

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“EVALUACIÓN ESPACIAL DE  
CONCENTRACIONES DE POLVO  
ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE (PAS) Y  
PROPUESTA DE UNA ALTERNATIVA DE  
PURIFICACIÓN EN LA URBANIZACIÓN LA  
LIBERTAD – DISTRITO DE COMAS, 2021.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

Sergio Agustin Davila Romero

**Asesor:**

Mg. Ing. Margeo Javier Chumán López

<https://orcid.org/0000-0002-4038-7591>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Carlos Alberto Alva Huapaya</b>	<b>06672420</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Luis Enrique Alva Diaz</b>	<b>43679478</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Irma Geralda Horna Hernandez</b>	<b>40317442</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI











## INFORME DE SIMILITUD



### Document Information

Analyzed document	Sergio Dávila_Tesis_ (Contraseña _ DAVILA).docx (D152913522)
Submitted	2022-12-10 16:09:00
Submitted by	Margeo Javier
Submitter email	margeo.chuman@upn.edu.pe
Similarity	14%
Analysis address	margeo.chuman.delnor@analysis.arkund.com

### Sources included in the report

<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / GuerraGutty_Tesis Segunda Revisión.docx            Document GuerraGutty_Tesis Segunda Revisión.docx (D147533340)            Submitted by: N00024469@upn.pe            Receiver: gladys.licapa.delnor@analysis.arkund.com</p>		6
<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / Presentación T2 - Sofia Otiniano.docx            Document Presentación T2 - Sofia Otiniano.docx (D110139149)            Submitted by: nestor.loyola@upn.pe            Receiver: nestor.loyola.delnor@analysis.arkund.com</p>		3
<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / T1_TESIS_JARA.docx            Document T1_TESIS_JARA.docx (D103194851)            Submitted by: richard.solorzano@upn.pe            Receiver: richard.solorzano.delnor@analysis.arkund.com</p>		11
<b>SA</b>	<p>TESIS. ANDREA NAVARRO.docx            Document TESIS. ANDREA NAVARRO.docx (D34627397)</p>		1
<b>SA</b>	<p>JOSELIN PAMELA ANGLAS TORRES.docx            Document JOSELIN PAMELA ANGLAS TORRES.docx (D28638435)</p>		7
<b>SA</b>	<p>UCP_ecologia_2022_Tesis_Nollie_Gonzales_V1.pdf            Document UCP_ecologia_2022_Tesis_Nollie_Gonzales_V1.pdf (D146147792)</p>		4
<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte /            EFtallerdetesis2VALLEGONZALESNELSONMAURICIOYKATHERINESOLANSHRODRIGUEZMENDOZA_Revisado.docx            Document            EFtallerdetesis2VALLEGONZALESNELSONMAURICIOYKATHERINESOLANSHRODRIGUEZMENDOZA_Revisado.docx            (D119898224)            Submitted by: mvallegonzales@hotmail.com            Receiver: denys.ramos.delnor@analysis.arkund.com</p>		1
<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / FINAL_JARAESTRADA_TESIS.docx            Document FINAL_JARAESTRADA_TESIS.docx (D110503066)            Submitted by: richard.solorzano@upn.pe            Receiver: richard.solorzano.delnor@analysis.arkund.com</p>		2
<b>W</b>	<p>URL: <a href="https://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/2fd022f21c50fd8e.pdf">https://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/2fd022f21c50fd8e.pdf</a>            Fetched: 2021-11-08 16:28:04</p>		17
<b>W</b>	<p>URL: <a href="https://highlight.community/wp-content/uploads/2019/12/Highlight2020_DailyGrid.pdf">https://highlight.community/wp-content/uploads/2019/12/Highlight2020_DailyGrid.pdf</a>            Fetched: 2022-05-26 03:04:53  <a href="https://secure.arkund.com/view/146005320-211908-722996#/exported">https://secure.arkund.com/view/146005320-211908-722996#/exported</a></p>		5

## **DEDICATORIA**

Le dedicó este trabajo primero a Dios por todas las cosas que él hace por mí, después a mi familia y mi pareja por el apoyo incondicional y el esfuerzo que cada día hacen para que yo salga adelante, y tercero mis profesores por todas sus enseñanzas y conocimientos a lo largo de mi vida académica.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por el día a día que estuvo y que está a mi lado, a mi familia que siempre estuvo ayudándome en lo que necesitaba, apoyando siempre en las cosas que no sabía y también por ser la familia que es para mí, a mis profesores de toda la vida, escolar y universitaria ya que me inculcaron en mis enseñanzas, conocimientos y muchas virtudes que hoy pongo en práctica.

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO EVALUADOR .....	2
INFORME DE SIMILITUD .....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
TABLA DE CONTENIDO .....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	13
RESUMEN .....	14
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	15
1.1. Realidad problemática.....	15
1.2. Bases Teóricas.....	20
1.2.1. Contaminación atmosférica.....	20
1.2.2. Polvo atmosférico sedimentable (PAS) .....	20
1.2.3. Método para monitoreo de partículas.....	20
1.2.4. Muestreo.....	21
1.2.5. Monitoreo.....	22
1.2.6. Purificadores de aire.....	23
1.3. Formulación del problema .....	26
1.3.1. Formulación del problema general .....	26
1.3.2. Formulación del problema específico .....	26
1.4. Objetivos .....	27
1.4.1. Objetivo general.....	27

1.4.2. Objetivos específicos .....	27
1.5. Hipótesis.....	27
1.5.1. Hipótesis General.....	27
1.5.2. Hipótesis específicas .....	28
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....</b>	<b>29</b>
2.1. Tipo de investigación .....	29
2.1.1. Población.....	29
2.1.2. Muestra.....	29
2.2. Materiales, técnicas, instrumentos y métodos.....	30
2.2.1. Materiales.....	30
2.2.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
2.2.3. Técnicas e instrumentos de análisis de datos .....	32
2.2.4. Métodos.....	34
2.3. Procedimiento .....	34
2.3.1. Ubicación de los puntos de monitoreo.....	34
2.3.2. Monitoreo del material particulado.....	37
2.3.3. Diseño e instalación de un modelo casero de purificador de aire tipo filtro.....	38
2.3.4. Análisis estadístico.....	42
2.3.5. Aspectos Éticos .....	42
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
3.1. Descripción de los resultados.....	44
3.1.1. Identificación de puntos de muestreo por zonas .....	44
3.1.2. Resultados obtenidos del monitoreo del polvo atmosférico sedimentable en la Zona 01 .....	48

