UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

DETERMINACION DEL NIVEL DE CONCENTRACION DE PM 2,5 EN EL SECTOR BELLAVISTA DEL DISTRITO DE CALLERIA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO – UCAYALI 2021

Tesis para optar el título profesional

INGENIERO AMBIENTAL

CANO VARGAS, CRISTINA

SOLSOL MACEDO, IAN

Pucallpa, Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 195/2024-CGyT-UNU.

En la ciudad de Pucallpa, siendo a las 11:10 a.m horas del día 03 de octubre del 2024, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma presencial en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, siendo designados con Memo Múltiple N° 042-2024-UNU-FCFyA-CGyT, Conformado por:

Dr. Gabriel Mercado Jauregui	Presidente
Dr. José Manuel Cárdenas Bernaola	Miembro
Ing. M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón	Miembro

Se procedió a la evaluación de sustentación de la tesis denominado: **"DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE PM 2,5 EN EL SECTOR BELLAVISTA DEL DISTRITO DE CALLERÍA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO – UCAYALI 2021"**, Presentado por la Bach. **CRISTINA CANO VARGAS** y Bach. **IAN SOLSOL MACEDO,** asesorado por el Dr. David León Moreno. Habiendo culminado la sustentación por los bachilleres, se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador las cuales fueron absueltas por los sustentantes, en consecuencia, la tesis fue **APROBADA** por **UNANIMIDAD** recomendando levantar las observaciones indicadas, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL** de **INGENIERO AMBIENTAL.** Siendo las 12:05 p.m del mismo día, se dio por culminado el acto académico, firmado los jurados en señal de conformidad.

Dr. Gabriel Mercado Jauregui
Presidente

Dr. José Manuel Cárdenas Bernaola
Miembro

Ing. M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

En esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Gabriel Mercado Jauregui — Presidente

Dr. José Manuel Cárdenas Bernaola — Miembro

Ing. M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón — Miembro

Dr. David León Moreno — Asesor

Bach. Cristina Cano Vargas — Tesista

Bach. Ian Solsol Macedo — Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/0445-2024.

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

"DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE PM 2,5 EN EL SECTOR BELLAVISTA DEL DISTRITO DE CALLERIA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO – UCAYALI 2021"

Autor(es)	:	CANO VARGAS, CRISTINA
		SOLSOL MACEDO, IAN
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela	:	ING. AMBIENTAL
Asesor(a)	:	Dr. LEON MORENO, DAVID

Presenta un **porcentaje de similitud de 5%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

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

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

Fecha: 06/09/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

Autorización de publicación de tesis I

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Cristina Cano Vargas

Autor de la tesis titulada : Determinación del nivel de concentración de PM 2.5 en el Sector Bellavista del Distrito de Calleria Provincia de Coronel Portillo - Ucayali 2021

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Dr. David Leon Moreno

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [✓]

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

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

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

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 14 / 11 / 2025

Email: cristinacv95@hotmail.com Firma:

Teléfono: 964 993 152 DNI: 71055579

Autorización de publicación de tesis II

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, IAN SAYSO MACEDO

Autor de la tesis titulada: DETERMINACION DEL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE PM 2.5 EN EL SECTOR OBCUANISTA DEL DISTRITO DE CALLERIA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO - UCAYALI 2021

Sustentada el año: 2024

Asesor(a): Dr. DAVID LEON MORENO

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [V]

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

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

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

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 14 / 11 / 2025

Email: Jarper_ian-@hotmail.com Firma:

Teléfono: 944400492 DNI: 71896301

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

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo incondicional y la confianza puesta en mí, por sus consejos y enseñanzas que hacen de mí una mejor persona.

Dedico a mi madre, hermanos y tíos por ser el apoyo inquebrantable durante los años de estudio

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi centro de estudios, a cada uno de los maestros que intervinieron durante mi formación académica y a mis padres por ser siempre el apoyo necesario en cada proceso de mi vida.

A los docentes universitarios por las enseñanzas en cada curso y ciclo académico.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria …… vi

Agradecimiento ……...vii

Índice de Contenido…….ix

Índice de Figuras……..xii

Índice de Tablas ……..xiii

Resumen……xv

Abstract…….xvi

Introducción……xvii

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18

1.1. Descripción del problema……..……18

1.2. Formulacion del problema..... 19

CAPITULO II MARCO TEORICO 20

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 20

2.1.1.Antecedentes internacionales 20

2.1.2.Antecedentes Nacionales..... 21

2.1.3.Antecedentes Locales 22

2.2. BASES TEORICAS 23

2.2.1.Aire……..23

2.2.2.Fuentes contaminantes 23

2.2.3.Calidad de aire 24

2.2.4.Material particulado 25

2.2.5.Efectos en la salud del material particulado 28

2.2.6.Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias 31

2.2.7.Tipos de vías..... 31

2.3.DEFINICION DE TERMINOS BASICOS..... 33

CAPITULO III METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION 34

3.1.1.Tipo de investigación 34

3.1.2.Diseño de la investigación 34

3.1.3.Diseño estadístico 34

3.2.POBLACION Y MUESTRA 34

3.2.1.Población 34

3.2.2.Muestra 35

3.3.INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS 37

3.4.PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS 37

3.4.1.Análisis de material particulado por el método gravimétrico 37

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSION 42

4.1.El nivel de concentración de PM 2.5µm/m3 en el sector Bellavista del distrito de Callería. 42

4.2.Niveles de Concentración de PM2.5µm/m3 en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) 44

4.2.1.Datos meteorológicos del monitoreo en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) 44

4.2.2.Concentración de PM2.5µm/m3 del monitoreo en el Jr. Lloque Yupanqui (Vía pavimentada) 45

4.3. Niveles de Concentración de PM2.5µm/m3 en la Av. Bellavista (vía afirmada) 45

4.3.1.Datos meteorológicos de monitoreo en la Av. Bellavista (vía afirmada).. 45

4.3.2.Concentración de PM2.5µm/m3 del monitoreo en la av. Bellavista (Vía afirmada) 46

4.4.Percepción sobre Material Particulado (PM 2.5µm/m3) de los pobladores del Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y Av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería 47

4.4.1.Datos generales de la población encuestada 47

4.4.2.Percepción de la calidad del aire por partículas en el sector Bellavista. . 48

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 55

5.1. CONCLUSIONES 55

5.2. RECOMENDACIONES 55

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 56

ANEXOS 62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuidados y Recomendaciones del Índice de Calidad del Aire 25
Tabla 2 Guías de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el material particulado 29
Tabla 3 Guías de calidad del aire y objetivos intermedios para el material particulado: concentraciones de 24 29
Tabla 4 Criterios médicos y UNE (EN 12341, 1999) con respecto a las partículas de diámetro <10, 2.5 y 1 µm (PM10, PM 2,5 y PM1). 31
Tabla 5 Decreto Supremo Nº 003-2017-MINAM- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire 31
Tabla 6 ANVA de un factor de los Niveles de PM 2,5 en el sector Bellavista en comparacion con el ECA-AIRE 43
Tabla 7 Datos meteorológicos del monitoreo en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada)..... 44
Tabla 8 Datos meteorológicos de monitoreo en la Av. Bellavista (Vía afirmada) 45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fuentes de contaminación de la atmósfera..... 24
Figura 2 Distribución típica de los tamaños de partículas que se encuentran en la atmósfera..... 27
Figura 3 Distribución del número de partículas en función del diámetro 2828
Figura 4 Representación de las diversas regiones del aparato respiratorio humano 30
Figura 5 Plano de ubicación de puntos de muestreo..... 36
Figura 6 Instalación del equipo conectado a una fuente de poder estable para evitar los picos de energía..... 39
Figura 7 Colocación del Venturi en el equipo 39
Figura 8 Colocación del filtro, en el marco de filtro..... 40
Figura 9 Analís por 24 horas corridas, mediante el data-timer del equipo..... 40
Figura 10 Verificacion el correcto funcionamiento en el horario nocturno 41
Figura 11 Retiró del filtro y se guardó en el sobre de custodia..... 42
Figura 12 Nivel de concentración de PM 2.5µm/m3 en el sector Bellavista del distrito de Callería 45
Figura 13 Concentración de PM2.5µm/m3 del monitoreo en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada)..... 46
Figura 14 Concentración de PM2.5µm/m3 del monitoreo en la Av. Bellavista (vía afirmada) 47
Figura 15 Rango de edades según sexo de la población encuestada 48
Figura 16 Grado de instrucción según sexo de la población encuestada..... 48
Figura 17 Percepción de la población si la falta de señalización es un factor para la generación de polvo 49
Figura 18 Percepción de la población sobre si la generación de polvo afecta su salud..... 499
Figura 19 Percepción de la población sobre el tipo de vía que genera mayor cantidad de polvo 50
Figura 20 Percepción de la población si el tránsito vehicular genera mayor polvo 50
Figura 21 Percepción de la población sobre si el polvo contamina el aire 51

Figura 22 Percepción de la población si el polvo influye en el deterioro de sus materiales y equipos 51
Figura 23 Percepción de la población si el polvo afecta a las plantas..... 52
Figura 24 Percepción de la población sobre el efecto del PM 2,5 en su salud 52
Figura 25 Percepción de la población sobre el efecto del PM 2,5 en el Ambiente 53

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo determinar el nivel de concentración de PM 2,5 µg/m^3 en el sector Bellavista, distrito de Callería en la región de Ucayali. La metodología se basó en la NTP 900.030:2018 para monitoreo ambiental de la calidad de aire, mediante la cual se determina el material particulado respirable como PM 10 y PM 2,5 en la atmósfera. Se instaló en los puntos de muestreo el equipo HI-Vol con un filtro especial de fibra de cuarzo previamente secado y se analizó el peso posterior al monitoreo por 24 horas. Se evaluó 4 puntos de muestreo: 2 en la Av. Bellavista (vías afirmadas) y 2 en el Jr. Lloque Yupanqui (vías pavimentadas); ambas vías importantes para el acceso al sector de Bellavista. Los niveles de concentración de PM 2,5 en el Jr. Lloque Yupanqui es en promedio de 13 ug/m^3 con una mínima de 9 ug/m^3 y máxima de 17 ug/m^3 y en la Av. Bellavista, el promedio es de 34,6 ug/m^3 con una mínima de 27 ug/m^3 y máxima de 40 ug/m^3. Se concluye que el promedio de concentración de PM 2,5 en el sector Bellavista es de 23,8 ug/m^3, no supera el Estándar de Calidad Ambiental para Aire que presenta un límite máximo de 50 ug/m^3. Existe una diferencia significativa entre las concentraciones de PM 2,5 entre una vía pavimentada y una vía afirmada en la zona de Bellavista del distrito de Callería.

Palabras calves: Material Particulado, monitoreo, pavimentado, afirmado, concentración.

ABSTRACT

The present research project has the general objective of determining the concentration level of PM 2,5 μg/m^3 in the Bellavista sector of the Callería district. The methodology used for the measurement of PM 2,5 is the NTP 900.030: 2018 for environmental monitoring of air quality for the determination of breathable particulate material such as PM10 and 2.5 in the atmosphere, this consists of the installation of the HI-Vol equipment with a special quartz fiber filter previously dried and the weight is evaluated after monitoring for 24 hours. 4 sampling points were taken, 2 on Av. Bellavista and 2 points on Jr. Lloque Yupanqui, both important roads for access to the Bellavista area. The results obtained were the concentration level of PM 2,5 in the Jr. Lloque Yupanqui (Paved Road) is on average 13 μg/m^3, with a minimum of 9 μg/m^3 and a maximum of 17 μg/m^3 and the concentration level of PM 2,5 in Av. Bellavista (Via Affirmed) is on average 34.6 μg/m^3, with a minimum of 27 μg/m^3 and a maximum of 40 μg/m^3; the. In conclusion, the concentration level of PM 2,5 in the Bellavista sector of the Callería district is 23.8 μg/m^3 on average, which does not exceed the Environmental Quality Standards for Air, which presents a maximum limit of 100 μg/m^3 and if There is a significant difference between PM 2,5 concentrations between a paved road and an unpaved road in the Bellavista area of the Callería district.

Keywords: Particulate matter, monitoring, paved, affirmed, concentration.

INTRODUCCIÓN

El material Particulado es uno de los contaminantes del aire más común en las diferentes urbes a nivel mundial, este principalmente causado por el tránsito vehicular. Uno de los principales problemas en la región es la falta de vías pavimentadas, solo se cuenta hasta la actualidad con vías de unión entre las diferentes zonas de importancia, siendo las vías alternas en su mayoría afirmadas con el material natural como es nuestro caso de arcilla, que en temporadas lluviosas y de calor presentan problemas como la alta generación de polvo o Material Particulado. Por tal uno de los motivos principales para llevarse a cabo el estudio es conocer la condición del material particulado pm2.5 y como afecta a la población según la influencia del tipo de vía.

