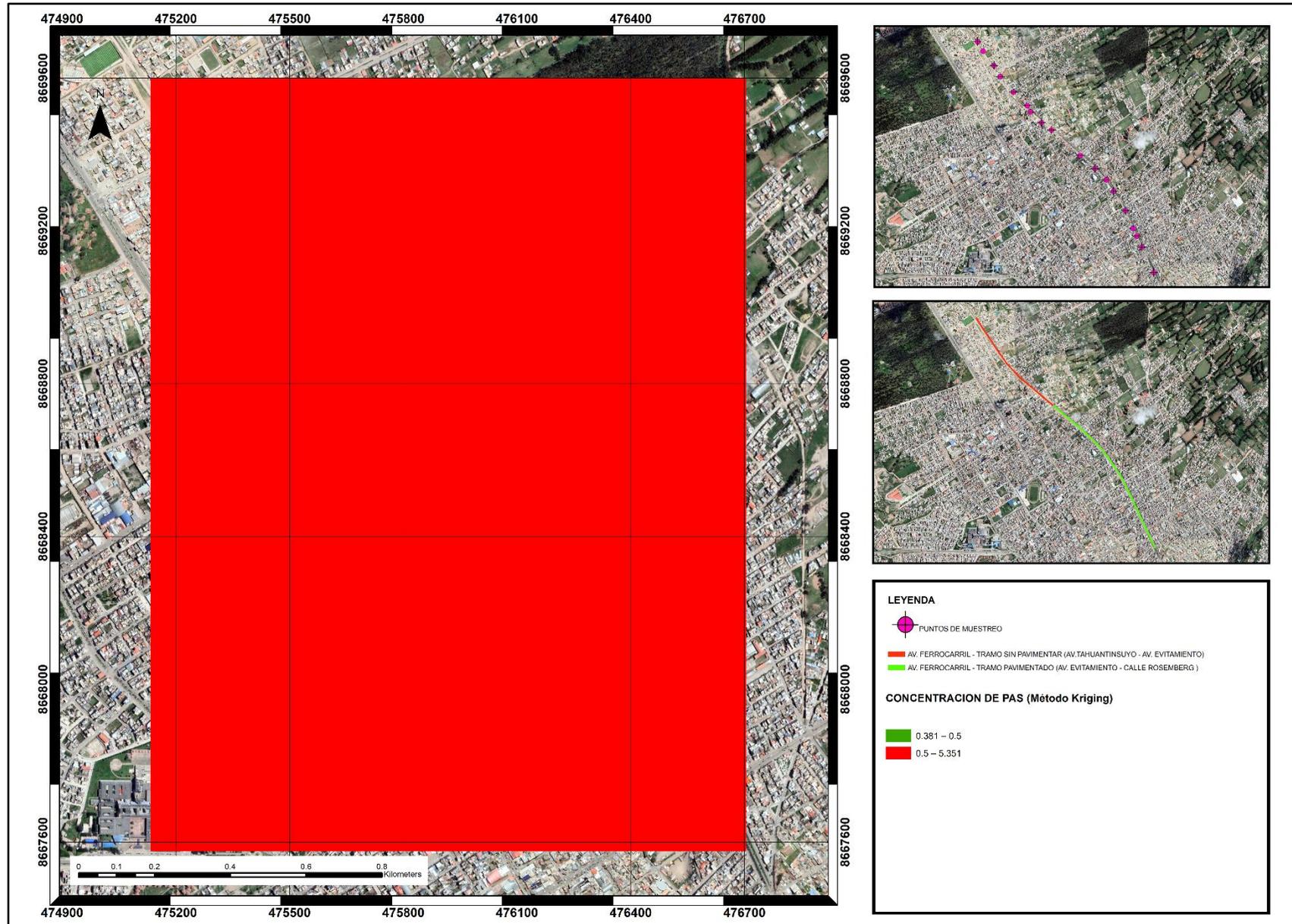
Anexo 04. Plano de ubicación y localización de los puntos de monitoreo.



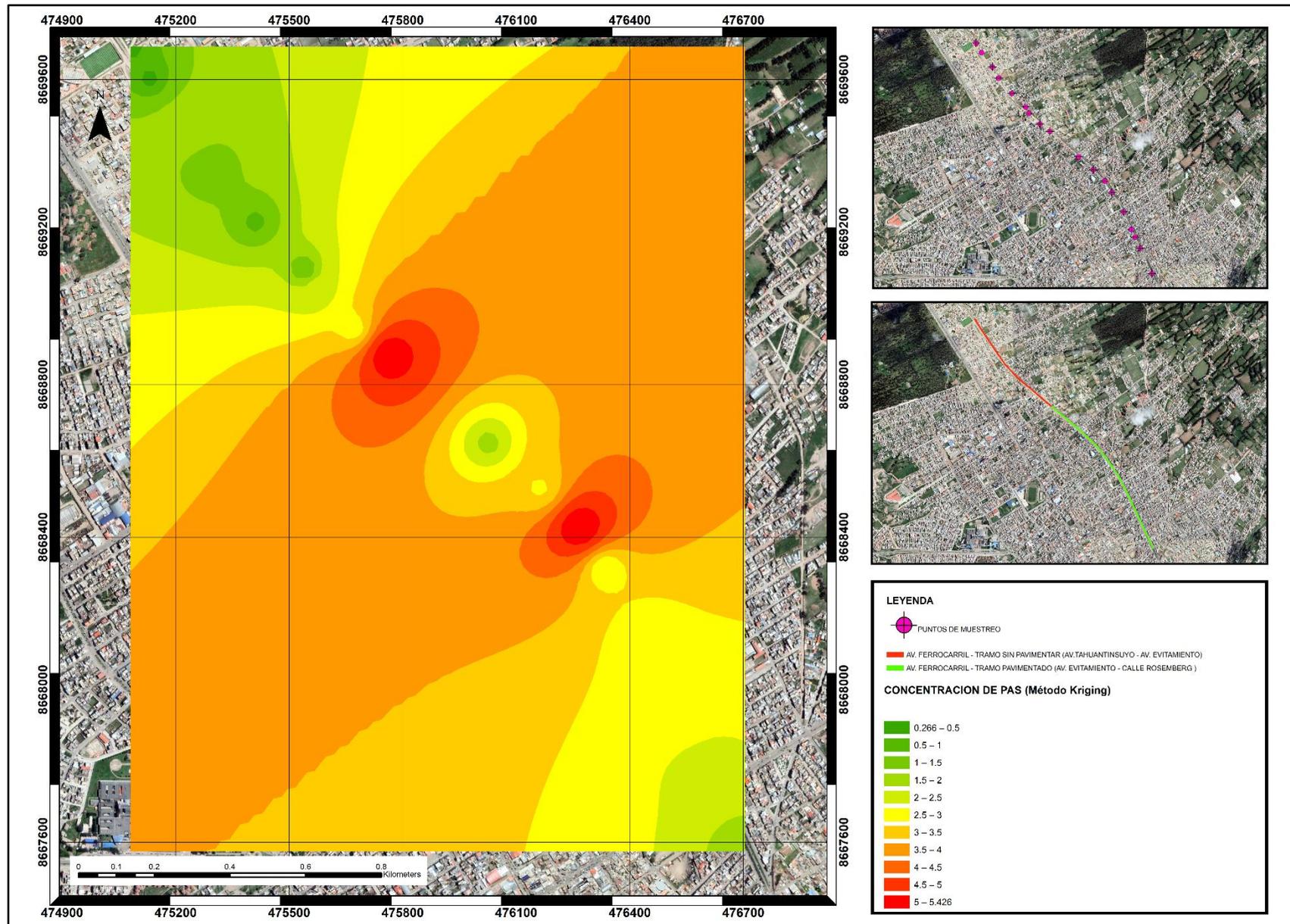
Anexo 05. Mapa de dispersión 1 – Monitoreo 1 (Método Kriging).