3.1.3. Resultados obtenidos del monitoreo del polvo atmosférico sedimentable en la Zona 02.....	52
3.1.4. Resultados obtenidos del monitoreo del polvo atmosférico sedimentable en la Zona 03.....	56
3.1.5. Promedio de resultados obtenidos de muestreo de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las Zonas 01, 02 y 03 en la Urbanización La Libertad .....	59
3.1.6. Resultados obtenidos en los 6 puntos de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable con el purificador de aire en mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	60
3.1.7. Resultados obtenidos en los 4 meses de muestreo con los puntos de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	62
3.2. Análisis inferencial .....	64
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	70
4.1. Discusión.....	70
4.2. Limitaciones.....	73
4.3. Conclusiones .....	74
REFERENCIAS .....	75
ANEXOS.....	82
ANEXO 1. FICHAS DE UBICACIÓN DE MUESTREO .....	83
ANEXO 2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	113
ANEXO 3. FICHA DE REGISTRO DE PAS.....	114



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales empleados en el trabajo de investigación .....	30
Tabla 2. Autores y sus metodologías para ser utilizadas en la investigación .....	31
Tabla 3. Zona y puntos del monitoreo .....	35
Tabla 4. Dimensiones utilizadas para el purificador de aire.....	39
Tabla 5. Equipo utilizado para el purificador de aire .....	39
Tabla 6. Tiempo y Frecuencia de Monitoreo .....	41
Tabla 7. Criterios para la ubicación de los puntos de mayor concentración .....	41
Tabla 8. Puntos de muestreo y Polvo Atmosférico Sedimentables por Zonas .....	44
Tabla 9. Criterio utilizado para ver las zonas que son más afectadas por el flujo vehicular y el flujo de personas según el investigador .....	48
Tabla 10. Resultados de Monitoreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 01 en mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	49
Tabla 11. Resultados de monitoreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 02 en mg/m <sup>3</sup> /Mes .....	53
Tabla 13. Resultados de Monitoreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 03 en mg/m <sup>3</sup> /Mes .....	56
Tabla 13. Resultados Promedios de Monitoreo de PAS en la Zona 01, Zona 02, Zona 03 de la Urbanización La Libertad en mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	59
Tabla 14. Resultados de Monitoreo de Polvo Atmosférico Sedimentable con el purificador de aire en mg/cm <sup>2</sup> /Mes.....	61
Tabla 15. Resultados del Polvo atmosférico sedimentable antes y después del Purificador de Aire en mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	62

Tabla 16. Estadígrafos de las treinta mediciones en febrero (M1), marzo (m2) y abril (M3) con la medición con purificador de aire .....	65
Tabla 17. Resultados de la prueba de normalidad de los datos .....	67
Tabla 18. Resultados de la prueba de hipótesis para la diferencia entre dos muestras relacionadas sobre la concentración de PAS .....	68
Tabla 19. Resultados de la prueba de normalidad de los datos .....	68
Tabla 20. Resultados de la prueba de hipótesis para la correlación entre las mediciones 1, 2 y 3 y la altura de la placa .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Las etapas de la investigación .....	34
Figura 2. Imagen Satelital de la Urbanización La Libertad, con la ubicación de los 30 puntos de monitoreo para el polvo atmosférico sedimentable (PAS). .....	36
Figura 3. Resultados del muestro de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 01 en mg/cm <sup>2</sup> /Mes: .....	50
Figura 4. Resultados promedio del muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 01 mg/cm <sup>2</sup> /Mes. ....	51
Figura 5. Resultados de los puntos con mayor promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable en mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	52
Figura 6. Resultados del muestro de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 02 en mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	54
Figura 7. Resultados promedio del muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 02 mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	55
Figura 8. Resultados de los puntos con mayor promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable en mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	55
Figura 9. Resultados del muestro de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 03 en mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	57
Figura 10. Resultados promedio del muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 03 mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	58
Figura 11. Resultados de los puntos con mayor promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable en mg/cm <sup>2</sup> /Mes .....	58

Figura 12. Resultados promedios del muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) de las Zona 01, Zona 02 y Zona 03 de la Urbanización La Libertad en mg/cm2/Mes .....	60
Figura 13. Resultados del muestro de Polvo Atmosférico Sedimentable con el purificador de aire en mg/cm2/Mes.....	61
Figura 14. Resultados obtenidos en los 4 meses de muestreo con los puntos de mayor concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS), antes y después del purificador de aire en mg/cm2/Mes.....	63
Figura 15. Resultados promedios del muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en los 4 meses en mg/cm2/Mes .....	64

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Purificador de aire usando irradiación .....	24
Ilustración 2. Purificador de aire tecnología ionizante .....	24
Ilustración 3. Purificador de aire con filtro HEPA .....	25
Ilustración 4. Purificador de aire con filtro de carbón activado .....	26
Ilustración 5. Medidas de las placas y pesado inicial de las mismas.....	37
Ilustración 6. Diseño y construcción del purificador de aire.....	40

## RESUMEN

El estudio tuvo como propósito analizar el nivel de concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) y proponer una alternativa para su purificación. en la urbanización la Libertad del distrito de Comas. Se describen los resultados del monitoreo al material particulado utilizando placas Petri, como resultado de la evaluación del PAS usando la metodología pasiva, que consiste en pesar el peso inicial y final de las placas con el polvo atmosférico sedimentable. Se desarrolló según el enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, longitudinal. Se realizaron mediciones en 30 puntos de muestreo en un periodo de tiempo de cuatro meses. Los datos se recolectaron mediante una Ficha de registro de PAS. Los resultados indicaron que el purificador de aire tiene un mayor porcentaje de remoción de material particulado (MP) y un menor costo de fabricación logrando obtener una concentración a la salida del equipo de MP. Por lo que se puede concluir que el purificador de aire es eficiente cuando se trata de remover MP.