Se tomo en cuenta estas dos vías por su condición particular de contar con vías no pavimentadas y pavimentadas en paralelo. Para realizar dichas evaluaciones se consideraron a las dos principales vías de acceso a la zona de estudio, la principal que es la Av. Bellavista que es una vía afirmada y el Jr. Lloque Yupanqui que es una vía pavimentada, para las mediciones se utilizó el equipo de monitoreo ambiental HI-VOL que mediante el uso de filtros de fibra de cuarzo que captaran las partículas PM 2,5 mediante la absorción del aire en la zona de estudio, el método aprobado en los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, se utiliza el método gravimétrico se basa en la diferencia de peso inicial del filtro y final de este que recolecto el equipo Hi-Vol en 24 horas.

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar en la zona de Bellavista del distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, la existencia de vías pavimentadas influye en importante magnitud a la generación de material particulado y en su especial caso PM 2,5, esto debido a que la zona de Bellavista es altamente concurrida por sus actividades comerciales, de venta de abarrotes, frutas, verduras, productos regionales, comercios diversos y demás. Con este estudio se pretende dar a conocer la influencia de la pavimentación de vías en la reducción del PM.2,5 en la calidad del aire.

CAPITULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Las actividades humanas, por ejemplo, la industria y el movimiento vehicular, se consideran las principales fuentes de emisión de Material Particulado que, en conjunto con factores meteorológicos y topográficos, hacen que el comportamiento del PM10 y PM 2,5 varíe temporalmente de manera irregular en la atmósfera (Harrison, 2006).

El tamaño de las partículas se encuentra directamente vinculado con el potencial para provocar problemas de salud. Las partículas pequeñas de menos de 10 micrómetros de diámetro suponen los mayores problemas, debido a que pueden llegar a la profundidad de los pulmones, y algunas hasta pueden alcanzar el torrente sanguíneo. La exposición a estas partículas puede afectar tanto a los pulmones como al corazón. Múltiples estudios científicos vincularon la exposición a la contaminación por partículas a una variedad de problemas. La exposición a la contaminación por partículas tiende a afectar en su mayoría a personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, niños y adultos mayores (EPA, 2021).

En Pucallpa el desarrollo en infraestructura, construcción, viviendas, edificios, etc., así como pistas y veredas, como también el mantenimiento de las vías afirmadas, se desarrolla aceleradamente provocando el incremento de partículas suspendidas en la atmosfera generadas por la frecuencia del tránsito vehicular debido a que el área de estudio es un área comercial.

Los puntos de muestreo se encuentran ubicados en el distrito de Callería de 8 a 10 min del centro de la ciudad de Pucallpa por diferentes vías de acceso debido a que se encuentra en la zona urbana, el área de estudio se encuentra en dos vías transitadas por la presencia de comercio de productos de consumo directo, instituciones educativas y centros de salud. Ello genera alta concentración de partículas suspendidas en la atmosfera afectando así desde el punto de vista ambiental y a la salud a la población cercana y a los transportistas que circulan por la vía, atentando así contra su salud.

1.2. Formulación del problema

Problema general

- ¿Cuál es el nivel de concentración de PM 2,5 µm/m^3 en el sector Bellavista del distrito de Callería?

Problemas específicos

- ¿Cuál es el nivel de concentración de PM 2,5 µm/m^3 en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y en la av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería?
- ¿Cuál es la percepción de PM 2,5 µm/m^3 de los pobladores del Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y Av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería?

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. Antecedentes internacionales

En la investigación realizada por Méndez y otros (2017), titulada la valoración del impacto y estimación experimental de factores de emisión de polvo suspendido, se obtuvo a partir de mediciones y un análisis estadístico experimental entre concentraciones de PM10, PM2.5, BC y variables meteorológicas al lado de la vía, junto con la aplicación de los modelos de dispersión SCREEN3 y AERMOD. Los factores de emisión estimados para vía no pavimentada fueron 7,8 ± 0,5 g PM10/VKT y 0,6 ± 0,2 g PM2.5/VKT y para vía en proceso de construcción de 28 ± 0,27 µg PM10/m2*s y 11 ± 0,13 µg PM2.5/m2*s. La modelación de dispersión atmosférica de material particulado suspendido mostró una reducción del área de impacto en aproximadamente 1km y más de un 95% en concentración.

En el estudio de Rojano y otros (2013), determinaron las concentraciones de partículas suspendidas totales (PST) y partículas menores de 10 y 2.5 micrómetros (PM10 y PM2.5) en la zona urbana del municipio de Riohacha, Colombia. Los instrumentos utilizados fueron un muestreador de alto volumen para PST y PM10 y un muestreador de bajo volumen (Partisol) para las partículas PM2.5, todo en seis estaciones de monitoreo. Los resultados mostraron que el promedio de la concentración de PM10 varió desde 43,69 a 19,47 µg/m3, las PST de 86,02 a 27,38 µg/m3 y las PM 2,5 mostraron un promedio de 14.57 µg/m3. Las relaciones PM10/PST variaron desde 0,50 a 0.68. Las seis estaciones presentaron buena correlación PST/PM10 (R = 0,795). Las PST pueden implicar presencia de partículas PM10 en el área urbana esta ciudad, pero las concentraciones de PM10 no necesariamente indican presencia de partículas PM 2,5 (R= 0,035). Los resultados de correlación de PM10/PST son similares a estudios realizados en otras zonas urbanas de Colombia y de otros países.

Rodríguez y Núñez (2016), en su estudio el máximo valor de concentración a exposición personal se presentó en la estación de monitoreo de la Calle 72, con un resultado de 238.10µg/m3 en el día hábil; mientras que,

el mínimo reportado fue en la estación del Jardín Botánico con un valor de 59.52 µg/m3 para la jornada del día no hábil. Mediante el uso del ANOVA jerarquizado, se determinó que no existen diferencias significativas entre la media de las dosis del hombre y la mujer ni en las estaciones de muestreo. Sin embargo, existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de los dos tipos de días. En cuanto al riesgo cancerígeno, se determinó que las personas que laboran cerca de la estación de la Calle 72 son quienes más probabilidades tienen de desarrollar cáncer de pulmón. Simultáneamente, en el riesgo no cancerígeno, los hombres que laboran cerca de las estaciones de la Calle 72, Autónoma y Centro superan el límite seguro de exposición.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

El estudio realizado por Acuña y Zegarra (2018), los resultados obtenidos se puede apreciar concentraciones de PM2.5, CO, SO_2, NO_2 mayores en la ciudad de Huaraz y menores en Jancu y Shallap. Similar comportamiento se observa para las concentraciones de carbono negro, las cuales nos indican que las concentraciones de gases y partículas encontradas en los diferentes lugares serían de origen antropogénico. Las velocidades y direcciones de los vientos en los puntos muestreados presentan una alta variabilidad con una predominancia hacia el Oeste, lo que también se verifica en los resultados del modelo donde la mayoría de las trayectorias son hacia el Oeste. De los resultados obtenidos se ha llegado a la conclusión de que existe transporte de contaminantes por el flujo de las masas de aire de Huaraz hacia el glaciar San Juan, tanto a nivel de superficie como de altura, pero que dicho transporte es mínimo y no constante, ya que sólo se da por horas y en algunos días del año.

La investigación de Pacsi (2016), las zonas norte, sur y este de Lima presentan los mayores valores de PM10 y PM2,5. Los valores de la relación PM2,5/PM10 para Lima Metropolitana, se encuentran en el rango de 0,50 (Lima norte) y 0,75 (Callao) con un promedio para la ciudad de O,65.

En el estudio realizado por Velarde (2017), los resultados demostraron la existencia de una relación positiva significativa de 0.39 entre PM 2,5 y PM10,

valor cercano al propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para países en vías de desarrollo. También, se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de 0.66. La relación obtenida no garantizaría la predicción de los valores de PM 2,5 en función al monitoreo de PM10, ya que se obtuvo un coeficiente de determinación de 44.32%, siendo muy bajo para una predicción confiable. Además, se analizó la variación temporal de las variables, demostrando una tendencia decreciente de los valores de material particulado en función al cambio de estación de invierno a primavera.

2.1.3. Antecedentes Locales

El estudio realizado por Soto (2016), como resultado obtuvo que en la vía sin pavimentar se obtuvo un promedio de 453.68 ug/m3 de material particulado (PM1 0), mientras que para la vía pavimentada se obtuvo en promedio, 444.80 ug/m3 de material Particulado (PM1 O). En conclusión, ambos resultados muestran que las vías monitoreadas se encuentran en estado de alerta de PM 1O de "URGENCIA" por cuanto superan los estándares de calidad de aire que es de 150 ug/m3 de material Particulado.

El estudio realizado por Mosqueda (2015), donde obtuvo como resultado que os promedios de las concentraciones de material particulado (PM1O) son: Punto 01 629.04 ug/m3; Punto 02, 658.69 ug/m3 y Punto 03, 870.42 ug/m3; siendo el punto 03 con mayor concentración de PM1O. Es decir, dichos resultados muestran que los 3 puntos de monitoreo se encuentran en un nivel de alerta de Emergencia porque superan los Niveles de Estados de Alerta por contaminación de aire mayor a 420 ug/m3 por un periodo de 24 horas.

El estudio realizado por la DIGESA (2010), obtuvieron como resultado que las concentraciones de Partículas Menores a 10 Micras (PM10), determinadas en las estaciones de muestreo ubicadas en la ciudad de Pucallpa, oscilan entre 9.9 µg/m3 y 77.4 µg/m3. El menor valor se determinó el día 03 de marzo en la estación E-1 (Hospital Amazónico), mientras que el mayor valor se encontró en la estación E-4 (Hospedaje Sky Room) el 04 de marzo del año en curso.

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.2.1. Aire

El aire es un bien común limitado, indispensable para la vida; por lo tanto, su utilización debe estar sujeta a normas que eviten el deterioro de su calidad por el uso o abuso indebido del mismo, de tal modo que se preserve su pureza como garantía del normal desarrollo de los seres vivos sobre la Tierra y de la conservación del patrimonio natural y artístico de la Humanidad. Todos tienen el deber de trabajar para lograr un mundo limpio y habitable, sustento de una mejor calidad de vida para las generaciones futuras. Un contaminante puede afectar la salud de los seres humanos, así como de las plantas y animales, asimismo, puede afectar los materiales no vivos como pinturas, metales y telas (Inche, 2004).

2.2.2. Fuentes contaminantes

Los contaminantes presentes en la atmósfera proceden de dos tipos de fuentes emisoras bien diferenciadas: las naturales y las antropogénicas o artificia- les. Esta última se refiere a las actividades humanas. Las emisiones naturales provienen fundamentalmente de los volcanes, incendios forestales y descomposición de la materia orgánica en el suelo y en los océanos. Las cifras muestran la gran importancia que, en cuanto a emisiones globales, tienen las fuentes naturales de emisión de contaminantes en relación con los antropogénicos, excepto en el caso de las emisiones de anhídrido sulfuroso en que casi se igualan ambas (Inche, 2004).

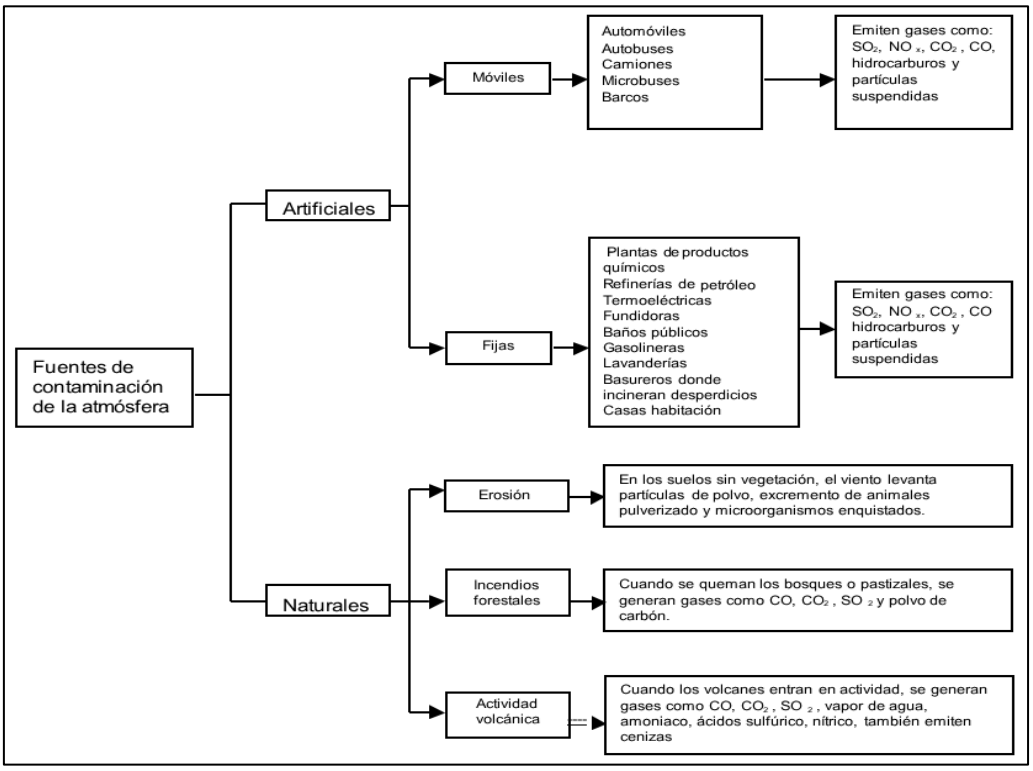
Fuentes naturales: Son factores que contaminan independientemente de las actividades humanas, como los vientos que producen polvaredas, las erupciones volcánicas, la erosión del suelo, los incendios forestales (Inche, 2004).