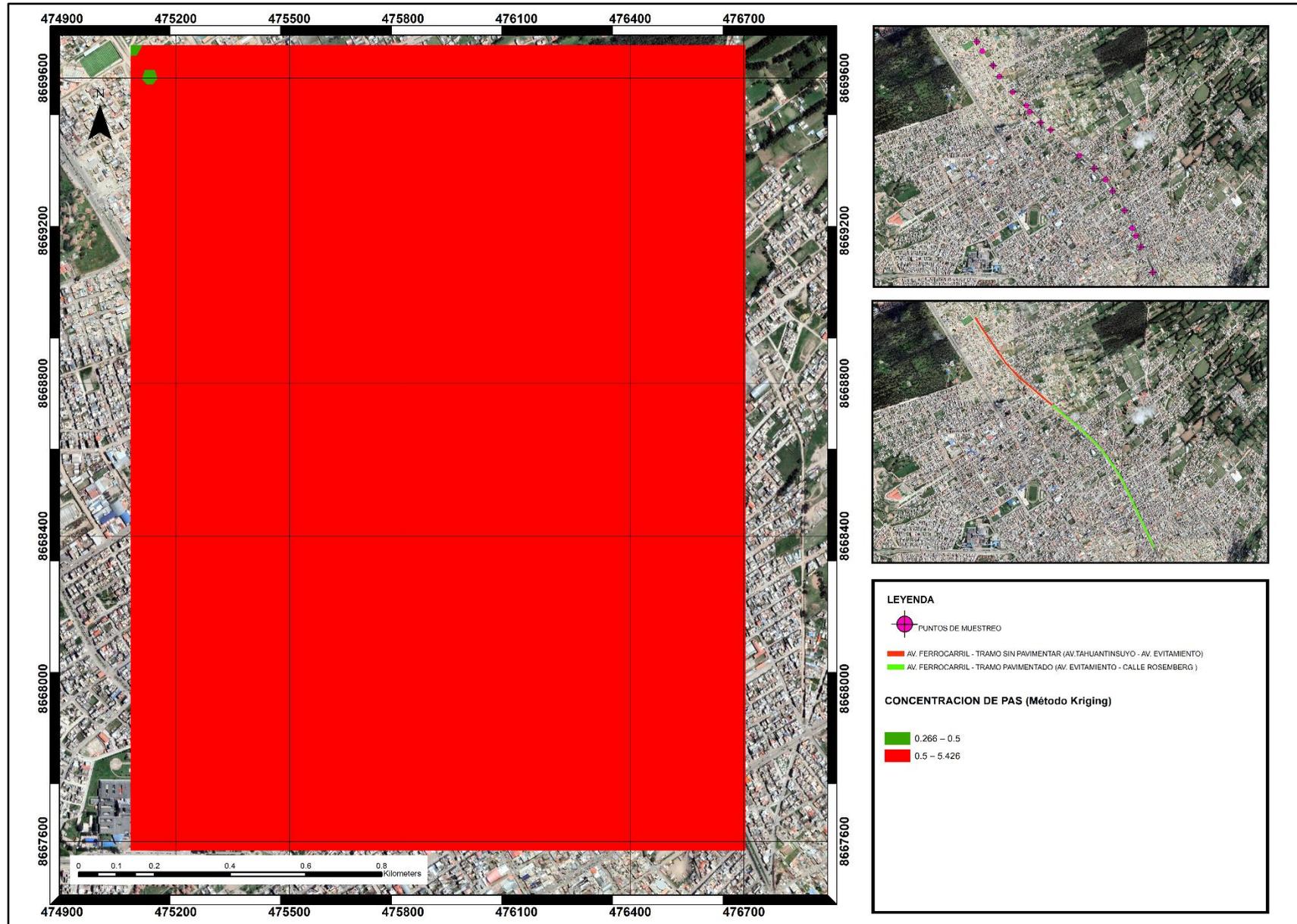
Anexo 06. Mapa de dispersión 2 – Monitoreo 1 (Método Kriging).



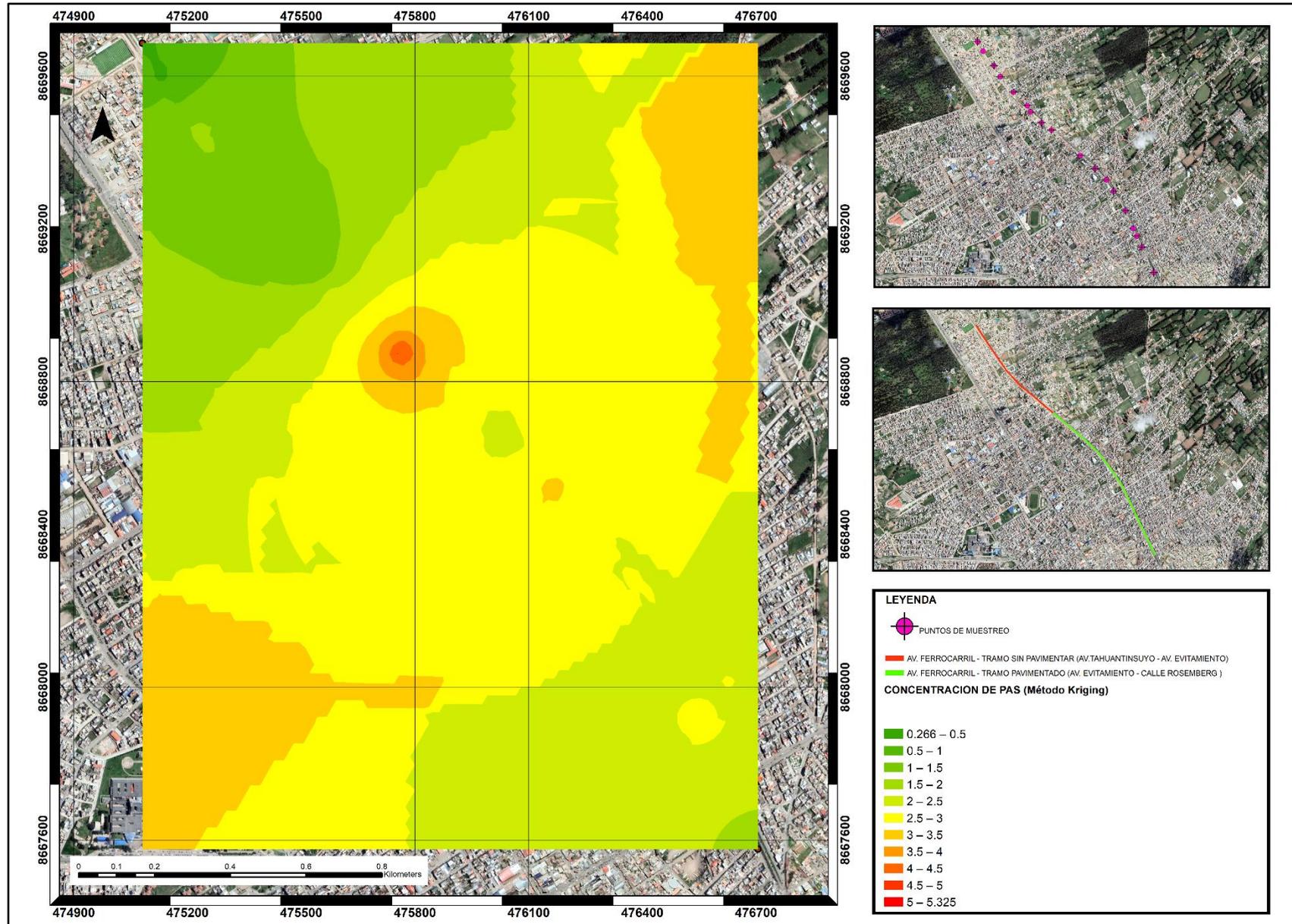
Anexo 07. Mapa de dispersión 3 – Monitoreo 1 (Método IDW).