**PALABRAS CLAVES:** Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS), purificador de aire, material particulado (MP), monitoreo.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la actualidad, la contaminación va en aumento de forma progresiva a medida que el hombre descubre la manera de desarrollarse, ya sea en las actividades que genera el desarrollo industrial o en el sector económico, esto ha provocado que la contaminación atmosférica vaya creciendo y la salud de las personas empeore, tanto que el rango de vida disminuye con el transcurrir del tiempo. A medida que el mundo va cambiando, las industrias y parques automotores continúan emitiendo emisiones sucias. La exposición a este material particulado puede ser perjudicial para la salud ya que puede afectar los pulmones y el torrente sanguíneo, partículas como (PM 2,5 o PM 10) pueden ser transportadas por el viento a largas distancias y por su composición química y pueden provocar daños perjudiciales sobre la biodiversidad de los ecosistemas. ( EPA (Environmental Protection Agency), 2021)

Dentro de esta dinámica, los contaminantes atmosféricos, normalmente medidos en la atmósfera urbana, provienen de fuentes móviles (tráfico rodado) y de fuentes fijas de combustión (industrias, usos residenciales climatización, y procesos de eliminación de residuos). Se distingue entre contaminantes primarios que son: partículas en suspensión, dióxido de azufre, monóxido de carbono o el plomo; y secundarios como los humos negros, compuestos volátiles y el Ozono (Ballester, 2005).

Según la (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2016) se reporta que Lima es la segunda ciudad de mayor contaminación en Latinoamérica en el año 2016, con un valor promedio anual de material particulado (PM 2.5) de  $48 \text{ ug/m}^3$  ( $48000 \text{ mg/m}^3$ ) y de acuerdo con el índice Air Quality Life Index (AQLI), publicado por (Lee & Greenstone, 2021) se ubica primero en el 2021 con un valor anual promedio de  $30 \text{ ug/m}^3$  ( $30000 \text{ mg/m}^3$ ). En un estudio realizado por (Iglesias León & Gonzales Torres, 2000), tomaron muestras en 8 puntos en la

zona norte del distrito de Lima y determinaron que la estación que presenta la mayor concentración de material particulado (PM10) fue Comas, con  $240 \text{ mg/m}^3$  en la temporada de otoño y de  $200 \text{ mg/m}^3$  en la temporada de invierno sobrepasando el Límite Máximo Permisible que es  $150 \text{ mg/m}^3$  y  $200 \text{ mg/m}^3$  para valor de tránsito respectivamente.

Frente a este problema ambiental la investigación propuesta tiene como objetivo evaluar la concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la urbanización La Libertad del distrito de Comas usando el método pasivo con la aplicación de placas Petri para la absorción del material particulado y una alternativa de solución para su purificación es el diseño de un Purificador de Aire, ya que su función es limpiar el material particulado que se encuentra en la zona, pues mueve el aire al hacerlo pasar por un ducto que recoge todas las particular y las atrapa en un filtro.

La presente investigación, se basa en otras investigaciones sobre el monitoreo del polvo atmosférico sedimentable (PAS) en zonas urbanas como se redactan en los siguientes antecedentes.

Dentro de los antecedentes del monitoreo de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) tenemos:

Coral (2012) determinó la calidad del aire en un departamento de la selva peruana. El estudio permitió dar a conocer sobre el método pasivo en la que colecta un contaminante específico por medio de la precipitación del sustrato sólido, en esta investigación se usaron recipientes rectangulares para la captación de polvo atmosférico sedimentable, ubicados en los 15 puntos de la zona de Moyobamba, en la que se muestra que el grado de polvo atmosférico sedimentable mediante el muestreo pasivo, obtuvo como promedio final  $0.70 \text{ mg/cm}^2$  por mes el cual supera los valores admitidos por las Organización Mundial de la Salud (OMS)



que es de  $0.5 \text{ mg/cm}^2$  por mes. Además, se determinó que existe una relación inversamente proporcional con las condiciones meteorológicas y el material particulado, ya que el mes de diciembre presentó una mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable de  $0.9 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$  y una menor precipitación pluvial; a comparación de los meses noviembre y enero con una menor concentración de PAS de  $0.6 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$  correspondiente a una mayor precipitación pluvial. (Coral, 2012)

Rubén y Cabrera (2008) realizaron el análisis comparativo de resultados de los niveles de concentraciones de polvo atmosférico (PS) obtenidas mediante dos metodologías validadas; la primera validada por DIGESA, denominada tubo pasivo, utilizando tubos PVC, colocadas alrededor de una varilla de aproximadamente 2 metros a la altura del suelo y un filtro al medio para la captación del material particulado y la segunda validada por SENAMHI llamada placas receptoras que antes de ser colocadas se untará uniformemente con vaselina con ayuda de una paleta y empleando guantes; posteriormente se realizó el codificado y pesado inicial en balanzas electrónicas. Esto llevo a tener 2 resultados diferentes en el monitoreo de la concentración de PAS o PS, con el método de placas receptoras obtuvo un valor máximo de  $1.156 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$  y el método de tubos pasivos un valor de  $1.586 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$  esto debido a la dirección del viento genero un mayor arrastre de partículas de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS).

[Miranda y Aruhuanca \(2017\)](#), evaluaron la concentración de polvo atmosférico sedimentable y material particulado en 8 estaciones. Para esto tuvieron en cuenta el tipo de vía, densidad poblacional y tráfico; logrando determinar con ello las zonas de muestreo localizadas en la zona Centro e Intermedia de la ciudad de Tacna, tomando como referencia el paseo cívico de la ciudad. Los resultados obtenidos del muestreo polvo atmosférico sedimentable indican un valor promedio final en todas las estaciones de muestreo de  $1.07 \text{ mg/cm}^2 / \text{mes}$ , el cual

sobrepasa en  $0.57 \text{ mg/cm}^2$  mes estando por encima de los valores guía para partículas atmosféricas sedimentables de la Organización Mundial de la Salud - OMS, fijado en  $0.50 \text{ mg/cm}^2 / \text{mes}$ . De acuerdo con los resultados obtenidos, se determinó que 3 fueron los puntos con mayor grado de PAS debido a la cantidad de flujo vehicular en la zona, donde se aplica la metodología del muestreo pasivo.

Santillán et al. (2016) estimaron el grado de contaminación de material particulado atmosférico y sedimentable en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH. El polvo atmosférico de 2.5 y 4  $\mu\text{m}$  se midió con el equipo DustTrak<sup>TM</sup> II y el polvo sedimentable se determinó por el método de muestreo pasivo para polvo sedimentable. Los resultados fueron comparados con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la legislación ecuatoriana. Se encontró una media diaria de MPA de  $10 \text{ ug/m}^3$  y de  $14.8 \text{ ug/m}^3$  para el MP2.5 y MP4 respectivamente, valores superiores a los LMP. Esto indica condiciones alarmantes en el LSA-UNACH. (Santillán et al.; 2016)

Roncal (2008) monitoreó los contaminantes sólidos sedimentables (CSS) en Celendín. Trabajó con el muestreo pasivo con placas receptoras, para la captación del polvo atmosférico sedimentable, ubicándolas en los 28 puntos de monitoreo en la ciudad de Celendín, determinando que las concentraciones de polvo atmosférico sobrepasan los Límites Máximos Permisibles recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) con  $30 \text{ Tn/km}^2 / \text{mes}$  (Este valor fue extrapolado por el autor para que se pueda cumplir con los LMP de los valores de concentración de material particulado CMP). Por lo que el 71% de los puntos sobrepasa estos valores y solo el 29% de los puntos de monitoreo no sobre pasa los LMP para contaminantes sólidos.