Fuentes artificiales: Son las que contaminan a causa de actividades humanas. Comprende las fuentes fijas y móviles. Fuentes Fijas o Estacionarias, Es toda instalación establecida en un solo lugar y que tiene como propósito desarrollar procesos industriales, comerciales, de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera. Incluyen a los sectores: químico, petrolero, pinturas y tintas, de

automóviles, de papel, del acero, del vidrio, de la generación de la electricidad, del cemento, etc. Fuentes Móviles se consideran los vehículos automotores que circulan por carretera tales automóviles camiones, autobuses y motocicletas (Inche, 2004).

Figura 1

Fuentes de contaminación de la atmósfera



Fuente: (Inche, 2004)

2.2.3. Calidad de aire

Hay muchos factores que afectan la calidad del aire que respiramos como, por ejemplo, la presencia de sustancias contaminantes como gases o partículas generadas de manera natural o por actividades desarrolladas por el hombre. El crecimiento económico que tiene el país en los últimos años demanda un mayor uso de energía, recursos y servicios por parte de la población e industrias, significando la liberación de contaminantes del aire y gases que alteran la calidad del aire afectando la salud de la población expuesta, produce daños en el ambiente (flora, fauna y ecosistemas) y el deterioro de bienes como los edificios, monumentos y otras estructuras. Es

por ello que en el Perú, la calidad del aire se basa en el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire (ECA Aire), que establecen niveles objetivo para la presencia de contaminantes en el aire, de modo que al mantenerse bajo estos niveles no representen riesgo a la salud de la población ni al ambiente. La Gestión de la calidad el aire que viene realizando el Ministerio del Ambiente considera a los contaminantes atmosféricos de tipo químicos (gases y partículas) y físicos (ruido y radiaciones no ionizantes, los cuales de encontrarse en exceso, en referencia a los ECA, son nocivos al ambiente y por consiguiente a la salud de las personas (MINAM, 2015).

El índice de Calidad del Aire (INCA) tiene un valor óptimo comprendido entre O y 100, el cual coincide con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire.

Tabla 1

Cuidados y Recomendaciones del Índice de Calidad del Aire

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

Fuente: (MINAM, 2016)

2.2.4. Material particulado

PM significa material particulado (también llamado contaminación por partículas): el término para una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas

que se encuentran en el aire. Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, son lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista. Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico. La contaminación por partículas incluye: PM10: partículas inhalables que tienen diámetros de, por lo general, 10 micrómetros y menores; y PM2,5: partículas inhalables finas que tienen diámetros de, por lo general, 2,5 micrómetros y menores (EPA, 2021).

El material particulado (PM) es un contaminante de naturaleza compleja no sólo por sus características físicas (masa, tamaño, y densidad), sino también por sus características químicas (contiene compuestos orgánicos e inorgánicos, metales y contaminantes primarios y secundarios). Estas características son críticas para determinar el tipo y magnitud de los efectos sobre la salud humana (Préndez y otros, 2007).

Se forman básicamente por medio de procesos mecánicos, como las obras de construcción, la resuspensión del polvo de los caminos y el viento, mientras que las segundas proceden sobre todo de fuentes de combustión. En la mayor parte de los entornos urbanos están presentes ambos tipos de partículas, gruesas y finas, pero la proporción correspondiente a cada uno de los dos tipos de tamaños es probable que varíe de manera sustancial entre las ciudades en todo el mundo, en función de la geografía, la meteorología y las fuentes específicas de MP de cada lugar. En algunas zonas, la quema de leña y otros combustibles de biomasa puede ser una fuente importante de contaminación atmosférica por partículas, siendo la mayor parte de las procedentes de la combustión de tipo fino (MP2,5). Aunque son pocos los estudios epidemiológicos en los que se ha comparado la toxicidad relativa de los productos de la quema de combustibles fósiles y de biomasa, se han encontrado estimaciones de efectos similares en una gran variedad de ciudades de países tanto desarrollados como en desarrollo (OMS, 2005).

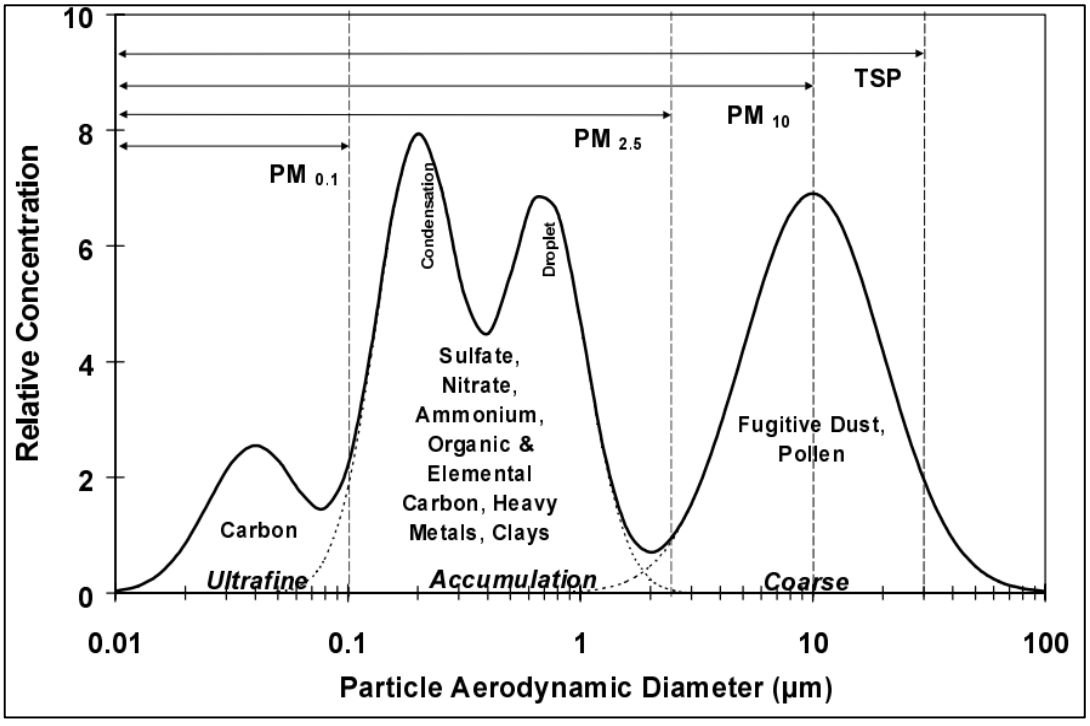
El material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo, este se define como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la

atmósfera (Mészáros, 1999), que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas (Arciniegas, 2012).

La presencia en la atmósfera de este contaminante ocasiona variedad de impactos a la vegetación, materiales y el hombre, entre ellos, la disminución visual en la atmósfera, causada por la absorción y dispersión de la luz (Chen y otros, 2009).Además, la presencia del material particulado está asociada con el incremento del riesgo de muerte por causas cardiopulmonares en muestras de adultos (Pope, 2004).

Figura 2

Distribución típica de los tamaños de partículas que se encuentran en la atmósfera



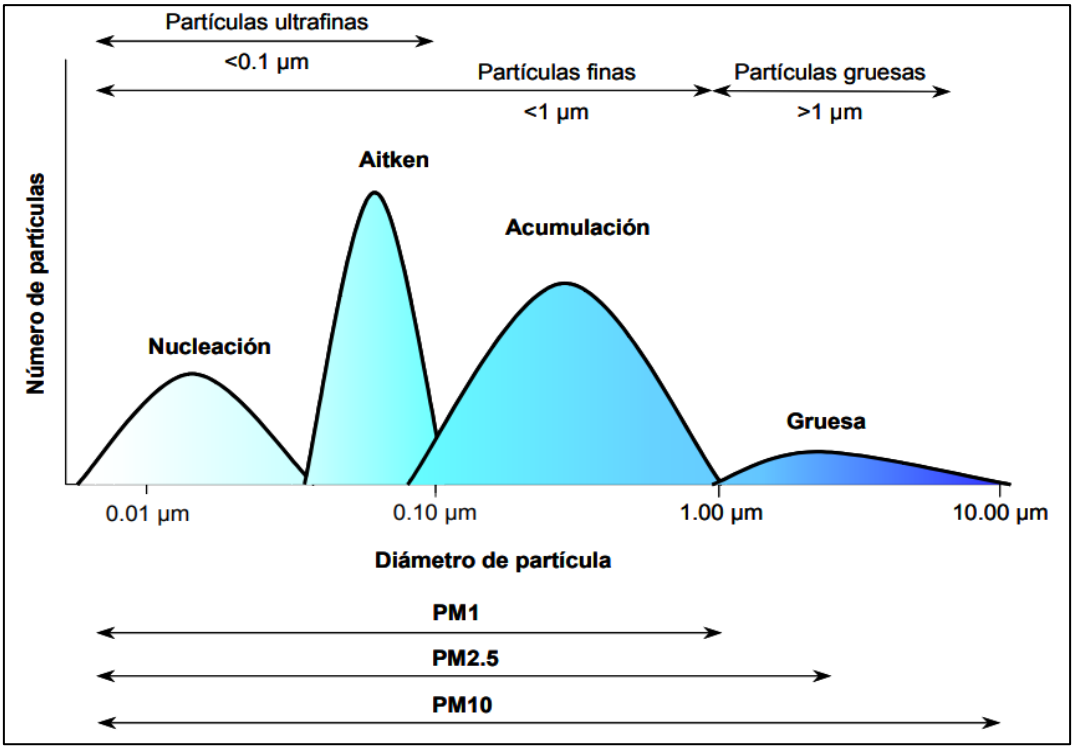
Fuente: (Watson y Chow, 2000)

En general, la granulometría y la composición química del material particulado suelen ser características del foco emisor. La denominación de las partículas incluidas en determinados rangos granulométricos varía en función del ámbito de estudio, ya sea en ciencias atmosféricas o en

epidemiología y calidad del aire. Así, como se verá más adelante, se denomina “partículas finas” en ciencias atmosféricas a aquellas partículas de diámetro 1 µm (Viana Rodríguez, 2003).

Figura 3

Distribución del número de partículas en función del diámetro



Fuente: (Viana Rodríguez, 2003)

2.2.5. Efectos en la salud del material particulado

Las pruebas relativas al material particulado (MP) suspendido en el aire y sus efectos en la salud pública coinciden en poner de manifiesto efectos adversos para la salud con las exposiciones que experimentan actualmente las poblaciones urbanas, tanto en los países desarrollados como en desarrollo. El abanico de los efectos en la salud es amplio, pero se producen en particular en los sistemas respiratorio y cardiovascular. Se ve afectada toda la población, pero la susceptibilidad a la contaminación puede variar con la salud o la edad. Se ha demostrado que el riesgo de diversos efectos aumenta con la exposición, y hay pocas pruebas que indiquen un umbral por debajo del cual no quepa prever efectos adversos en la salud. En realidad, el

nivel más bajo de la gama de concentraciones para las cuales se han demostrado efectos adversos no es muy superior a la concentración de fondo, que para las partículas de menos de 2,5 µ (MP2,5) se ha estimado en 3-5 µg/m3 tanto en los Estados Unidos como en Europa occidental. Las pruebas epidemiológicas ponen de manifiesto efectos adversos del MP tras exposiciones tanto breves como prolongadas (OMS, 2005).

Tabla 2

Guías de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el material particulado

	MP10 (µg/ m3)	MP2,5 (µg/m3)	Fundamento del nivel elegido
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	70	35	Estos niveles están asociados con un riesgo de mortalidad a largo plazo alrededor de un 15% mayor que con el nivel de las GCA.
Objetivo intermedio-2 (OI-2)	50	25	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad prematura en un 6% aproximadamente [2- 11%] en comparación con el nivel del OI-1.
Objetivo intermedio-3 (OI-3)	30	15	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad en un 6% [2-11%] aproximadamente en comparación con el nivel del OI-2.
Guía de calidad del aire (GCA)	20	10	Estos son los niveles más bajos con los cuales se ha demostrado, con más del 95% de confianza, que la mortalidad total, cardiopulmonar y por cáncer de pulmón, aumenta en respuesta a la exposición prolongada al MP2,5.