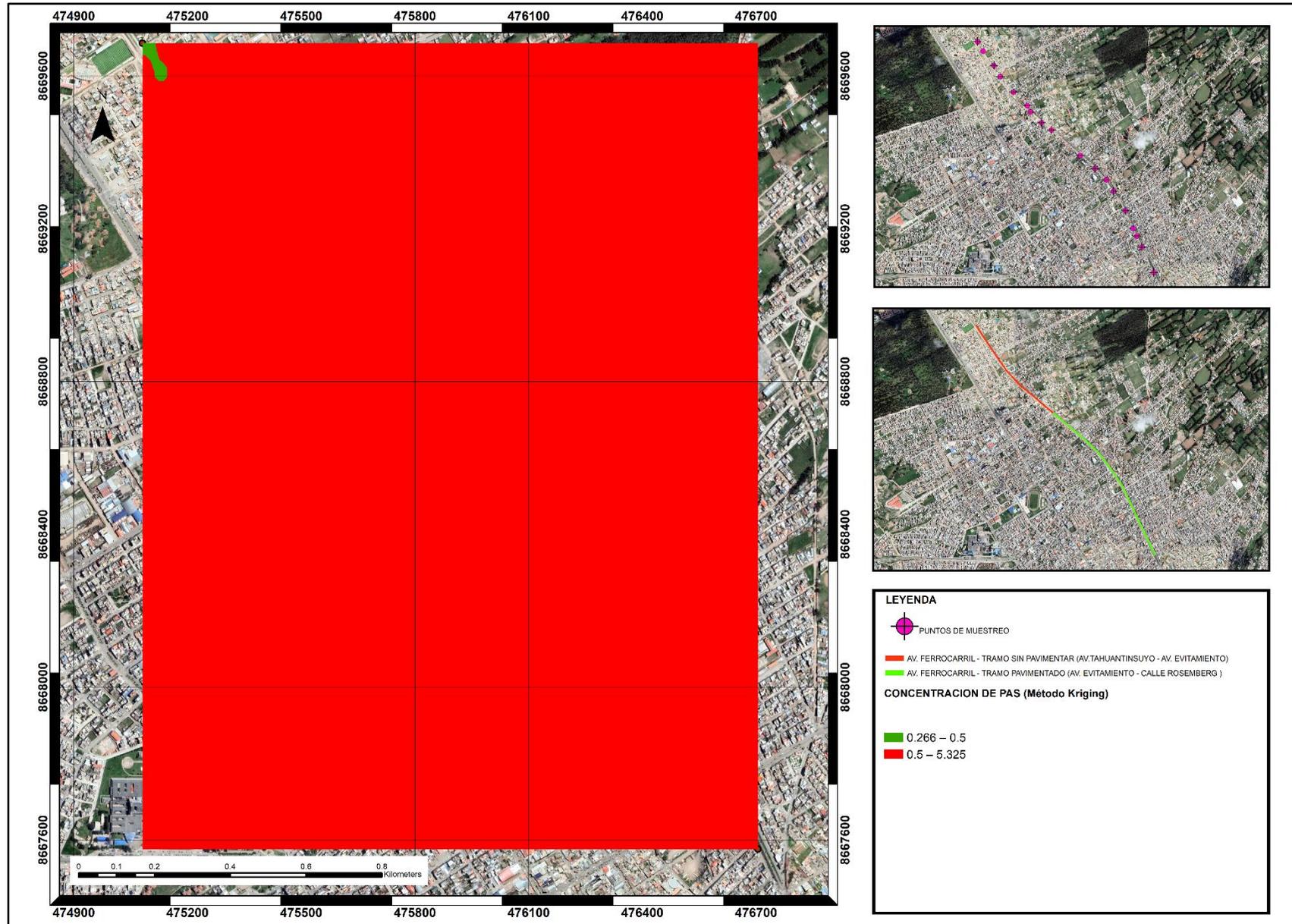
Anexo 08. Mapa de dispersión 4 – Monitoreo 1 (Método IDW).