Asimismo, se menciona antecedentes sobre la purificación del aire:

Arquímedes (2016) realizó una evaluación de las concentraciones de gases de combustión y polvo atmosférico en emisiones de chimenea de pollerías en la ciudad de Trujillo, en las que aplicó una metodológica con carbón activo que consiste en capsular en porcelana los gases de combustión usando la succión de aire de fuera de las chimeneas determinado por el contenido de volátiles, cenizas, carbono y humedad, según muestreo Norma ASTM D 2234-00, estos tuvieron un promedio de 54.83 mg/m<sup>3</sup> de CO a la salida de la chimenea de pollería y usando una alternativa para su descontaminación diseñaron un lavador de gases tomando en cuenta el flujo de gases de combustión y principalmente los rangos de las partículas que salen en la chimenea, este equipo redujo en un 88,4% las emisiones provocadas por esta.

Cunza (2018) diseñó un sistema de purificador para mejorar la calidad del aire en viviendas urbanas, siguiendo datos estadísticos de polvo atmosférico sedimentable registrados por el SENAMHI en 10 distritos de Lima, donde el grado de contaminación fue de 0.0026 mg/m<sup>3</sup> de material particulado PM 2.5, colocando los datos en la metodología de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para seleccionar el mejor purificador de aire, donde se encontró que entre el purificador modelo BAP 600 conteniendo un filtro HEPA tiene un indicador de cambio de filtro y un ionizador que libera iones captando mejor las partículas más pequeñas, el BAP 706 que contiene un filtro HEPA que es lavable y que atrapa partículas más grandes y contiene un ionizador controlado independientemente que eliminara las partículas de los contaminantes mayores a 2 micrones y el Purificador BAP 1700 tiene un filtro de muy alta eficiencia tipo HEPA que puede limpiarse y reutilizarse, este último tiene un mayor porcentaje de remoción de polvo atmosférico sedimentable del 90% debido a su modelo ionizante colocado en la parte superior del equipo logrando absorber la mayor cantidad de polvo atmosférico sedimentable.

## **1.2. Bases Teóricas**

### **1.2.1. Contaminación atmosférica**

En la atmósfera, la presencia de sustancias en una cantidad que implique molestias o riesgo para la salud de las personas y de los demás seres vivos proviene de cualquier naturaleza.

Pueden atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

El nombre de la contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los elementos materiales, no a otras alteraciones inocuas como son las fuentes naturales: polvo de material biológico, polen, esporas y bacterias (Molina, 2001).

### **1.2.2. Polvo atmosférico sedimentable (PAS)**

El PAS está constituido por partículas contaminantes sólidas de un diámetro equivalente mayor o igual a 10 micras ( $D \geq 10\mu$ ), tamaño y peso que está dentro de la influencia de la fuerza de atracción gravitatoria terrestre (gravedad). Por ello sedimentan y se depositan en forma de polvo en las diferentes superficies (edificios y objetos en general de exteriores e interiores, áreas verdes, avenidas y calles con o sin asfalto). Desde ahí vuelven a ser inyectados al aire por los llamados flujos turbulentos de las zonas urbanas. De este grupo de partículas, las más finas son las más peligrosas, puesto que tienen una mayor capacidad de penetración en el sistema respiratorio (Sandoval, 2000).

### **1.2.3. Método para monitoreo de partículas**

#### **1.2.3.1. Método pasivo**

Este método de muestreo colecta un contaminante específico por medio de su adsorción y/o absorción en un sustrato químico seleccionado (vaselina). Después de su exposición por un período adecuado de muestreo, que puede variar desde una hora hasta meses o inclusive un año, la muestra se regresa al laboratorio donde se realiza la desorción del

contaminante para ser analizado cuantitativamente. Los equipos utilizados se conocen como muestreadores pasivos que se presentan en diversas formas y tamaños, principalmente en forma de tubos o discos (Dirección General de Salud Ambiental, 2005).

### **1.2.3.2. Método activo**

Requiere de energía eléctrica para succionar el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones diarias promedio. Los muestreadores activos se clasifican en burbujeadores (gases) e impactadores (partículas). Dentro de estos últimos, el más utilizado actualmente es el muestreador de alto volumen “High – Vol.”, para PST, PM10 y PM2.5 (Rusber, 2012).

### **1.2.4. Muestreo**

Es la actividad que consiste en tomar ciertas muestras de una población de elementos, a partir de los cuales se toman ciertos criterios de decisión. Es importante porque permite hacer análisis de situaciones de una empresa o de algún campo de la sociedad. Una parte fundamental para realizar un estudio estadístico de cualquier tipo es obtener unos resultados confiables y que puedan ser aplicables. Como ya se comentó anteriormente, resulta casi imposible o impráctico ejecutar estudios sobre toda una población. La solución es trabajar con un subconjunto (muestra) de ésta (Reyes, 2011).

#### **- Criterios para la ubicación de puntos de muestreo para la calidad de aire**

**Acceso.** El lugar para la ubicación de la estación de monitoreo debe ser accesible en todo momento y contar con un área para que los vehículos con el personal responsable ingresen al lugar. La estructura de la estación de monitoreo debe diseñarse de forma que ofrezca un

fácil acceso a los procesos de operación y mantenimiento rutinario de equipos. Asimismo, deben adecuarse a las condiciones climáticas del área en estudio (Rojano et al., 2008).

**Seguridad.** La estación de monitoreo debe ser accesible, pero segura. En la mayoría de los casos, debe estar protegida contra robos o actos de vandalismo mediante cercos u otros mecanismos de seguridad (Ministerio de Energía y Minas, 2010).