Fuente: (OMS, 2005)

Tabla 3

Guías de calidad del aire y objetivos intermedios para el material particulado: concentraciones de 24

	MP10 (µg/ m3)	**MP2,5 (µg/m3)**	**Fundamento del nivel elegido**
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	150	75	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y metaanálisis (incremento de alrededor del 5% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Objetivo intermedio-2 (OI-2)	100	50	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y metaanálisis (incremento

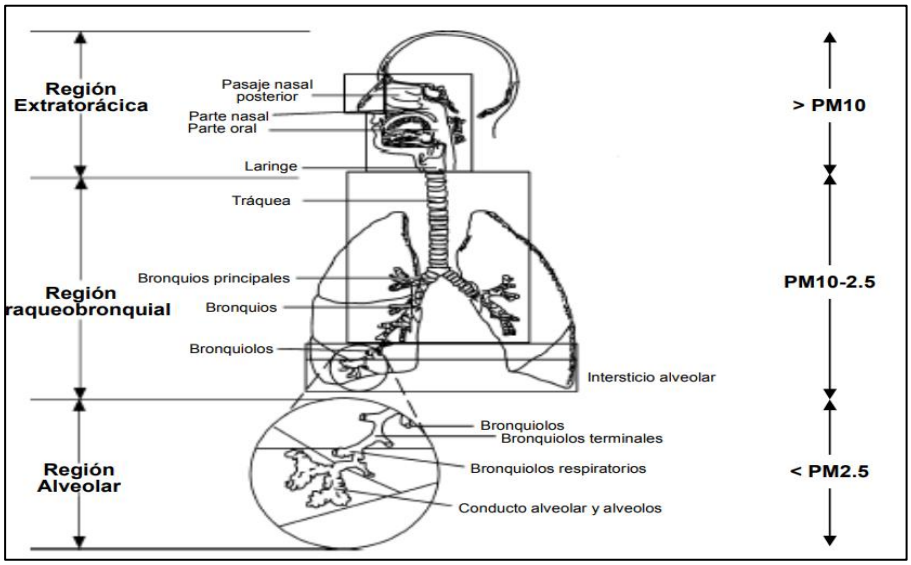
			de alrededor del 2,5% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Objetivo intermedio-3 (OI-3)	75	37.5	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y metaanálisis (incremento de alrededor del 1,2% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Guía de calidad del aire (GCA)	50	25	Basado en la relación entre los niveles de MP de 24 horas y anuales.

Fuente: (OMS, 2005)

El sistema respiratorio constituye la principal vía de entrada del material particulado en el organismo. La deposición de las partículas en diferentes partes del cuerpo humano depende del tamaño, forma y densidad de las partículas, así como de la respiración del individuo (nasal u oral). Posteriormente, los efectos que puede inducir el material particulado en el organismo dependen de la granulometría, la morfología y la composición química de las partículas, el tiempo de exposición y la susceptibilidad de cada persona. Todas las partículas de diámetro <10 µm (PM10, partículas torácicas) tienen un tamaño suficiente para penetrar en la región traqueobronquial, pero sólo aquellas de diámetro <2.5 µm (PM2.5, partículas alveolares) pueden alcanzar la cavidad alveolar y, por tanto, provocar mayores afecciones (Viana Rodríguez, 2003).

Figura 4

Representación de las diversas regiones del aparato respiratorio humano



Fuente: (EPA, 2002)

Tabla 4

Criterios médicos y UNE (EN 12341, 1999) con respecto a las partículas de diámetro <10, 2.5 y 1 µm (PM10, PM 2,5 y PM1).

Tamaño	Criterio médico	Criterio UNE
> PM10	Laringe, faringe, cavidades nasales (>10µm)	Fracción inhalable(<30 µm) Fracción extratorácica (10µm)
PM10-2.5	Tráquea (10-6µm)	Fracción torácica (<10µm)
PM 2,5 (<2.5 µm	Bronquios (6-3µm) Bronquiolos (3-1µm)	Fracción traqueobronquial (10- 2.5µm)
PM1 (<1 µm	Alvéolos (1µm)	Fracción alveolar (<2.5 µm)

|Fuente: (EPA, 2002)

2.2.6. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias

Tabla 5

Decreto Supremo Nº 003-2017-MINAM- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire

Parámetros	Período	Valor [µg/m3]	Criterios de evaluación	Método de análisis
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM2,5)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	

Fuente: (MINAM, 2017)

2.2.7. Tipos de vías

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

Autopistas de Primera Clase: Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada (MTC, 2014).

Autopistas de Segunda Clase: Son carreteras con un IMDA en t r e 6.00 0 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un

sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada (MTC, 2014).

Carreteras de Primera Clase: Son carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada (MTC, 2014).

Carreteras de Segunda Clase: Son carreteras con IMDA entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada (MTC, 2014).

Carreteras de Tercera Clase: Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase (MTC, 2014).

Trochas Carrozables: Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de

4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar (MTC, 2014).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

AFIRMADO: Capa compactada de material granular natural ó procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables (MTC, 2013) .

EMISIÓN. Salida de contaminantes hacia el ambiente a partir de una fuente fija o móvil (DIGESA, 2005).

ESTÁNDAR DE CALIDAD DEL AIRE. La máxima concentración de una sustancia potencialmente tóxica que puede permitirse en un componente ambiental durante un periodo definido (DIGESA, 2005).

FUENTES MÓVILES. Aquellas que cambian su ubicación con respecto al tiempo y el área de influencia de sus emisiones por lo que se considera lineal o de superficie (DIGESA, 2005).

MATERIAL PARTICULADO: Se denomina material particulado a una mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire. El material particulado forma parte de la contaminación del aire. Su composición es muy variada y podemos encontrar, entre sus principales componentes, sulfatos, nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales, cenizas metálicas y agua. Dichas partículas además producen reacciones químicas en el aire (Instituto para la Salud Geoambiental, 2013).

PARTÍCULA. Masa pequeña discreta de materia sólida o líquida (DIGESA, 2005).

CAPITULO III
METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

El enfoque de la investigación es de tipo mixto, ya que los resultados fueron de tipo cuantitativo el nivel de PM2.5 y cualitativo la percepción de la población aledaña.

El tipo de investigación es básico, ya que se recopilo la información de madera fidedigna a la realidad y se analizó esta son ninguna modificación en las condiciones de estudio.

El nivel de investigación es Descriptiva, ya que este presenta los resultados en base a compararse con las ECAs, teniendo como resultado final si cumple esta normativa.

3.1.2. Diseño de la investigación

El diseño es transversal, cuando solamente se hace una medición de las variables. Su principal característica es, que de manera simultánea y en un periodo determinado (Vallejo, 2002). En este caso se evaluará los niveles de PM 2,5 en condiciones paralelas y similares en vías asfaltadas o pavimentadas y carrozable.

3.1.3. Diseño estadístico

El tratamiento de datos se llevó mediante el uso del programa SPSS IBM V.24, el cual se analizó el ANVA para determinar con certeza la diferencia de las medias de las concentraciones de PM 2,5 en la vía pavimentada contra la vía afirmada. Además, se utilizó el programa Excel para representar gráficamente los resultados estadísticos como la media, el porcentaje representativo y grupos de estudio.

3.2. POBLACION Y MUESTRA

3.2.1. Población

a) Concentración de Partículas

El proyecto se realizó en el Distrito de Callería, específicamente en el Jr Bellavista y Lloque Yupanqui, en una distancia de 800 metros de longitud por 200 metros de ancho en cada jirón (el radio de evaluación del muestreador Hi-Vol es de 100 metros). Aplicando la fórmula del área del rectángulo (Longitud x Ancho) se obtiene un área total de 320,000 metros cuadros, equivalentes a 32 hectáreas que es la población total.

3.2.2. Muestra

a) Determinación de Concentración de Partículas

La muestra se determinó por puntos de muestreo (se tomará 2 puntos con 3 repeticiones en cada uno) utilizando la fórmula del área del círculo la cual se trabajará con una muestra de tamaño 125,600 metros cuadrados. Este criterio será aplicado debido a que el ámbito de influencia del equipo HIVOL, indica su efectividad hasta los 100 metros de radio. Considerando los dos puntos según el tipo de vía, que fue la vía pavimentada y la vía afirmada, en la misma área de estudio.

3.2.2.1. Área de Estudio

Figura 5

Plano de ubicación de puntos de muestreo



3.3. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se utilizó:

Ficha de recolección de datos de calidad de aire para monitoreo activos PTS/PM, de (MINAM, 2019), el cual registra la medición de material particulado y los datos para su análisis, por cada recolección de datos se registra los siguientes datos:

- Nombre del Operador
- Estación
- Tipo de filtro
- Método de Análisis
- Equipo de análisis
- Fecha de análisis
- Hora inicial y Final
- Tiempo
- Caudal
- Volumen
- Peso inicial del filtro y peso fina
- Peso medio
- Resultado final

Encuesta de la percepción de la calidad del aire por partículas, el cual se aplicó en la población aledaña a la zona de estudio.

3.4. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Análisis de material particulado por el método gravimétrico

3.4.1.1. Condiciones de trabajo

- El equipo utilizado presenta calibración por parte de un laboratorio acreditado, en nuestro caso se trabajó con un equipo Hi-Vol calibrado en el laboratorio OH-LAB (Ocupacional Hygiene Laboratory S.A.C.) con registro LC-029 – NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración / INACAL.
- Se solicitó al laboratorio acreditado ITS (Ispection & Testing Services del Perú S.A.C.) con registro LE- 120– NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos

Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración / INACAL.

- Se consideró la fuente de energía estable
- El muestreador o equipo Hi-Vol debe estar a una distancia mayor a 20 m de la parte exterior de árboles.

3.4.1.2. NTP 900.030:2018 (Item 11.2 al 11.5 y 11.16 al 11.17) (No Incluye Muestreo) (VALIDADO - Modificado). 2019. MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL. Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera (INACAL, 2019).

- Se solicitó al laboratorio Acreditado filtros de fibra de cuarzo para PM 2,5 con dimensiones de 20 x 24 cm.
- Este procedió a realizar la cadena de custodia inicial de parte y pedido.
- Procedió a realizar el secado en un horno por 24 horas a 105.5 °C.
- Se dejó enfriar en una campana de desecado hasta temperatura ambiental estable
- Se realizó el pesado inicial por 3 veces mínimo hasta obtener un peso estable.
- Luego se almaceno el filtro con peso inicial en un sobre sellado con el parte de custodia.
- Se recibió el filtro de parte del laboratorio en la ciudad de Pucallpa.
- Se programó el monitoreo en días sin pronóstico de lluvias.
- Se procedió a la instalación del equipo Hi-VOL colocándolo en una zona segura con las consideraciones que este bajo un árbol.

Figura 6

Instalación del equipo conectado a una fuente de poder estable para evitar los picos de energía



Figura 7

Colocación del filtro, en el marco de filtro



Figura 8

Análisis por 24 horas corridas, mediante el data-timer del equipo.



Figura 9

Verificación el correcto funcionamiento en el horario nocturno



Figura 10

Retiró del filtro y se guardó en el sobre de custodia



- Se envió a laboratorio acreditado ITS
- Este procedió a secarlo por 24 horas a 105.5 °C.
- Se dejó enfriar en una campana de desecado hasta temperatura ambiental estable
- Se realizó el pesado inicial por 3 veces mínimo hasta obtener un peso estable.
- Se emitió el certificado de análisis.