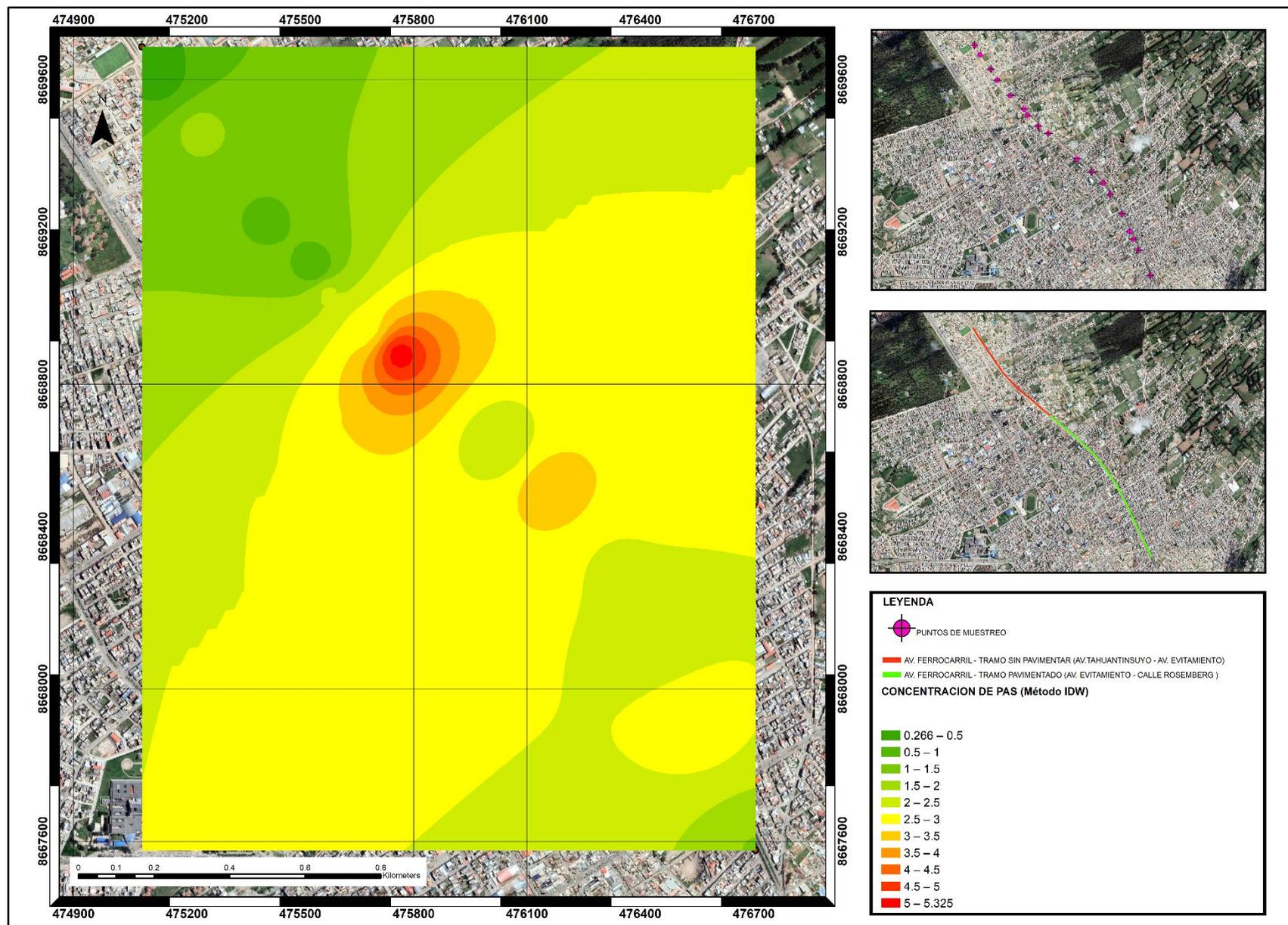
Anexo 09. Mapa de dispersión 1 – Monitoreo 2 (Método Kriging).



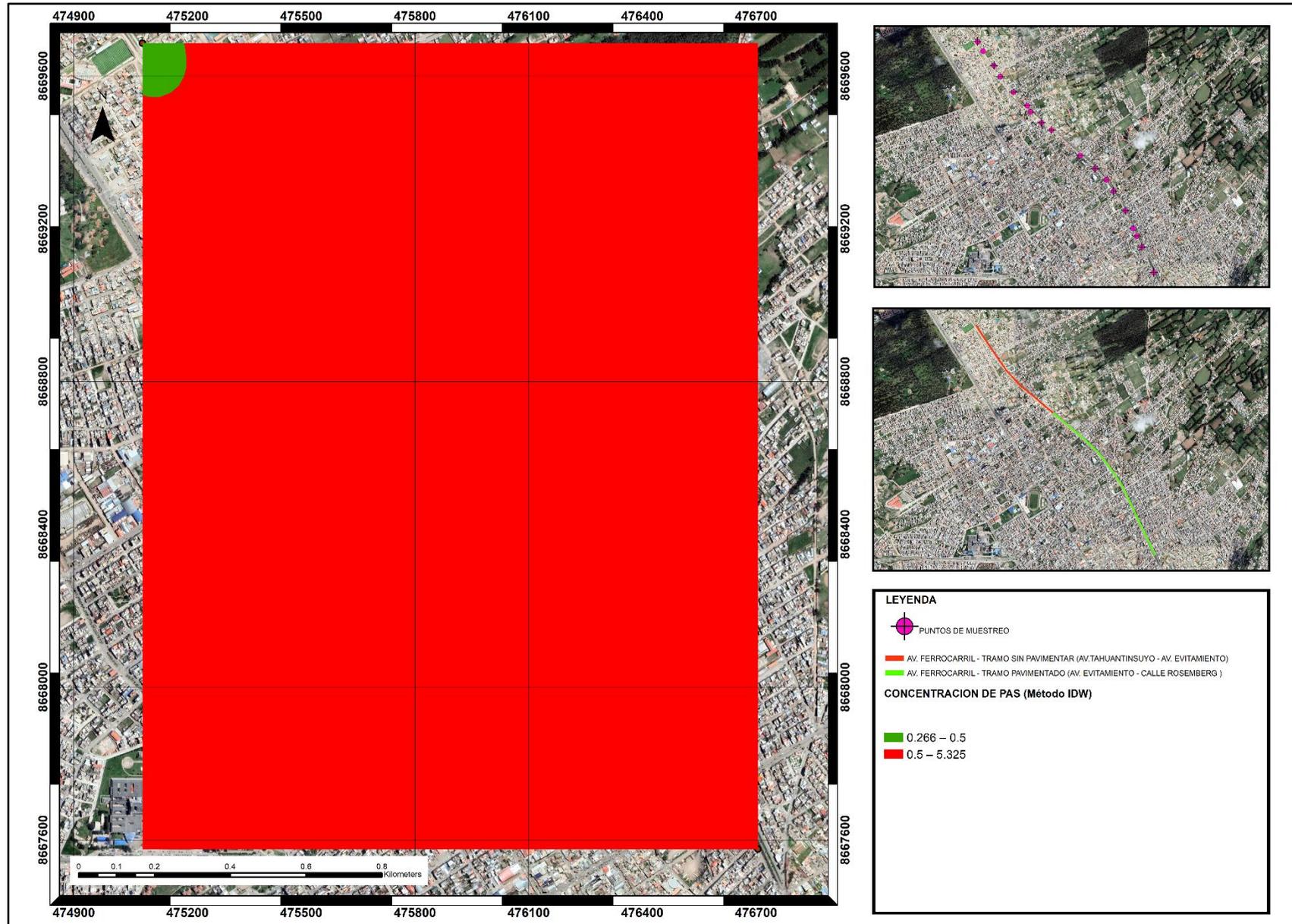
Anexo 10. Mapa de dispersión 2 – Monitoreo 2 (Método Kriging).