**Flujo vehicular.** Es el flujo de vehículos que atraviesan una determinada sección de la vía por unidad de tiempo. Transportation Research Board (2000) lo define como “la velocidad por hora equivalente a la que los vehículos pasan por un punto o sección de un determinado carril o carretera durante un intervalo de tiempo determinado, menor a una hora, generalmente 15 minutos”.

**Densidad Poblacional.** Es un indicador que permite saber cuánta población habita en una zona territorial. Por ejemplo: un país, una región, una comuna, etc. También permite saber cuándo la población está concentrada o dispersa, respecto al territorio que habitan (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022).

### 1.2.5. Monitoreo

Monitoreo es el proceso sistemático para recolectar, analizar y utilizar información que permita realizar el seguimiento al progreso de un programa en la consecución de sus objetivos. Así se puede tomar las decisiones de gestión. Generalmente, el monitoreo se dirige a los procesos en cuanto a cómo, cuándo y dónde tienen lugar las actividades; quién las ejecuta y a cuántas personas o entidades beneficia (Organización de las Naciones Unidas, 2010).

### **1.2.6. Purificadores de aire**

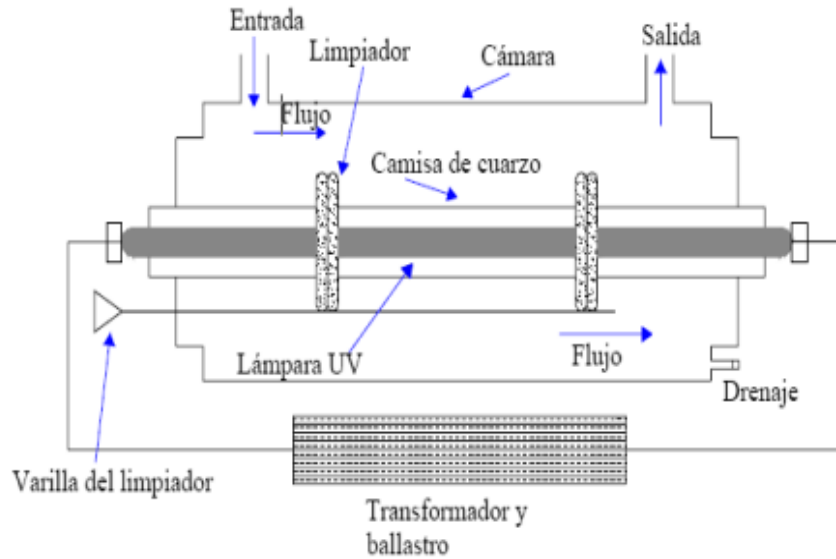
Los purificadores se utilizan para reducir la concentración de los contaminantes que se encuentran en el ambiente. Son muy útiles. Incluso imprescindibles para las personas que sufren de sensibilidad química múltiple, alergias y asma. Estudios tecnológicos y científicos comprueban que la mala calidad del aire es un factor contribuyente a algunas formas de cáncer, enfermedades respiratorias, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y otras infecciones pulmonares. Estos pueden ser purificadores de aire para uso residencial o purificadores de aire de calidad comercial (Tade & Wang, 2007). Los purificadores usan diferentes técnicas que puedan quitar diferentes contaminantes. Hay ventajas en usar más de un proceso en un purificador.

#### **1.2.6.1. Purificadores de irradiación**

Estos purificadores utilizan radiación mediante lámparas UV con aire forzado, los sistemas IGUV pueden ser unidades libres con lámparas UV blindadas para forzar el aire que ya pasó por la luz ultravioleta (Tade & Wang, 2007).

## Ilustración 1

### *Purificador de aire usando irradiación*



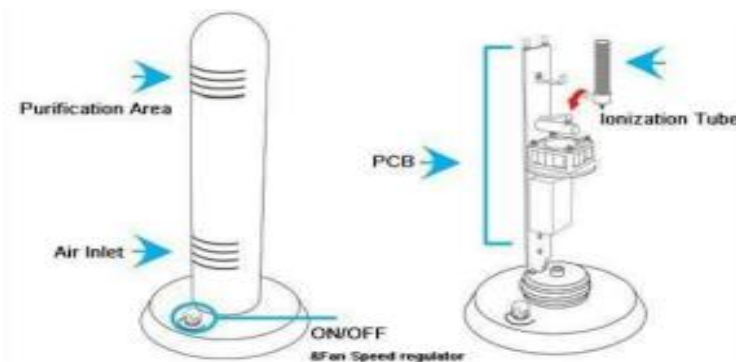
Fuente. Véliz (2014).

### 1.2.6.2. Purificadores de iones

Los purificadores con tecnología iónica (la más desarrollada actualmente) usan emisor de iones de carga negativa. Lanza billones de iones negativos al aire y se adhiere a las partículas (virus, moho, polen, etc.) de polvo atmosférico más pequeños, por lo tanto, las más dañinas que hay en el ambiente (Tade & Wang, 2007).

## Ilustración 2

### *Purificador de aire tecnología ionizante*



Fuente. Cunza (2018).

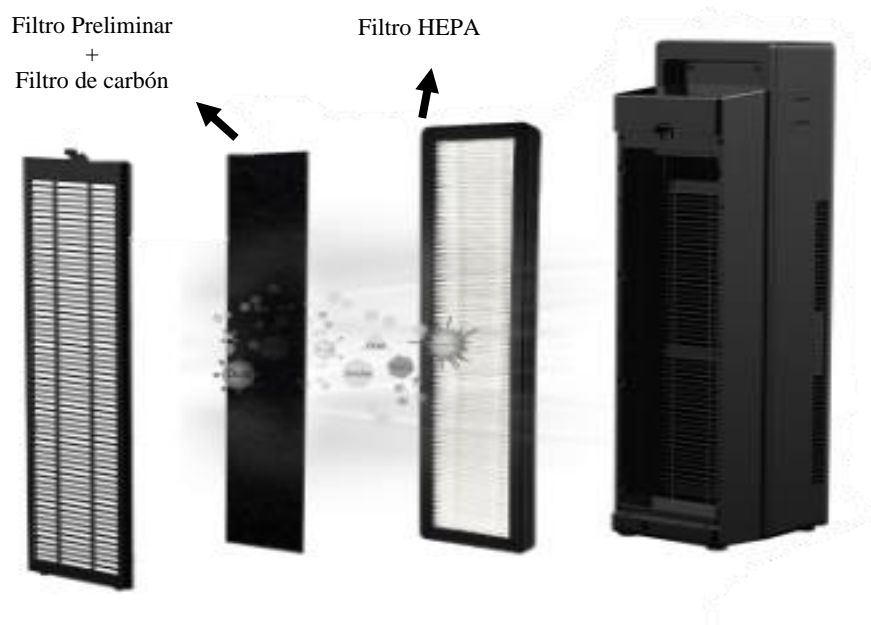


### 1.2.6.3. Purificadores de filtros

Los purificadores basados en filtros atrapan el material particulado aerotransportadas por la exclusión de su tamaño. Los filtros HEPA quietan al menos el 99.97% de partículas menores de 0.3 $\mu$ g. Son los más eficaces para las partículas de mayor tamaño, e ineficaces en las más pequeñas (Tade & Wang, 2007).