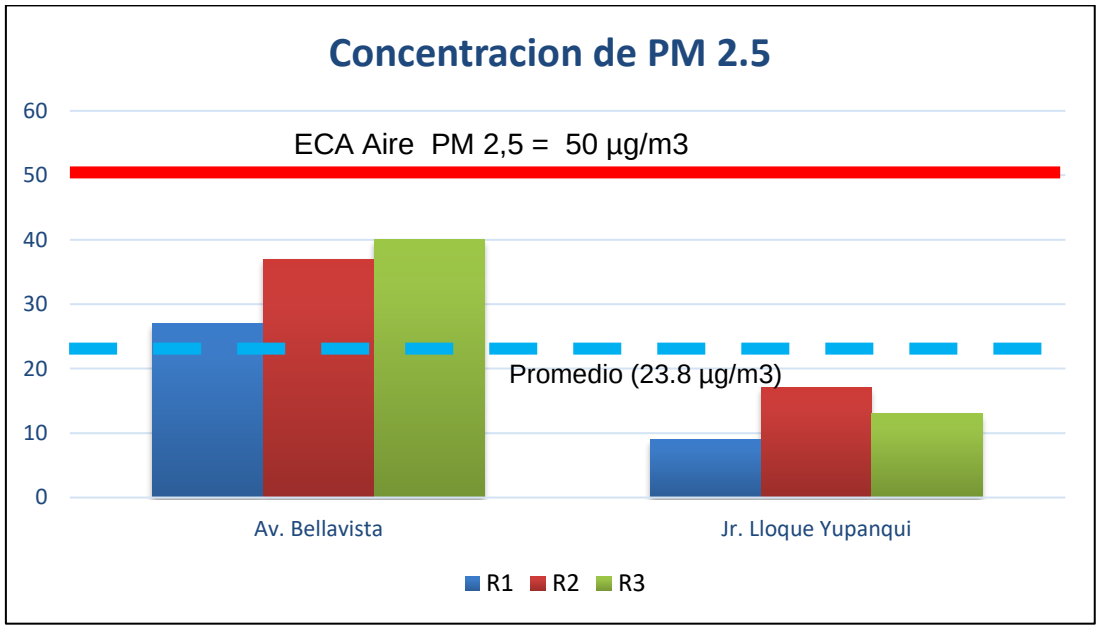
CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente proyecto de investigación tuvo la finalidad de evaluar los niveles de Material Particulado de 2,5 um/$M^{3,}$ esta evaluación se llevó a cabo en dos vías de alta importancia con un tránsito vehicular constantes, la diferencia entre estas es que Jr. Lloque Yupanqui es una vía pavimentada y Av. Bellavista.

4.1. El nivel de concentración de PM 2.5µm/m3 en el sector Bellavista del distrito de Callería.

Figura 11

Nivel de concentración de PM 2.5µm/m3 en el sector Bellavista del distrito de Callería.



*R1, R2, R3 = Repetición de Muestras

En la Figura N° 11, el Nivel de concentración de PM 2.5µm/m3 en el sector Bellavista del distrito de Callería, este tiene un promedio de 23.8 µg/m3 que no supera el ECA Aire (D.S.N° 003-2017-MINAM) con un Valor Máximo de 50 µg/m3; se presenta un rango de valores un mínimo de 9 µg/m3 el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y una máxima de 40 µg/m3 en la Av. Bellavista (vía afirmada). Aceptando la hipótesis alterna que el nivel de concentración de PM 2,5 µm/m^3 en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y en la Av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería, es menor igual al LMP.

Tabla 6

ANVA de un factor de los Niveles de PM 2,5 en el sector Bellavista en comparacion con el ECA-AIRE

ANOVA de un factor

Resultados	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2073,556	2	1036,778	49,898	,000
Intra-grupos	124,667	6	20,778		
Total	2198,222	8			

En la tabla 6, el ANOVA de un factor de los Niveles de PM 2,5 en el sector Bellavista en comparativa con el ECA AIRE, siendo el valor de p resultante “0,000”, este es menor a nivel de significancia de 0.05, se establece que el valor medio es diferente entre sí, aceptando la hipótesis alterna que el nivel de concentración de PM 2,5 µm/m3 en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y en la Av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería, es menor o igual al nivel recomendado en el ECA-AIRE.

Estudios realizados (SENAMHI, 2018), en la ciudad de Lima en el distrito de San Martin de Porres de la concentración de Material Particulado Inferior a 2.5 micras (PM2.5), para el mes de abril de 2018 tuvo una máxima diaria de 26,4 ug/m3 (este valor se registró el 24 de abril) que no superó el ECA, es decir desde el 13 al 30 de abril se registraron valores inferiores al estándar de calidad ambiental del PM2,5. En Los niveles promedios del distrito de San Martin de Porres es mayor al promedio de la zona de Bellavista de la ciudad de Pucallpa.

El material Particulado es uno de los contaminantes criterio más estudiado en los últimos años a causa de los efectos que tiene sobre la salud humana, por su composición más tóxica y por su fácil acceso a las vías respiratorias y al torrente sanguíneo (Rodríguez y Vargas, 2019).

En la zona de bellavista es común que se presencia gran cantidad de actividades como el comercia, salud por el Seguro de Essalud II, polideportivos, mecánicas, viviendas y más comercios, los cuales son

atractivos para que la población concurra a la zona y esta concurrencia principalmente son por las vías principales de Av. Bellavista y Jr. Lloque Yupanqui, estas actividades atraen a la población que principalmente acceden con el hiso de vehículos motorizados , que son una fuentes formadoras de material particulado. Una de las formas básicas de su formación básicamente es por medio de procesos mecánicos, como las obras de construcción, la resuspensión del polvo de los caminos y el viento, mientras que las segundas proceden sobre todo de fuentes de combustión (OMS, 2005).

4.2. Niveles de Concentración de PM2.5µm/m3 en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada)

4.2.1. Datos meteorológicos del monitoreo en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada)

Tabla 7

Datos meteorológicos del monitoreo en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada)

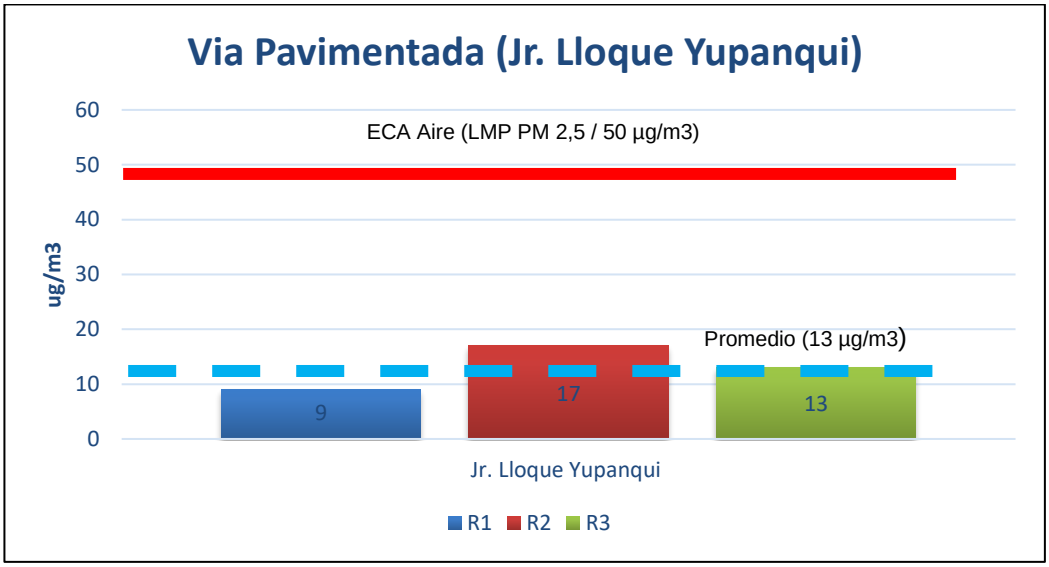
Fecha	Horario	Temperatura °C	Humedad %H	Velocidad del viento m/s	Dirección del viento (°)	Precipitación (mm/m2)
06/08/2020	7:15 am	28.1	67.4	1.22	195(SO)	>0.1
07/08/2020	7: 20 am	28.4	65.9	1.41	176(S)	>0.1
08/08/2020	7: 25 am	28.3	66.4	1.64	135(SE)	>0.1
Promedio	24 horas	28.3	66.5	1.41	169(SE)	>0.1

En la tabla 7, los datos meteorológicos del monitoreo en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada), se aprecia que la temperatura promedio de monitoreo fue de 28.3 °C, con una mínima de 28.1 °C y máxima de 28.4°C; la humedad promedio fue de 66.5%, con una mínima de 65.9% y máxima de 67.4%; la velocidad del viento promedio fue de 1.41 m/s, con una mínima de 1.22 m/s y máxima de 1.64 m/s; la dirección predominante del viento fue hacia el Sur-Este; la precipitación fue mínima siendo menor a 0.1mm/m2.

4.2.2. Concentración de PM2.5µm/m3 del monitoreo en el Jr. Lloque Yupanqui (Vía pavimentada)

Figura 12

Concentración de PM2.5µm/m3 del monitoreo en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada)



*R1, R2, R3 = Repetición de Muestras

En la figura 12, la Concentración de PM2.5µm/m3 del monitoreo en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada), la concentración promedio fue de 13 ug/m3, con una mínima de 9 ug/m3 y máxima de 17 ug/m3. Se comparó con el ECA Aire (D.S.N° 003-2017-MINAM) con un Valor Máximo de 50 µg/m3, sin superar el valor máximo en ninguna de las repeticiones y el promedio general.

4.3. Niveles de Concentración de PM2.5µm/m3 en la Av. Bellavista (vía afirmada)

4.3.1. Datos meteorológicos de monitoreo en la Av. Bellavista (vía afirmada)

Tabla 8

Datos meteorológicos de monitoreo en la Av. Bellavista (Vía afirmada)

Fecha	Horario	Temperatura °C	Humedad %H	Velocidad del viento m/s	Dirección del viento (°)	Precipitación (mm/m2)
23/08/2020	7:15 am	28.6	81.1	1.1	278 (O)	0.8
24/08/2020	7:20 am	29.1	75.9	1.16	265 (O)	0.4

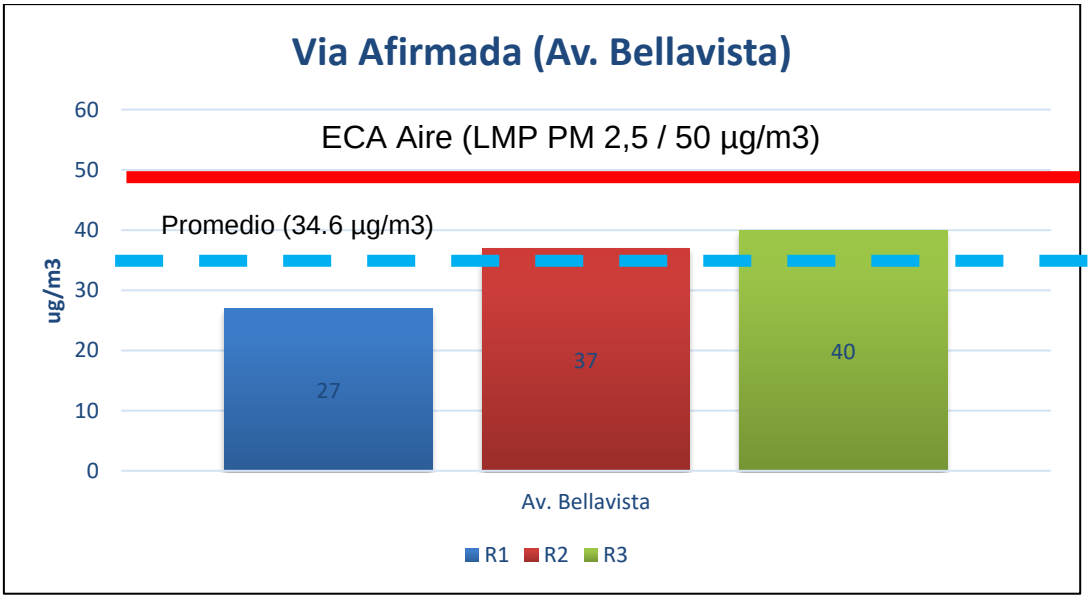
25/08/2020	7: 25 am	28.7	79.4	1.33	209 (SO)	0.6
Promedio	24 horas	28.8	78.8	1.27	250 (O)	0.6

En la tabla 8, Datos meteorológicos del monitoreo en el Av. Bellavista (vía afirmada), se aprecia que la temperatura promedio de monitoreo fue de 28.8 °C, con una mínima de 28.6 °C y máxima de 29.1°C; la humedad promedio fue de 78.8%, con una mínima de 75.9% y máxima de 81.1%; la velocidad del viento promedio fue de 1.27 m/s, con una mínima de 1.1 m/s y máxima de 1.33 m/s; la dirección predominante del viento fue hacia el Oeste; la precipitación promedio de 0.6 mm/m2, con una mínima de 0.4 mm/m2 y máxima de 0.8 mm/m2 (se considera una precipitación mínima).