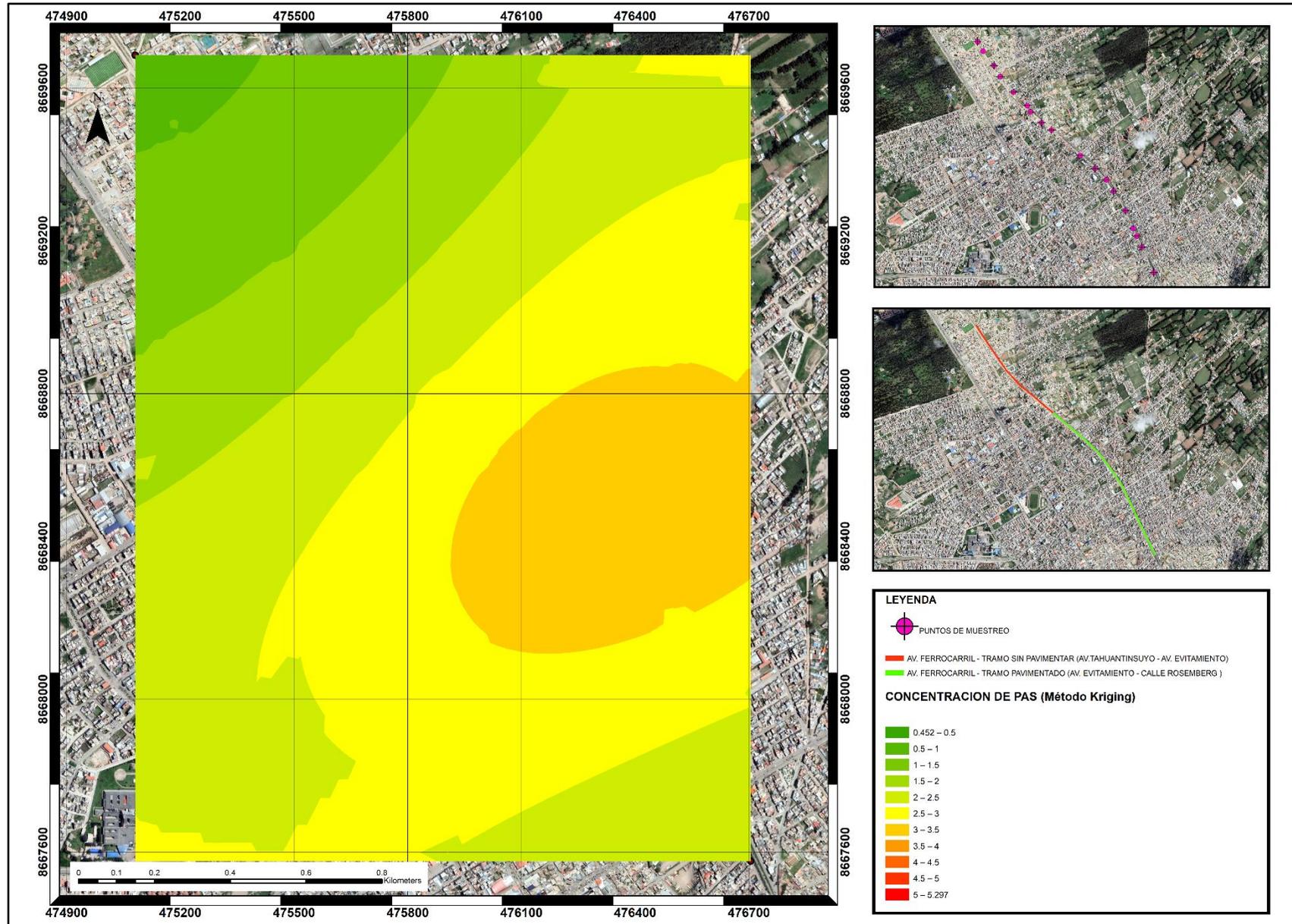
Anexo 11. Mapa de dispersión 3 – Monitoreo 2 (Método IDW).



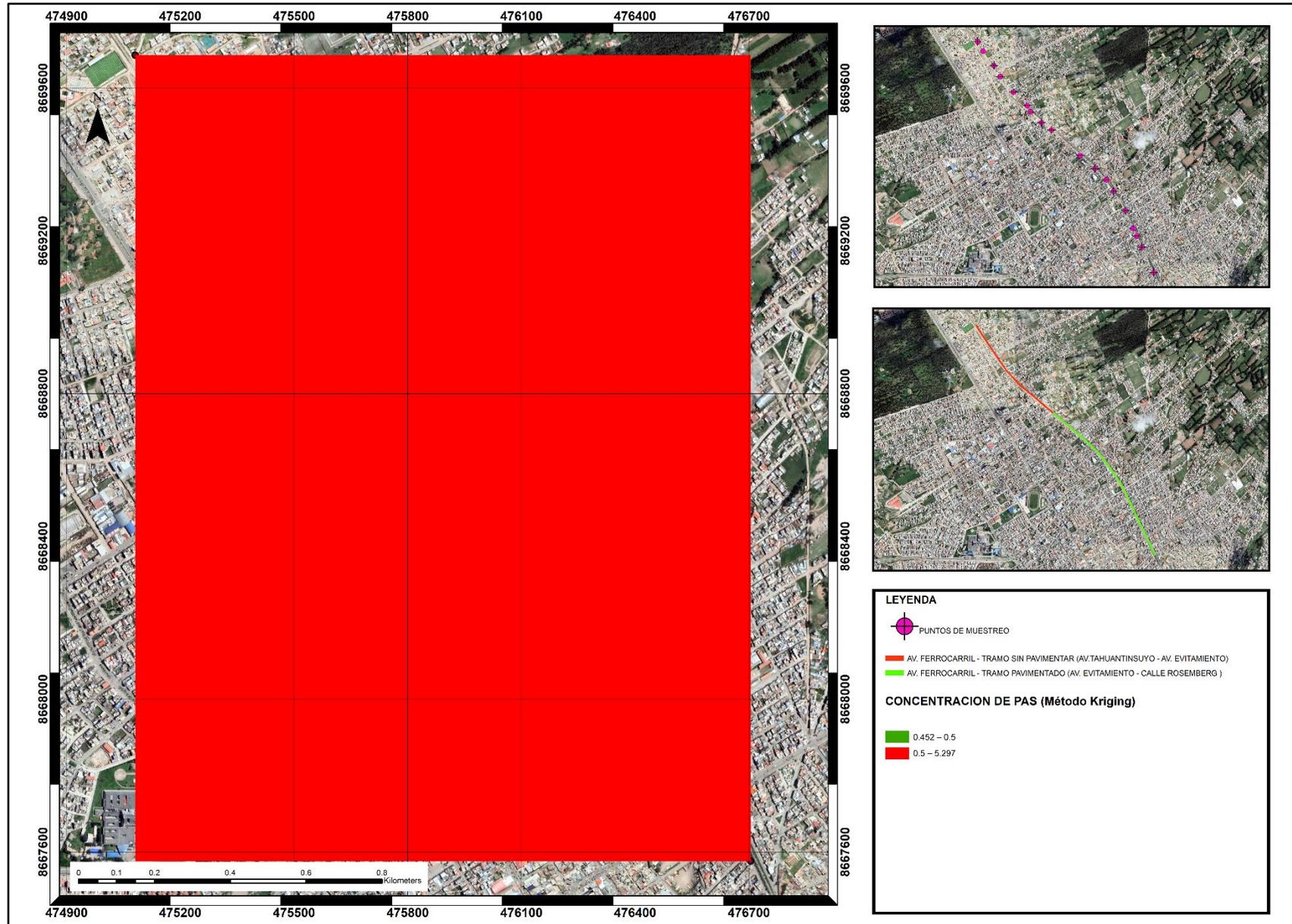
Anexo 12. Mapa de dispersión 4 – Monitoreo 2 (Método IDW).