### Ilustración 3

*Purificador de aire con filtro HEPA*



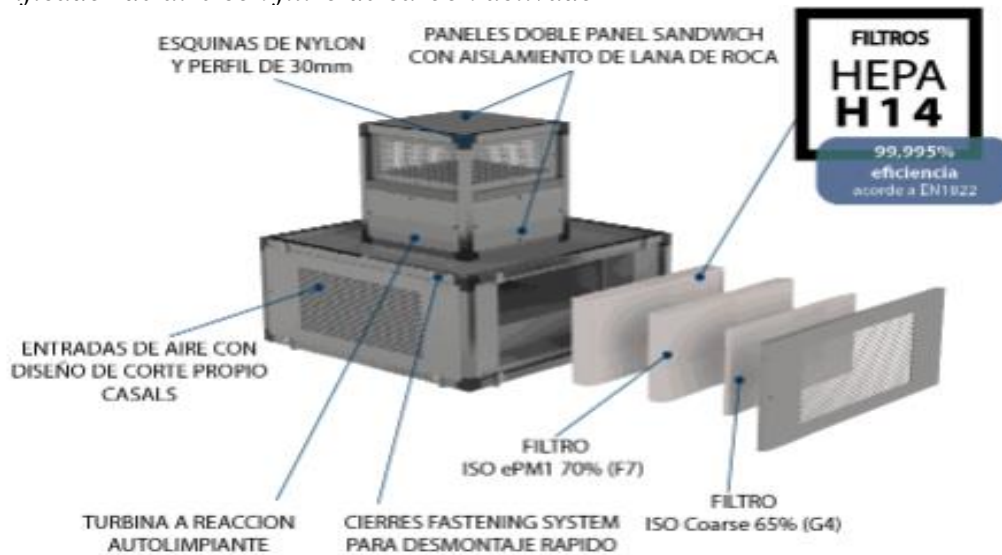
*Fuente.* EASY (2020).

### 1.2.6.4. Purificadores de carbón activado

El carbón activado es un material poroso con la propiedad de absorber sustancias volátiles en base molecular. Este es un proceso que debe alcanzar el equilibrio. Por tanto, estos polvos atmosféricos pueden ser difíciles de eliminar completamente (Tade & Wang, 2007).

## Ilustración 4

### *Purificador de aire con filtro de carbón activado*



Fuente. Price (2022).

## 1.3. Formulación del problema

### 1.3.1. Formulación del problema general

¿Cuál es el nivel de concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) y cual sería una alternativa de solución para su purificación en la urbanización la Libertad del distrito de Comas en el 2021?

### 1.3.2. Formulación del problema específico

- ¿Cuáles son los puntos de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) a través del uso del método pasivo en la urbanización La Libertad del distrito de Comas en el 2021?

- ¿Existe alguna diferencia entre las mediciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) antes y después de usar el purificador de aire?
- ¿Cuál es la relación estadística entre la altura de la placa y la concentración de polvo atmosférico sedimentable?

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar el nivel de concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) y proponer una alternativa para su purificación. en la urbanización la Libertad del distrito de Comas en el 2021.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar los puntos de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) a través del uso del método pasivo en la urbanización La Libertad del distrito de Comas en el 2021.
- Determinar la diferencia entre las mediciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) antes y después del uso el purificador de aire.
- Establecer la relación entre la altura de la placa y la concentración de polvo atmosférico sedimentable mediante método estadístico.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

Existen concentraciones altas de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la urbanización la Libertad del distrito de Comas y es posible proponer una alternativa de solución para su purificación en el 2021.

### 1.5.2. Hipótesis específicas

- Los puntos de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) a través del uso del método pasivo pueden ser identificados en la urbanización La Libertad del distrito de Comas.
- Existe diferencias significativas entre las mediciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) antes y después de usar el purificador de aire.
- Existe relación entre la altura de la placa y la concentración de polvo atmosférico sedimentable usando método estadístico.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo, los datos recolectados se analizaron estadísticamente para estimar parámetros y describir el fenómeno estudiado. Se adoptó un diseño no experimental longitudinal, el investigador no manipuló la variable, sino que midió el comportamiento de esta haciendo cortes en el tiempo para determinar la concentración de PAS. Los resultados tienen un alcance descriptivo (Hernández & Mendoza, 2018) y se toman en cuenta para proponer el uso del purificador de aire como metodología de solución al nivel de concentración de PAS.

#### 2.1.1. Población

La población de la presente investigación son las condiciones de la calidad de aire en relación al polvo atmosférico sedimentable en la Urbanización La Libertad del distrito de Comas.

#### 2.1.2. Muestra

La muestra está conformada por 30 puntos en las que se capta el polvo atmosférico en las placas receptoras, distribuidos en cada vivienda, ubicadas en las azoteas. Para determinar los puntos a instalar, se tuvo en cuenta los puntos con mayor influencia de personas, el número de paraderos de mototaxis, el tránsito vehicular y la seguridad de los puntos.

##### 2.1.2.1. Unidad de análisis

Se consideró como tal todo el polvo atmosférico sedimentable generado como producto de todas las actividades antrópicas y naturales. En función a esta unidad, se obtuvo información antes y después de la aplicación de purificador de aire mediante mediciones de su peso inicial y final.

### 2.1.2.2. Tipo de muestreo

Se trabajó con un muestreo no probabilístico. Se seleccionó el número de muestras según al criterio y necesidad del investigador. Fueron 30 puntos de monitoreo necesarios para obtener la cantidad necesaria de polvo para realizar la medición. Además, se seleccionaron los 6 puntos de mayor concentración en cada zona para usar el purificador de aire. Según Hernández y Mendoza (2018), estas también se llaman muestras dirigidas, puesto que se tiene en cuenta las características de la investigación. No se requiere de una población, sino de una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características especificadas en el planteamiento del problema.