4.3.2. Concentración de PM2.5µm/m3 del monitoreo en la av. Bellavista (Vía afirmada)

Figura 13

Concentración de PM2.5µm/m3 del monitoreo en la Av. Bellavista (vía afirmada)



*R1, R2, R3 = Repetición de Muestras

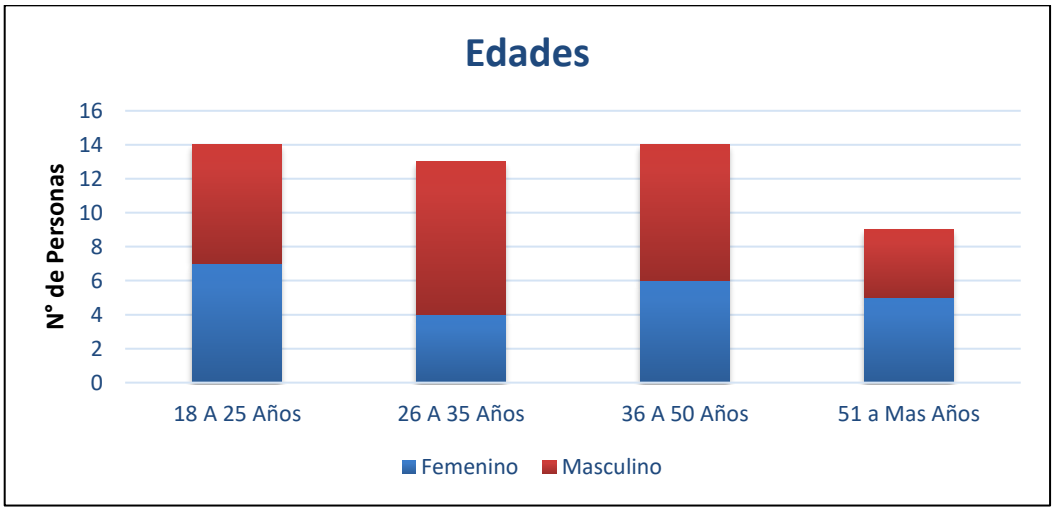
En la figura 13, la Concentración de PM2.5µm/m3 del monitoreo en Av. Bellavista (vía afirmada) la concentración promedio fue de 34.6 ug/m3, con una mínima de 27 ug/m3 y máxima de 40 ug/m3. Se comparó con el ECA Aire (D.S.N° 003-2017-MINAM) con un Valor Máximo de 50 µg/m3, sin superar el valor máximo en ninguna de las repeticiones y el promedio general.

4.4. Percepción sobre Material Particulado (PM 2.5µm/m3) de los pobladores del Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y Av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería

4.4.1. Datos generales de la población encuestada

Figura 14

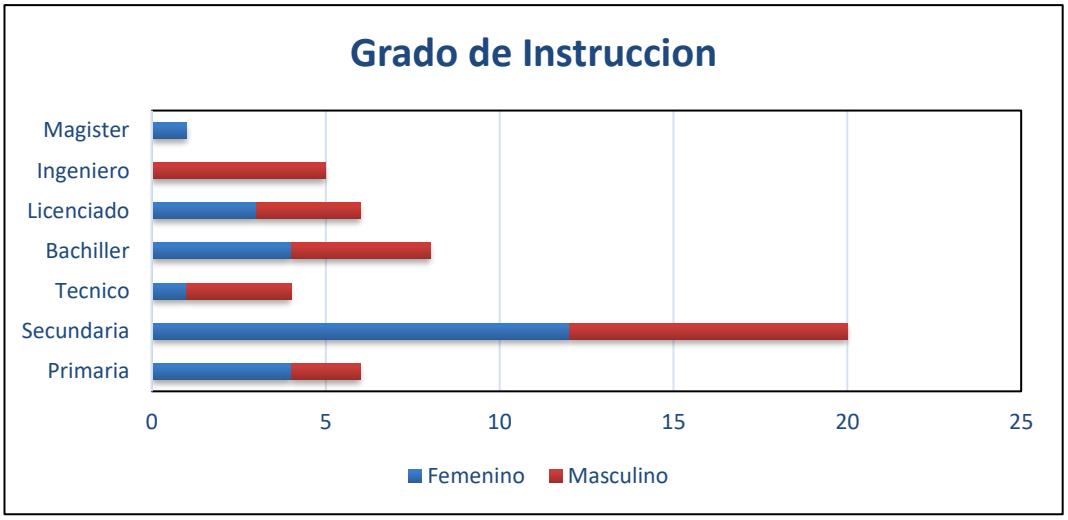
Rango de edades según sexo de la población encuestada



En la figura 14, el rango de edades según el sexo de la población encuestas está en 4 grupos, el 28% de los encuestados tienen edades de 18 a 25 años, el 26% de los encuestados tienen edades de 26 a 35 años, el 28% de los encuestados tiene edades de 36 a 50 años y el 18% de los encuestados tienen edades de 51 años a más. El 44% de los encuestados son de sexo femenino y el 56% son de seño masculino.

Figura 15

Grado de instrucción según sexo de la población encuestada

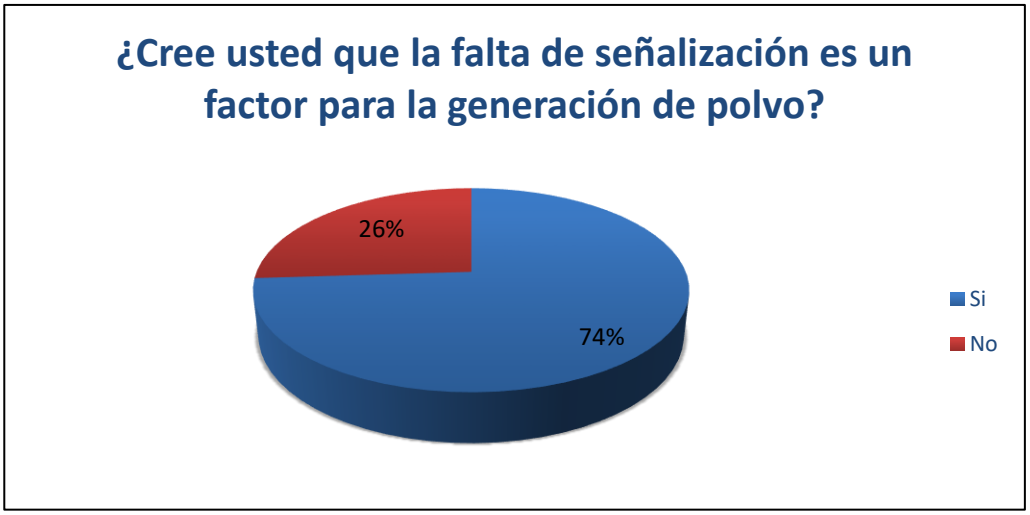


En la figura 15, el grado de instrucción según el sexo de la población encuestada, el 12 % de los encuestados tienen un grado de instrucción de nivel primario, el 40% de nivel secundario, el 8% es de nivel técnico, el 16% es de nivel de bachillerato, el 12% es ingeniero y solo el 2 % tiene grado de magister.

4.4.2. Percepción de la calidad del aire por partículas en el sector Bellavista

Figura 16

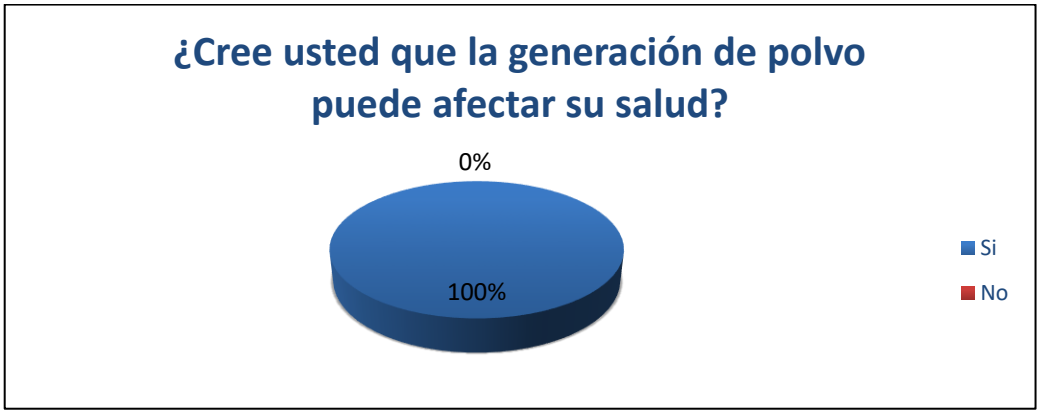
Percepción de la población si la falta de señalización es un factor para la generación de polvo



La figura 16, indica la percepción de la población si la falta de señalización es un factor para la generación de polvo, el 74% de la población si cree que la falta de señalización es un factor para la generación de polvo y el 26% cree que no es un factor determinante.

Figura 17

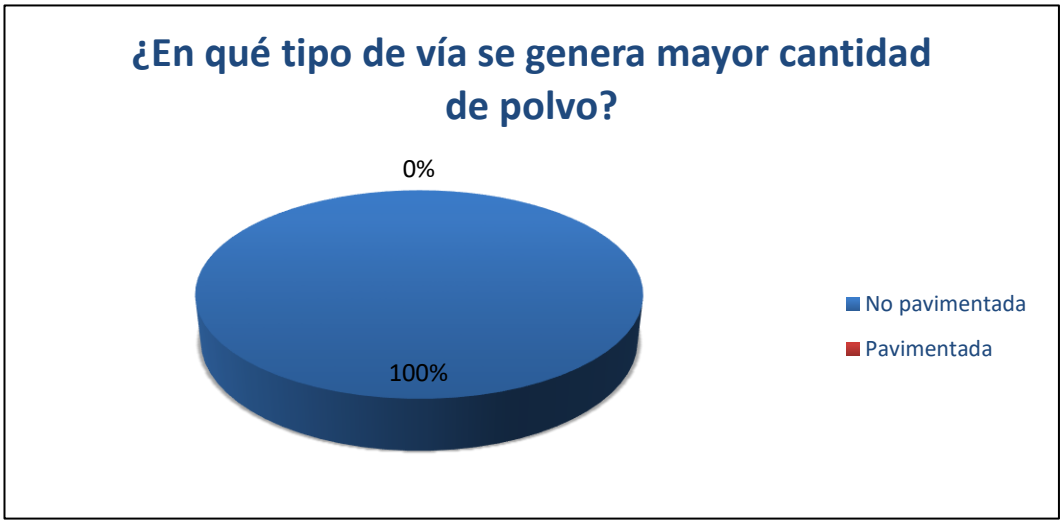
Percepción de la población sobre si la generación de polvo afecta su salud



En la figura 17, la percepción de la población sobre si la generación de polvo afecta su salud, el 100% cree que la generación de polvo afecta su salud.

Figura 18

Percepción de la población sobre el tipo de vía que genera mayor cantidad de polvo



En la figura 18, la percepción de la población sobre el tipo de vía que genera mayor cantidad de polvo, 100% de la población considera que la vía no pavimentada genera mayor cantidad de polvo.

Figura 19

Percepción de la población si el tránsito vehicular genera mayor polvo

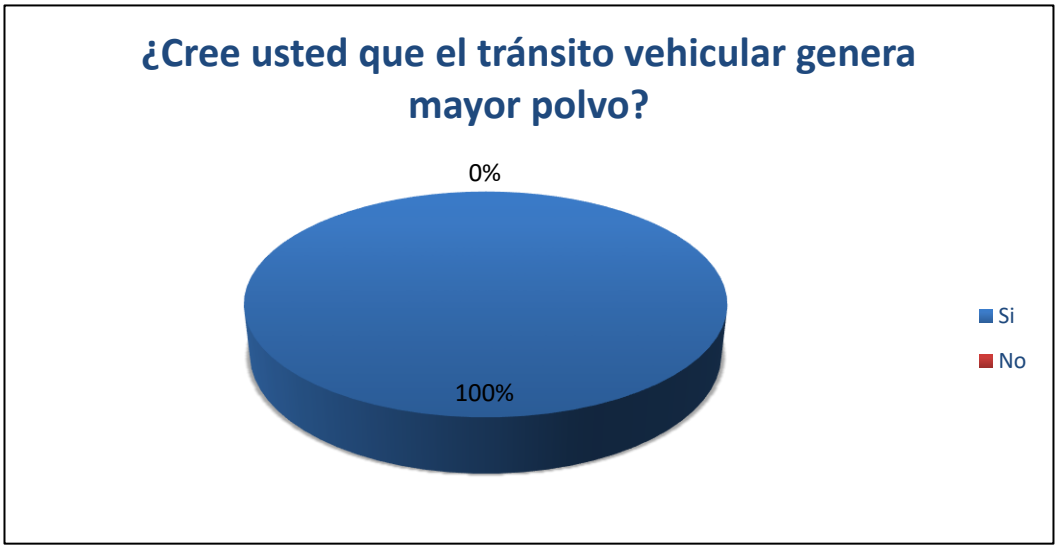
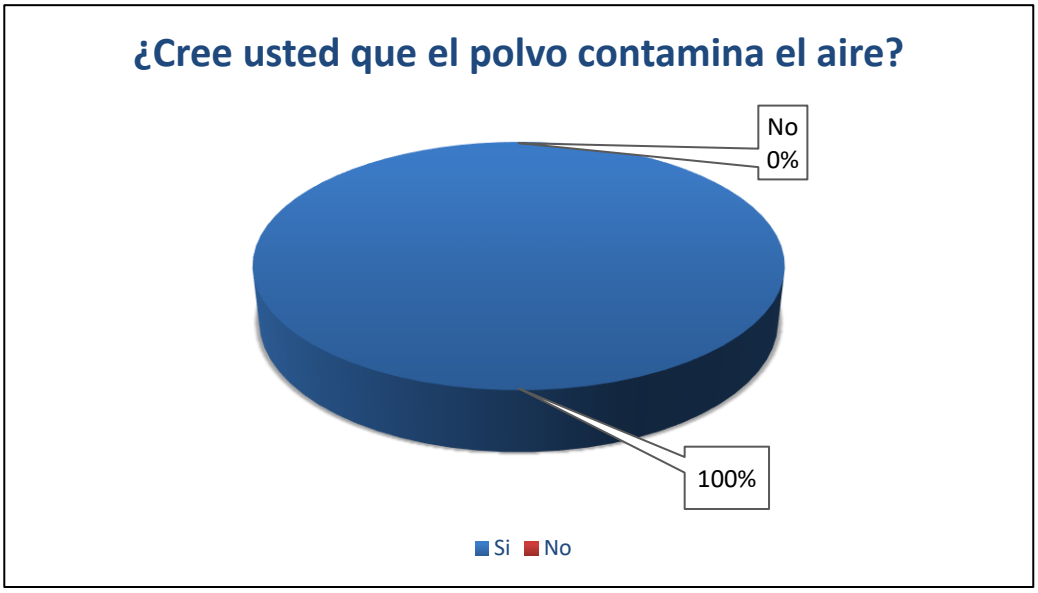


Figura 19, la percepción de la población si el tránsito vehicular mayor polvo, el 100% de la población si considera que el tránsito vehicular es la mayor fuente generadora de polvo.