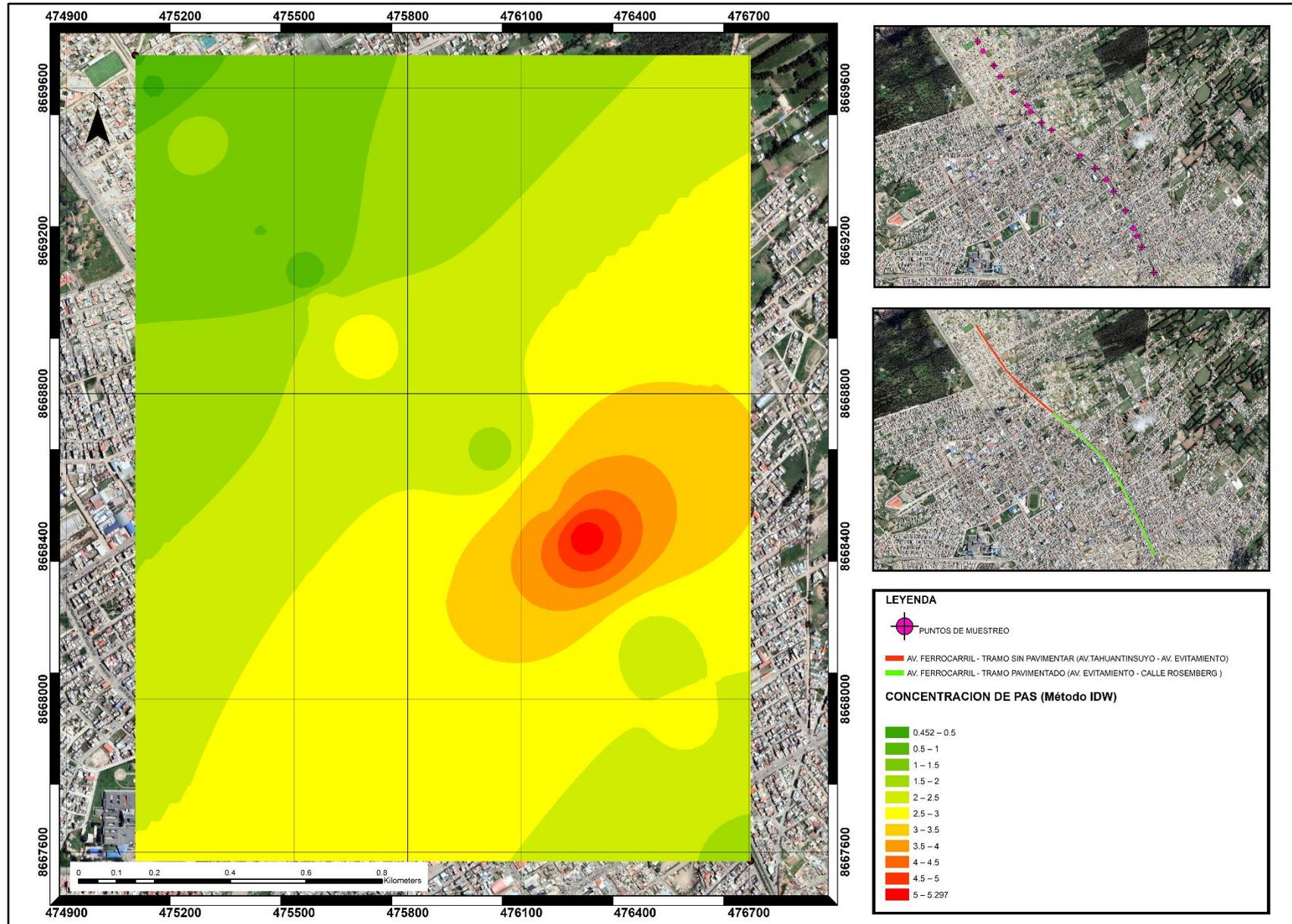
Anexo 13. Mapa de dispersión 1 – Monitoreo 3 (Método Kriging).



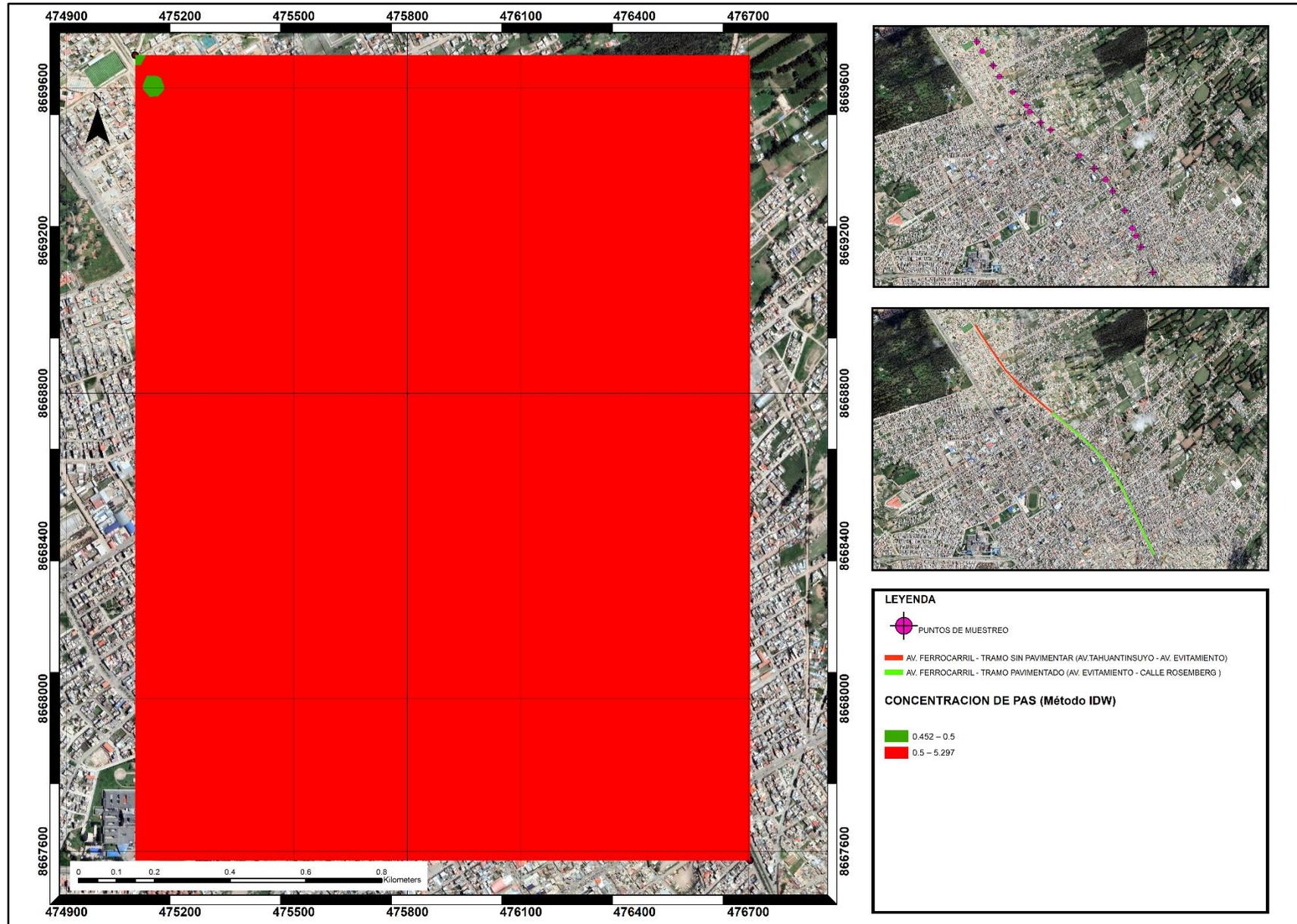
Anexo 14. Mapa de dispersión 2 – Monitoreo 3 (Método Kriging).