## 2.2. Materiales, técnicas, instrumentos y métodos

### 2.2.1. Materiales

Los materiales y equipos empleados para el presente proyecto son:

**Tabla 1**

*Materiales empleados en el trabajo de investigación*

		U.M.	Cantidad
Materiales	Derivación PVC de 90 mm	Unidad	1
	Manguito PVC h-h de 90mm	Unidad	1
	Tapón ciego PVC de 90mm	Unidad	1
	Pegamento PVC	Unidad	1
	Placas Petri	Unidad	45
	Vaselina	Unidad	1
	Plumón indeleble	Unidad	2
	Supresor de pico	Unidad	1
Equipos	Balanza digital	Unidad	1
	Extractor de baño 15w 95	Unidad	1

## 2.2.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 2.2.2.1. Técnicas

#### Análisis documental

Basada en información adicional que pueden ayudar a poder evaluar los resultados obtenidos en las mediciones; así mismo, ayudar a complementar la información primaria; las fuentes que se tomaran en cuenta son las revisiones de literatura como investigaciones, publicaciones y especialistas para poder saber cuál será la metodología más utilizada y más factible para la captación del polvo atmosférico sedimentable, además y ver alternativas de solución para la purificación del PAS , a través de equipos y métodos que sean factibles en esta.

En la Tabla 2, se muestran algunos autores con sus metodologías para la captación de PAS y para el diseño del purificador de aire.

**Tabla 2**

*Autores y sus metodologías para ser utilizadas en la investigación*

Autor	Tema	Método
Casapia, Shalom, Aruahuanca, & Lizbeth, (2017)	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	Muestreo Pasivo Monitoreo automatico
Coral, (2012)	Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables, Mediante el Método de Muestreo Pasivo, Zona Urbana — Ciudad de Moyobamba	Muestreo Pasivo
Paccosonco S., (2019)	Determinación de la concentración del material particulado menor a 10 micras en el entorno de los centros de educación del distrito de Ilo 2017 – 2018	Muestreo Pasivo
Rusber, 2012	Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables, Mediante el Método de Muestreo Pasivo, Zona Urbana –Ciudad de Moyobamba, 2012	Muestreo Pasivo
Flor Cunza (2018)	Diseño de un sistema purificador para mejorar la calidad del aire en viviendas urbanas	Purificador de aire

*Nota.* La lista incluye a todos los investigadores cuyos aportes metodológicos se tuvo en cuenta para el desarrollo de la investigación.

**Observación de campo.** Sirvió para registrar la información de los 30 puntos del monitoreo, ubicados de acuerdo con la sectorización de las zonas que consistirá en:

- Recopilación de información de cada punto de monitoreo cada 30 días calendarios por 120 días.
- Determinación de la mayor cantidad de polvo atmosférico sedimentable en los puntos de monitoreo, mediante la técnica del pesado-diferencia de peso.

#### **2.2.2.2. Instrumento**

**Ficha de registro de mediciones del PAS.** El instrumento (elaborado por el investigador para ser utilizado en esta investigación) recoge información de los treinta puntos de medición distribuidos en tres zonas. En la Tabla 3 se muestra la estructura de la ficha.

#### **2.2.3. Técnicas e instrumentos de análisis de datos**

Posteriormente a la cuantificación de la captación del polvo atmosférico sedimentable en las placas Petri, se procedió a analizar los datos mediante el programa Microsoft Excel v.2019. Los pesos iniciales de la placa Petri y los pesos finales con el polvo atmosférico sedimentable, se usarán gráficos de barras para ver cuál es el punto de mayor concentración del PAS y en qué mes del monitoreo hubo mayor concentración. Se analizaron los promedios finales de cada mes de monitoreo y la zona de mayor concentración del polvo atmosférico sedimentable y su comparación a nivel internacional con los valores máximos admitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 0.5 mg/cm<sup>2</sup> /mes. Dicho límite es tomado como referencia por nuestro país para sus estudios de monitoreo por parte de instituciones como la DIGESA y el SENAMHI.



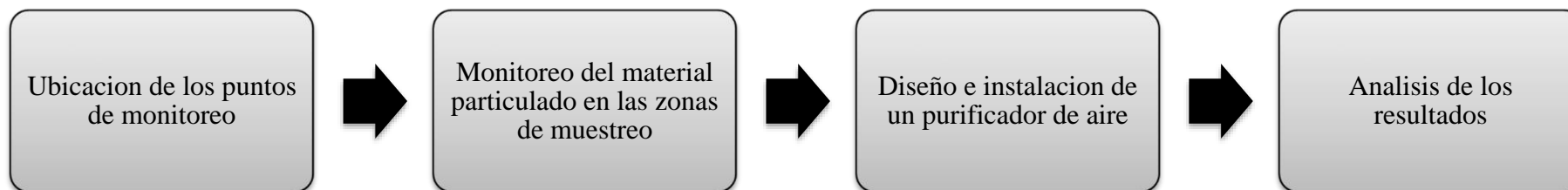
Actualmente, el ECA Aire está regulado por el Decreto Supremo N° 003-2017- MINAM, que aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen disposiciones complementarias. En el mismo se establece el valor máximo de distintos parámetros en función a determinados periodos. Vale destacar que dicho ECA no hace referencia al MPS, ni se contempla proyecto afín alguno.

Se analizaron los valores con sus medias utilizando el programa Software SPSS para a ver la relación que tienen las variables y su grado de significancia de cada una. Antes de realizar el contraste de hipótesis, se verificó la distribución normal de los datos mediante la prueba estadística Shapiro-Wilk, por tratarse de muestra en un número menor a 50 unidades. Con el resultado de esta prueba se decidió utilizar la prueba no paramétrica rho de Spearman para las correlaciones y la prueba t de Student para las diferencias entre mediciones pre y post uso del purificador de aire. Las variables utilizadas fueron las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable en las 3 zonas de muestreo, la utilización del purificador en los puntos de mayor concentración y la altura de las placas Petri con relación al polvo atmosférico sedimentable.

## 2.2.4. Métodos

Figura 1

*Las etapas de la investigación*



*Nota.* La investigación se inició con la ubicación de los puntos de monitoreo en 3 zonas diferentes. Se determinó que la metodología a usar sería el método pasivo (utilización de placas Petri), para el monitoreo del Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en los meses de febrero, marzo y abril. A continuación, se procede a diseñar un purificador de aire para la disminución de los puntos con mayor concentración de PAS, instalándose en el mes de mayo. Finalmente, se procedió al análisis de los pesos iniciales y finales para determinar los puntos de mayor concentración y la disminución del PAS, a través del purificador de aire.