Figura 20

Percepción de la población sobre si el polvo contamina el aire



En la figura 20, la percepción de la población sobre si el polvo contamina el aire, el 100% de la población considera que el polvo si contamina el aire.

Figura 21

Percepción de la población si el polvo influye en el deterioro de sus materiales y equipos

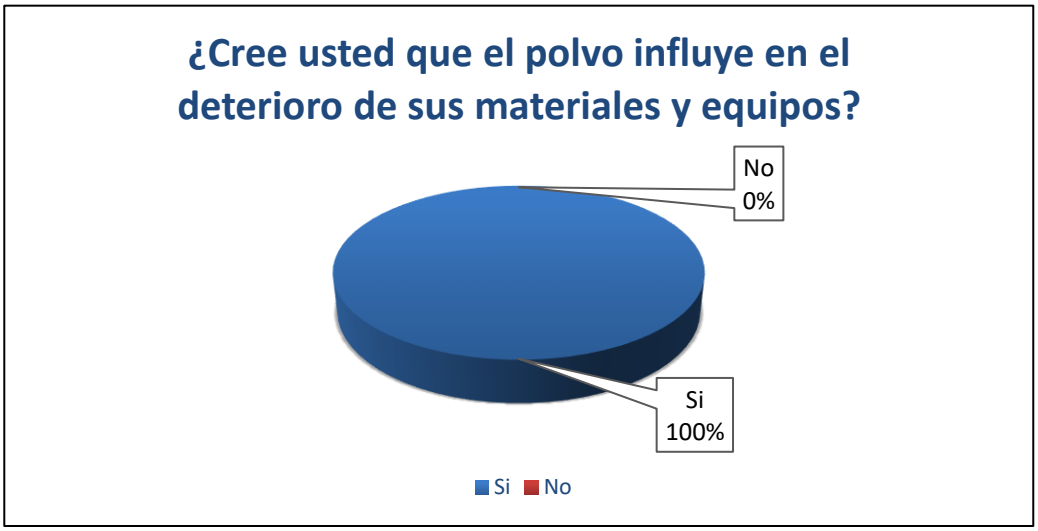
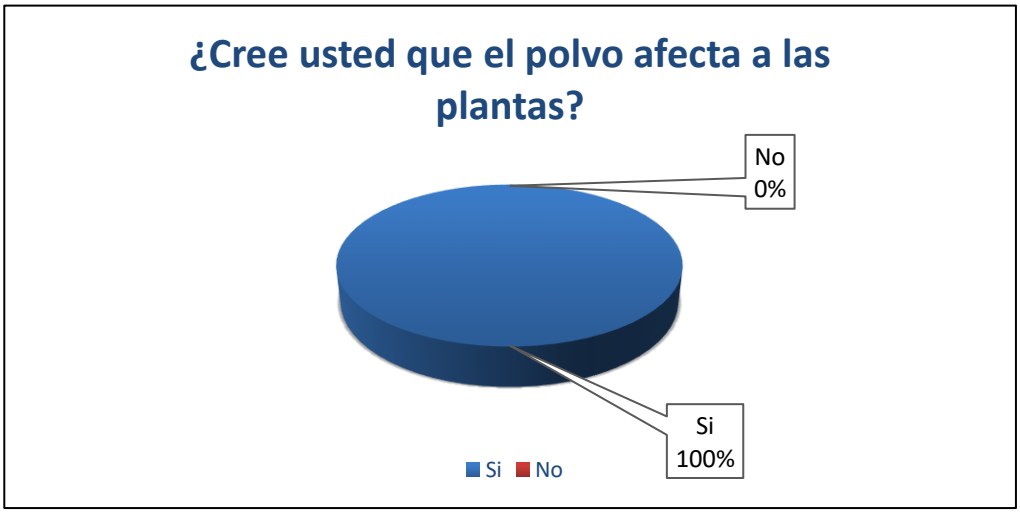


Figura 21, la percepción de la población si el polvo influye en el deterioro de sus materiales y equipos, el 100% de la población si considera que el polvo influye en el deterioro de sus materiales y equipos.

Figura 22

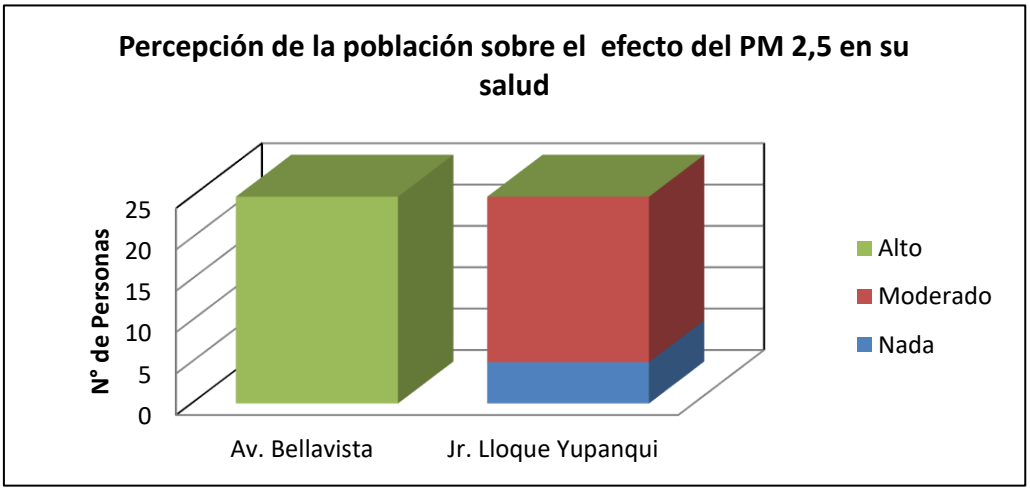
Percepción de la población si el polvo afecta a las plantas



En la figura 22, la percepción de la población si el polvo afecta a las plantas, el 100% de la población considera que el polvo si afecta a las plantas.

Figura 23

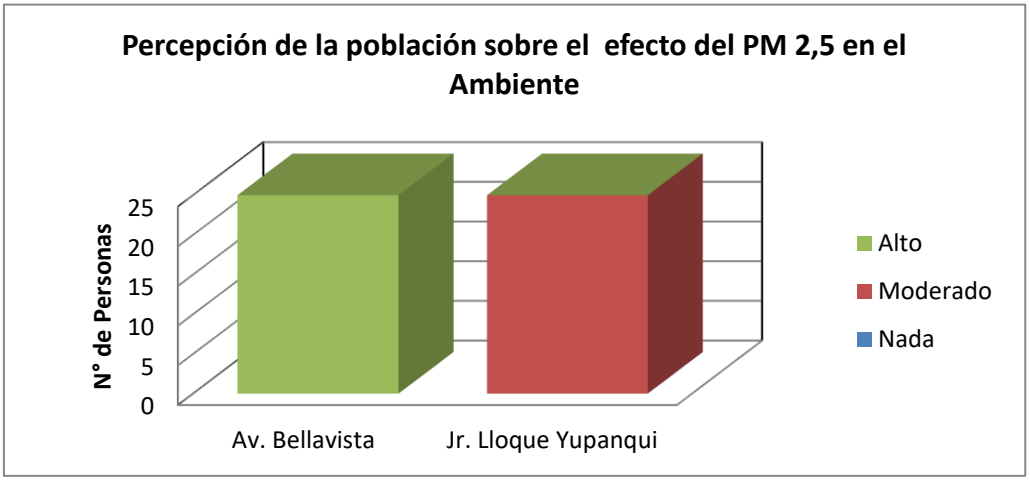
Percepción de la población sobre el efecto del PM 2,5 en su salud



En la figura 23, la percepción de la población sobre el efecto del PM 2,5 en su salud, se puede observar que el 100% de la población encuestada considera que el PM 2,5 afecta altamente su salud a diferencia de la población en el Jr. Lloque Yupanqui que el 80% considera que el PM2.5. afecta moderadamente su salud.

Figura 24

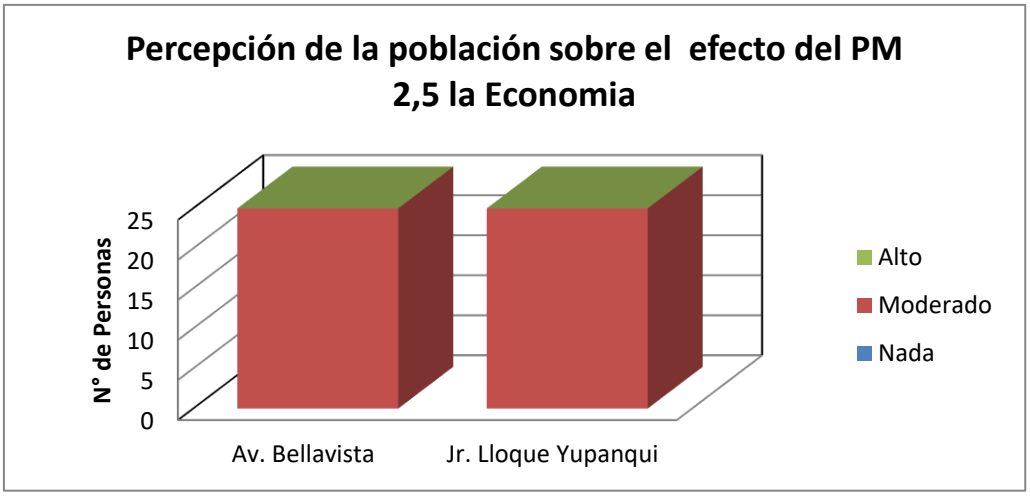
Percepción de la población sobre el efecto del PM 2,5 en el Ambiente



En la figura 24, la percepción de la población sobre el efecto del PM 2,5 en el Ambiente, se puede observar que el 100% de la población encuestada considera que el PM 2,5 afecta altamente la calidad ambiental del aire a diferencia de la población en el Jr. Lloque Yupanqui que el 100% considera que el PM2.5. afecta moderadamente al ambiente.

Figura 25

Percepción de la población sobre el efecto del PM 2,5 en la economía.



En la figura 25, la percepción de la población sobre el efecto del PM 2,5 en el Ambiente, se puede observar que el 100% de la población encuestada considera que el PM 2,5 afecta moderadamente la economía y la población en el Jr. Lloque Yupanqui que el 100% considera que el PM2.5. afecta moderadamente la economía.