Anexo 15. Mapa de dispersión 3 – Monitoreo 3 (Método IDW).



Anexo 16. Mapa de dispersión 4 – Monitoreo 3 (Método IDW).



Anexo 17. Panel fotográfico.



Fotografía 12: Análisis en laboratorio.



Fotografía 13: Análisis en laboratorio.

Anexo 18. Solicitud de acceso a información meteorológica.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»
«Año de la unidad, la paz y el desarrollo»

Solicitó: Acceso a información meteorológica

Ing. Adam Yanina Ramos Cadillo
Representante Dirección Zonal 11 – SENAMHI
El Tambo – Huancayo – Junín

Con el debido respeto me dirijo a Ud. con el objeto de solicitarle datos respecto a la estación meteorológica Santa Ana, descrita y detallada en la tabla 01, con la finalidad de utilizarlos en mi proyecto de investigación (tesis): "EVALUACIÓN Y MONITOREO DE POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE EN LA VÍA PAVIMENTADA Y NO PAVIMENTADA DE LA AVENIDA FERROCARRIL EN EL DISTRITO DE EL TAMBO, PROVINCIA DE HUANCAYO MEDIANTE EL MÉTODO DE PLACAS RECEPTORAS"

Los datos a solicitar son los siguientes:

Tabla 01: Datos específicos a solicitud.

Datos de la estación meteorológica	
-	Estación Santa Ana – 112083
-	Tipo: Convencional – Meteorológica
-	Latitud: 12°0'34.4" S
-	Longitud: 75°13'17.7" W
-	Departamento: Junín
-	Provincia: Huancayo
-	Distrito: El Tambo
Datos en específico a solicitud	
-	Temperatura (°C)
-	Precipitación (mm/día)
-	Humedad (%)
-	Presión (mb)
-	Velocidad del viento (m/s)
-	Dirección del viento
Periodo a considerar en solicitud	
Del 1 de enero del 2023 al 1 de mayo del 2023 (diario)	

Por lo expuesto anteriormente, ruego a Ud. acceder a la presente solicitud.

Huancayo, 7 de junio de 2023.

Atte:

Bach. Ing. Luis Fernando García Chirinos

DNI: 74909792

Cel: 966525768 / Correo electrónico: luisfermandogarciachirinos@gmail.com

Nota: Se adjunta la Resolución de Inscripción del Plan de Tests – Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
PLANILLA CLIMATOLOGICA

ESTACION: Santa Ana
N°: 477
CATEGORIA: MAP

LATITUD: 12°00'34.04" S
LONGITUD: 75°13'12.07" W
ALTITUD: 3248 m.s.n.m

DEPARTAMENTO: Junin
PROVINCIA: Huancayo
DISTRITO: Lamba

MES: Marzo
AÑO: 2023

DIAS	1				2									3				4		5										6		7		
	PRESION ATMOSFERICA a nivel de la estación (mb)				TEMPERATURA DEL AIRE (°C)									HUMEDAD DEL AIRE				PRECIPITACION (mm)		EVAPORACION EN mm										HELIOFANIA		RADIACION GLOBAL		
					EXTREMAS			TERMOMETRO SECO (°C)			TERMOMETRO HUMEDO									PICHÉ					TANQUE									
	07	13	19	Media Aritmética	Maxima	Minima	Media Aritmética	07	13	19	Media Aritmética	07	13	19	Media Aritmética	07	19	Total	07	19	Total	Micromet	Altimet	Piché mm	litros Agua %	Micromet	Altimet	Piché mm	litros Agua %	TOTAL		Piché mm	litros Agua %	%
1	694.0	692.3	691.4	692.6	19.8	6.2	13.0	8.0	18.6	14.8	13.8	7.4	12.2	9.4	9.7	98	47	50	65	0.0	0.0	0.0					2.46	0.13	2.80	0.14	7.0			
2	692.2	690.2	688.6	690.3	22.0	5.6	13.8	7.6	19.6	13.4	13.5	6.8	12.4	11.2	10.1	97	44	82	74	0.0	0.0	0.0					2.76	1.18	3.10	1.18	7.0			
3	692.6	690.0	690.7	691.1	19.2	7.0	13.1	8.2	14.8	12.8	11.9	7.8	9.2	10.0	9.0	97	43	94	78	0.0	0.2	0.2					2.58	3.95	3.00	4.36	5.8			
4	693.3	691.3	691.8	692.1	22.0	4.2	13.1	8.0	18.4	16.0	14.1	7.2	12.4	9.6	9.7	100	49	55	68	0.0	1.6	1.6					3.88	1.14	3.90	1.14	6.7			
5	692.3	691.4	691.1	691.6	17.3	7.8	12.6	9.0	16.0	12.8	12.6	8.2	11.6	9.6	9.8	98	54	66	73	0.0	0.0	0.0					2.30	0.00	2.50	0.00	0.1			
6	693.6	692.3	690.7	692.2	19.2	7.8	12.5	9.2	16.2	13.2	12.9	8.6	11.2	10.0	9.9	98	57	73	76	0.0	0.0	0.0					2.10	1.10	2.30	1.10	2.9			
7	692.4	691.3	690.0	691.2	21.0	3.8	12.4	5.0	18.2	11.2	11.5	4.2	12.0	9.6	8.6	100	48	92	80	0.0	0.0	0.0					3.10	0.53	3.10	0.53	6.1			
8	692.2	690.6	690.6	691.1	22.1	3.6	12.9	5.4	20.6	13.8	13.3	4.8	13.6	7.0	8.5	100	48	62	70	0.0	0.0	13.5					3.48	1.07	3.70	1.07	7.1			
9	692.4	692.0	690.5	691.6	18.8	5.6	12.2	6.8	18.6	13.8	13.1	6.2	12.0	10.8	9.7	100	50	75	75	0.0	0.0	1.0					3.60	0.60	3.78	0.60	0.2			
10	692.2	690.2	691.1	691.2	17.2	8.0	12.6	9.6	15.2	11.6	12.1	9.0	11.4	10.0	10.1	100	67	91	86	1.0	0.8	6.2					2.22	0.22	2.42	0.22	0.6			
SUMA	6927.2	6911.6	6906.5	6915.0	192.6	59.6	129.2	76.8	176.2	133.4	128.0	70.2	118.0	97.2	95.1	988	507	740	745	1.0	16.1	22.5					23.0	0.42	28.40	9.92	30.90	10.34	43.5	
11	693.3	690.4	690.0	691.2	17.3	8.4	12.9	9.6	14.0	13.4	12.3	9.0	10.4	11.0	10.1	99	62	85	84	5.4	0.3	0.5					1.64	0.09	2.04	0.09	1.8			
12	692.4	691.5	690.2	691.4	18.1	7.6	12.9	10.0	15.4	13.0	12.8	9.6	11.4	10.2	10.4	99	65	82	82	0.2	1.2	1.2					2.28	0.13	2.46	0.18	1.2			
13	693.1	691.5	690.5	691.7	19.2	5.4	12.3	6.6	17.0	13.4	12.3	6.0	11.4	9.8	9.1	99	50	65	71	0.0	0.0	0.0					2.44	1.25	2.70	1.27	4.5			
14	693.7	691.3	692.3	692.4	17.7	6.0	11.9	7.8	14.6	11.8	11.4	7.0	11.2	9.2	9.1	96	69	76	80	0.0	1.6	1.6					1.62	0.13	1.90	0.13	0.8			
15	693.3	691.1	692.2	692.2	19.0	7.4	13.2	9.0	18.0	10.0	12.3	8.0	11.6	8.8	9.5	97	50	93	80	0.0	1.7	2.2					2.10	0.38	2.20	0.38	1.8			
16	693.6	690.9	691.1	691.9	19.1	7.2	13.2	8.0	16.4	9.4	11.3	7.6	10.4	8.2	8.7	98	50	95	81	0.5	1.0	6.2					2.76	1.91	2.86	1.93	0.4			
17	693.1	692.7	689.3	691.7	16.2	6.6	11.4	8.2	11.6	11.8	10.5	7.4	8.8	10.4	8.9	98	70	91	86	5.2	1.2	1.2					0.20	0.01	0.30	0.01	2.5			
18	691.4	690.7	690.0	691.3	16.5	6.0	11.3	7.8	14.4	12.8	11.7	7.0	10.2	8.4	8.5	98	56	66	73	0.0	0.0	0.0					2.64	0.85	3.04	0.86	1.4			
19	692.4	690.6	690.7	691.2	19.2	8.0	13.6	9.0	16.2	12.0	12.4	8.4	9.8	8.8	9.0	97	47	71	73	0.0	0.0	0.0					2.54	1.63	3.20	1.64	5.8			
20	693.6	690.2	691.5	691.7	21.2	7.0	14.1	8.0	19.2	13.6	13.6	7.4	12.0	8.6	9.3	98	39	50	62	0.0	0.0	0.0					0.26	0.01	0.40	0.01	6.4			
SUMA	6932.9	6910.9	6907.8	6917.1	183.9	69.6	126.8	84.0	156.8	121.2	120.6	77.4	107.2	93.4	92.6	979	564	774	772	11.3	7.0	12.9					2.28	0.11	22.56	7.22	24.90	7.33	26.6	
21	692.8	691.0	690.2	691.3	19.9	4.2	12.1	6.4	18.8	10.4	11.7	5.8	11.8	8.2	8.6	98	42	89	74	0.0	1.5	1.5					0.26	0.00	0.40	0.00	4.0			
22	692.2	691.0	690.2	691.1	20.0	4.6	12.3	8.2	18.6	11.8	12.9	7.6	11.6	9.8	9.7	92	48	88	77	0.0	1.7	2.2					0.20	0.02	0.38	0.03	4.9			
23	692.4	690.2	689.0	690.5	19.5	5.0	12.3	7.0	17.8	14.4	13.0	6.4	12.0	8.6	9.0	78	48	50	59	0.5	0.0	0.0					0.12	0.01	0.24	0.04	4.9			
24	690.4	690.1	691.4	690.6	19.8	5.8	12.8	10.0	16.6	11.4	12.7	9.4	11.4	10.8	10.5	97	53	96	82	0.0	3.8	9.7					0.24	0.13	0.20	0.14	2.2			
25	693.6	690.2	691.3	691.7	16.8	7.6	12.2	8.4	13.8	10.8	11.0	8.0	10.4	10.0	9.5	99	78	98	92	5.9	0.5	1.0					2.10	0.02	2.30	0.02	2.5			
26	692.7	691.3	690.4	691.5	19.0	7.4	13.2	10.0	18.2	14.6	14.3	9.4	12.4	9.8	10.5	98	47	52	66	0.5	0.0	6.0					0.20	0.00	4.00	0.77	6.1			
27	693.0	692.6	691.4	692.3	18.6	7.8	13.2	8.4	14.8	12.6	11.9	8.0	10.6	10.8	9.8	100	64	86	83	6.0	0.4	0.4					0.10	0.00	1.42	0.00	3.5			
28	693.7	691.7	690.2	691.9	18.6	5.6	12.1	8.4	15.4	11.8	11.9	7.6	11.0	10.4	9.7	97	60	92	83	0.0	1.0	1.0					0.28	0.02	1.92	0.00	5.0			
29	693.1	691.0	689.8	691.3	19.2	6.6	12.9	8.6	17.2	12.6	12.8	8.0	10.8	9.4	9.4	98	46	70	71	0.0	0.0	0.0					0.18	0.00	2.42	0.85	5.8			
30	693.3	691.3	690.9	691.8	16.0	7.4	11.7	9.2	13.2	11.4	11.3	8.4	10.2	9.8	9.5	95	76	93	88	0.0	0.0	0.0					1.34	0.02	1.50	0.02	3.1			
31	694.1	693.3	691.3	692.9	18.2	7.8	13.0	8.8	15.8	14.2	12.9	8.2	10.8	7.4	9.5	98	52	60	72	0.0	0.0	0.0					0.16	0.00	3.00	0.13	4.1			
SUMA	7621.3	7603.7	7576.1	7606.9	205.6	69.8	137.8	93.4	180.2	136.0	136.6	83.8	123.0	107.0	105.7	1055	619	869	847	12.9	8.9	21.8					2.30	0.25	28.02	3.75	30.66	3.98	43.4	
TOTAL	2491.4	2442.6	2410.4	2437.0	587.7	199.0	393.8	251.2	513.2	370.6	385.2	231.4	348.2	247.6	232.4	2322	1690	2383	2364	25.2	32.0	57.2					6.88	0.78	72.98	20.89	85.86	21.69	113.5	
MEDIA	192.9	192.2	190.6	191.6	18.9	6.4	12.7	8.2	16.6	12.6	12.4	7.5	11.2	9.6	9.5	97	55	77	76	0.8	1.0	1.8					0.22	0.02	2.51	0.67	3.7			

DIRECTOR ZONAL

ANALISTA

OBSERVADOR

Forma SENAMHI - 02