La población encuestada en la zona de Bellavista considera dentro de los tres factores fundamentales que son la salud, el ambiente y la economía que, si se ven afectados negativamente, pero en una mayor proporción en las zonas con vías afirmadas como es el caso de la Av. Bellavista, que por ser una zona de lata importancia comercial la población de todas partes de la ciudad de Pucallpa acuden a la zona de Bellavista que es un mercado informal, de carácter mayorista y menorista, así mismo estos observan constantemente como el polvo les afecta la salud cuando el transito es elevado, debido a que este genera problemas respiratorios como tos y alergias, como indica la (EPA, 2021), los síntomas respiratorios aumentados, como irritación en las vías respiratorias, tos o dificultad para

respirar. Así mismo indicaron que cuando el polvo aumenta la visibilidad es dificultosa y las plantas están cubiertas de polvo constantemente; estos factores afectan la valoración económica de la zona o las viviendas.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El nivel de concentración de PM 2,5 en el sector Bellavista del distrito de Callería es de 23.8 ug/m^3 en promedio, el cual no supera los Estándares de Calidad Ambiental para Aire que presenta un límite máximo de 50 ug/m^3 .
- El nivel de concentración de PM 2,5 en el Jr. Lloque Yupanqui (Vía Pavimentada) es en promedio de 13 ug/m^3 , con una mínima de 9 ug/m^3 y máxima de 17 ug/m^3 , los cuales no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para Aire que presenta un límite máximo de 100 ug/m^3 .
- El nivel de concentración de PM 2,5 en el Av. Bellavista (Vía Afirmada) es en promedio de 34.6 ug/m^3 , con una mínima de 27 ug/m^3 y máxima de 40 ug/m^3 , los cuales no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para Aire que presenta un límite máximo de 100 ug/m^3 .
- Los pobladores del Jr. Lloque Yupanqui perciben que el PM 2,5 afecta diferentes factores como salud, ambiente y economía moderadamente, debido a que la vía esta pavimentada y los pobladores del Av. Bellavista perciben que el PM 2,5 afecta diferentes factores como salud altamente, ambiente altamente y economía moderadamente debido a que la vía es afirmada y esto reduce la calidad de vida.

5.2.RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las vías afirmadas de importancia y alto transito entren en una planificación urbana para que sean pavimentadas según su necesidad y tipo tránsito.
- Se recomienda la implementación de cercos vivos en las veredas de las viviendas, ya que la presencia de árboles y/o arbustos reduce y mitiga el paso del material Particulado hacia las viviendas.
- Es necesario realizar una mayor investigación, ya que durante el tiempo de estudio hubo factores exógenos que de alguna manera podría haber condicionado los resultados, como el caso de la pandemia del COVID-19 en el año 2020 y 2021.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acuña Valverde, D., & Zegarra Vargas, J. (2018). *Evaluación del transporte de contaminantes atmosféricos: pm2.5,co, no2 y so2 de la ciudad de huaraz al nevado san juan -quebrada shallap-marzo de 2015 a junio de 2016.* Huaraz: universidad nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”. Obtenido de http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2448

Alvarez R., & Steinbach, H. (2009). A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research, 104*(1), 1-15.

Arciniegas Suarez, C. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. *Luna Azul, 34*, 195-213. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf

Centro de Comercio Exterior (CCEX) de la Cámara de Comercio. (16 de 11 de 2018). *peruconstruye*. Recuperado el 11 de 2021, de https://peruconstruye.net/2018/11/16/peru-que-porcentaje-de-la-red-vial-no-esta-pavimentada/

Chen, J., Ying, Q., & Kleeman, M. (2009). Source apportionment of visual impairment during the California regional PM10/PM2.5 air quality study. *Atmospheric Environment, 43*, 6136-6144. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf

DIGESA. (2005). *Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos.* Lima.

DIGESA. (2010). *Monitoreo de Calidad del Aire en la Ciudad de Pucallpa Marzo del 2010.* Pucallpa: Ministerio de Salud. Obtenido de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/pral2/mpca-informes/INFORME%20PUCALLPA%20MARZO%202010.pdf

EPA. (2002). *Third external review draft of air quality criteria for particulate matter.* USA: US-EPA. Obtenido de https://digital.csic.es/bitstream/10261/27476/21/Viana_Rodriguez_21.pdf

EPA. (04 de Junio de 2021). *Agencia de Proteccion Ambiental de Estados Unidos*. Obtenido de https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles

EPA. (30 de Marzo de 2021). *Agencia de Proteccion Ambiental de Estados Unidos*. Obtenido de https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente

EPA. (30 de Marzo de 2021). *EPA(Agencia de Proteccion Ambiental de Estados Unidos)*. Obtenido de https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente

Ferrero, J. (29 de Noviembre de 2021). *ceramica.name 2.0*. Obtenido de http://ceramica.name/arcilla

Harrison, R. (2006). *An introduction to pollution science* (DOI:10.1039/9781847555410 ed.). London: The Royal Society Chemistry.

INACAL. (2019). *NTP 900.030:2018/13.040.20 - Atmósferas del ambiente/ 40 CFR PART 50, APPENDIX J - Reference method for the determination of particulate matter as PM10 in the atmosphere.* Lima: Norma Técnica Peruana.

Inche, J. (2004). *Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones.* Lima: Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial-UNMSM. Obtenido de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/geologia/gestion_calidad/Cap01.pdf

Instituto para la Salud Geoambiental. (2013). *saludgeoambiental*. Obtenido de https://www.saludgeoambiental.org/material-particulado

Méndez Espinosa, J., Pinto Herrera, L., Galvis Remolina, B., & Pachón4, J. (2017). Estimación de factores de emisión de material particulado resuspendido antes, durante y después de la pavimentación de una vía en bogotá. *Ciencia e ingeniería neogranadina, 27*(1), 43-60. Obtenido de https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1797

Mészáros, E. (1999). *Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry.* Hungría: Akadémiai Kiado. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf

MINAM. (16 de Septiembre de 2015). *MINAM*. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/zonas-de-atencion-prioritaria/

MINAM. (2016). *R.M.N°181-2016-MINAM-INDICE DE CALIDAD DEL AIRE (INCA).* Lima.

MINAM. (2017). *DECRETO SUPREMO Nº 003-2017-MINAM- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.* Lima: El Peruano. Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/59018

Mosqueda Hoyos, E. (2015). *"Calidad del aire y los efectos en la salud por pm1o, en un tramo de la Av. Túpac amaru, distrito de manantay, provincia de coronel portillo uca y ali-2015".* Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/2217/000002059T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MTC. (2013). *"Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial".* Lima: El Peruano.

MTC. (2014). *MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO-DG-2014.* Lima: Viceministerio de Transporte / Direccion General de Caminos y Ferrocarriles. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf

NTP. (2010). *NTP CE.010 para Pavimentos Urbanos.* LIMA: Ministerior de Vivienda, Construccion y Saneamiento.

OMS. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.* Ginebra: Organización Mundial de la Salud. Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/41948

ONER. (1986). *Estudio de suelos y adaptabilidad, zona Pucallpa, departamento de Ucayali.* Lima: Sociedad Paramonga Limitada S.A.

Pacsi Valdivia, S. (2016). Analisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2,5 en lima metropolitana. *Anales Científicos*, 273-283. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6171218.pdf

Préndez, M., Corvalán, R., & Cisternas, M. (2007). Estudio Preliminar del Material Particulado de Fuentes Estacionarias: Aplicación al Sistema de Compensación de Emisiones en la Región Metropolitana, Chile. *Información Tecnológica, 18*(2), 93-103. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v18n2/art15.pdf

Pope. (2004). CA III. Air Pollution and Health - Good News and Bad. *New England Journal of medicine, 351*(11), 1132-1134. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf

Rodríguez Quiñones, M., & Vargas González, L. (2019). *Descripción del comportamiento del contaminante PM2.5 durante las jornadas del día sin carro entre los años 2013 y 2019 en Bogotá.* Bogota, Colombia: Universidad El Bosque. Obtenido de https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2103/Rodr%C3%ADguez_Qui%C3%B1ones_Maria_Paula_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez Reales, R., & Núñez Blanco, Y. (2016). *Nivel de exposición personal a material particulado inhalable PM2.5 proveniente de vías de alto tráfico vehicular de la ciudad de Barranquilla.* Barranquilla: Corporación Universidad de la Costa. Obtenido de https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/290/1045717701%20-%201140868213.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rojano, R., Angulo, L., & Restrepo, G. (2013). Niveles de Partículas Suspendidas Totales (PST), PM10 y PM2.5 y su Relación en Lugares Públicos de la Ciudad Riohacha, Caribe Colombiano. *Información Tecnológica, 24*(2), 37-46. doi:10.4067/S0718-07642013000200006

Rojas Cairampoma, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista electrónica de Veterinaria, 16*(1), 1-14. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/636/63638739004.pdf

Salas Ocampo, D. (04 de Junio de 2019). *investigaliacr.com*. Obtenido de https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-mixto-de-investigacion/

SENAMHI. (2018). *Estadísticas Ambientales.* Lima: INEI. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-n05_estadisticas-ambientalesabril2018.pdf

Soto Gómez, J. (2016). *Determinación de la calidad del aire por material particulado (pm 10), en una via pavimentada (Av. Antonio Maya de Brito) y una via no pavimentada (Av. Colonización) en el distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo Ucayali.* Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/2238/000002080T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vallejo, M. (2002). El diseño de investigación: una breve revisión metodológica. *Arch. Cardiol. Méx., 72*(1), 08-12. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402002000100002

Velarde Medina, G. (2017). *Determinación de la correlación entre PM2.5 y PM10 en el distrito de San Isidro en Lima – Perú, 2016.* Lima: Universidad Científica del Sur. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USUR_0610cde0b51532c74497a621447b11a8

Viana Rodríguez, M. (2003). *Niveles, composición y origen del material particulado atmosférico en los sectores Norte y Este de la Península Ibérica y Canarias.* Barcelona: Universitat de Barcelona. Obtenido de https://digital.csic.es/bitstream/10261/27476/2/Viana_Rodriguez_2.pdf

Watson, J., & Chow, J. (2000). *Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source Contribution Estimates: Summary of Current Knowledge and Needed Research.* Nevada: Desert Research Institute. Energy and Environmental Engineering. Obtenido de https://www3.epa.gov/ttn/chief/efdocs/fugitivedust.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Evidencia fotográfica

Anexo 3: Certificado de análisis

Anexo 4: Certificado de calibración de equipos

Anexo 5: Cadena de custodia

Anexo 6: Análisis estadístico

Anexo 7: Encuesta a la población

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

<table>
<tr><th colspan="5">“DETERMINACION DEL NIVEL DE CONCENTRACION DE PM 2,5 EN EL SECTOR BELLAVISTA DEL DISTRITO DE CALLERIA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO – UCAYALI”</th></tr>
<tr><td>Problema general</td><td>Objetivo general</td><td>Hipótesis general</td><td>Variable</td><td>Indicadores</td></tr>
<tr><td>¿Cuál es el nivel de concentración de PM 2,5 µm/m3 en el sector Bellavista del distrito de Callería?</td><td>Determinar el nivel de concentración de PM 2,5 µm/m3 en el sector Bellavista del distrito de Callería</td><td>El nivel de concentración de PM 2,5 µm/m3 en el sector Bellavista del distrito de Callería, supera los Estándares de Calidad Ambiental del Aire.</td><td rowspan="4">Dependiente: Material Particulado PM 2.5

Independiente: Tipo de vía</td><td rowspan="4">Nivel de material particulado PM 2.5

Tipos de vías

Percepción del problema según la causa
Percepción del efecto en la salud
Percepción del efecto económico
Percepción del efecto al ambiente</td></tr>
<tr><td>Problemas específicos</td><td>Objetivos especifico</td><td>Hipótesis especificas</td></tr>
<tr><td>¿Cuál es el nivel de concentración de PM 2,5 µm/m3 en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y en la av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería?</td><td>Evaluar el nivel de concentración de PM 2,5 µm/m3 en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y en la av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería</td><td>El nivel de concentración de PM 2,5 µm/m3 en el Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) es menor que en la av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería.</td></tr>
<tr><td>¿Cuál es la percepción de PM 2,5 µm/m3 de los pobladores del Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y Av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería?</td><td>Evaluar la percepción de PM 2,5 µm/m3 de los pobladores del Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y Av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería</td><td>La percepción del PM 2,5 µm/m3 de los pobladores del Jr. Lloque Yupanqui (vía pavimentada) y Av. Bellavista (vía afirmada) del distrito de Callería, indican que afecta a su salud.</td></tr>
</table>

ANEXO 2: EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

Instalación de equipos

Figura 26 Retiro de cabezal del Hivol para la instalación



Figura 27 Instalación de motor Venturi y configuración del data timer.



Figura 28 Instalación eléctrica del Hivol



Figura 29 Colocacion del filtro de muestra



Figura 30 Ajuste del marco o bastidor del filtro



Figura 31 Cerrado del cabezal del Hivol



Figura 32 Cerrado del cabezal del Hivol



Figura 33 Monitoreo de PM 2.5 en la Av. Bellavista en horario diurno



Figura 34 Monitoreo de PM 2.5 en la Av. Bellavista en horario nocturno



Figura 35 Monitoreo de PM 2.5 en la Av. Bellavista segunda muestra



Figura 36 Monitoreo de PM 2.5 en la Av. Bellavista tercera muestra



Figura 37 Monitoreo de PM 2.5 en la Av. Lloque Yupanqui



Figura 38 Monitoreo de PM 2.5 en la Av. Lloque Yupanqui horario nocturno



Figura 39 Monitoreo de PM 2.5 en la Av. Lloque Yupanqui horario diurno