## 2.3. Procedimiento

### 2.3.1. Ubicación de los puntos de monitoreo

#### 2.3.1.1. Ubicación de las zonas de monitoreo

En la Tabla 3 se muestra las Zonas 01, 02 y 03 para los muestreos con las ubicaciones de todos los puntos. Se seleccionaron 3 zonas en las cuales, por criterio del investigador, se dividieron por la presencia de locales, viviendas y tránsito vehicular.

**Tabla 3**

*Zona y puntos del monitoreo*

N° Ítem	Estación	Ubicación	Ubicación Geográfica	* Densidad Poblacional	* Flujo de tránsito de vehículos	N° de puntos
01	Zona 01	Ubicadas en las intersecciones de Jr. Puquio, Jr. Tarma, Jr. Alvarado y la Av. Puno; se encuentra un mercado en el cruce de Jr. Alvarado con Jr. Santa Cruz.	Es la parte más alta de todas las zonas a muestrear, con más viviendas y pocos locales comerciales.	Poca densidad poblacional	Bajo	01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10.
02	Zona 02	Ubicadas en las intersecciones de Jr. Lima, Jr. Unión, Jr. Los Pinos y la Av. Puno; a espaldas del mercado municipal.	Es la parte media de las zonas a muestrear, que cuenta regular número de locales comerciales y regular número de viviendas.	Media densidad poblacional	Medio	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.
03	Zona 03	Ubicadas en las intersecciones de Jr. Santa Rosa, Jr. 21 de Setiembre, Jr. La Libertad y la Av. Puno; por el paradero de mototaxis ubicadas en la intersección de la Av. Puno y Santa Cruz con la auxiliar de la Av. Tupac Amaru.	En la parte baja de las zonas a muestrear, con más locales y pocas viviendas.	Alta densidad poblacional	Alto	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30.

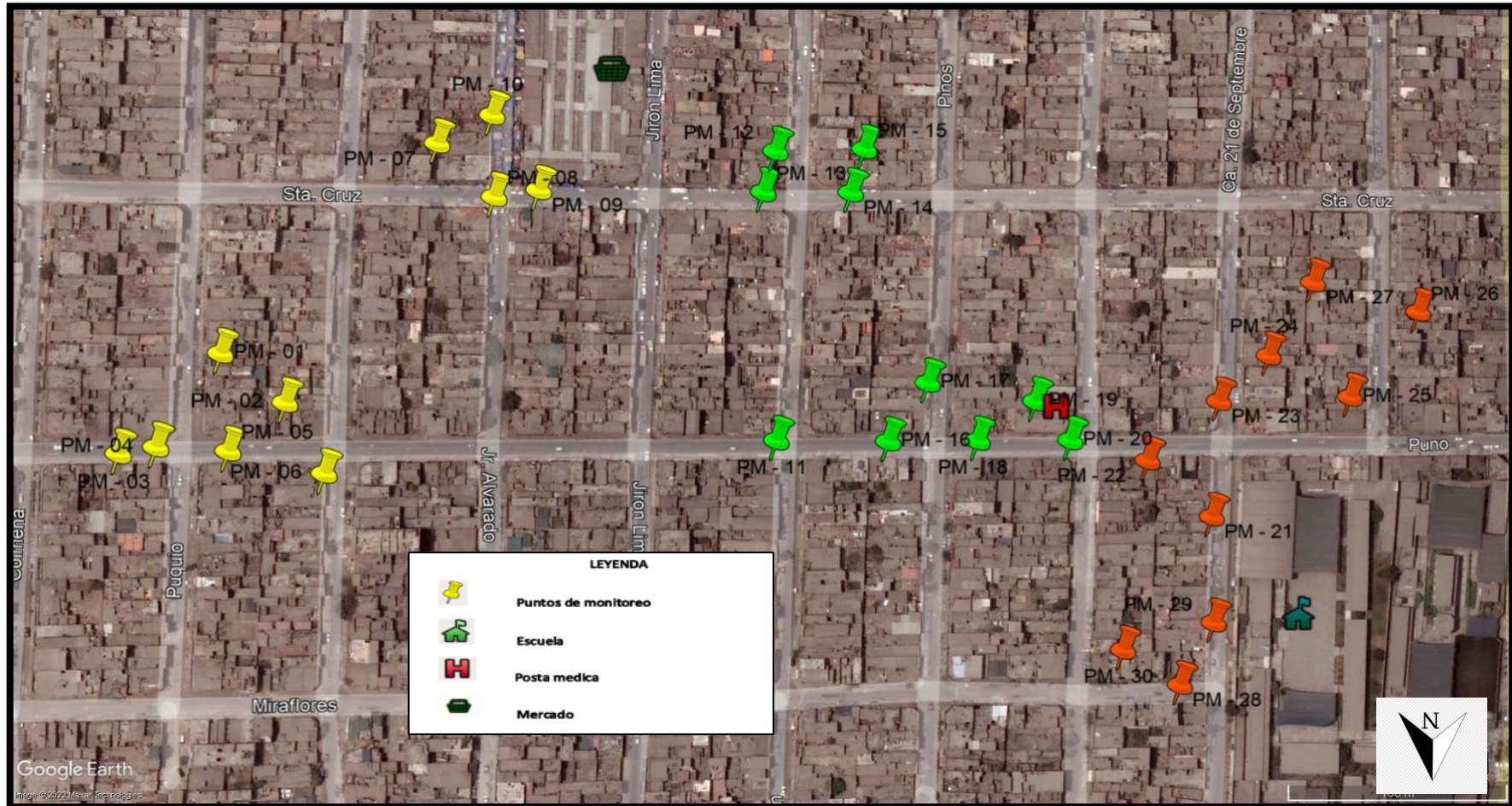
\* Criterio del investigador

**2.3.1.2. Mapa general de la zona determinada**

Los puntos seleccionados fueron acordes a lo mencionado en la etapa de la muestra, donde se verifica que la cantidad de puntos totales serán de 30 ubicados en las 3 Zonas mencionadas.

**Figura 2**

*Imagen satelital de la Urbanización La Libertad, con la ubicación de los 30 puntos de monitoreo para el polvo atmosférico sedimentable (PAS).*



Fuente. Google Earth (2021).

### 2.3.2. Monitoreo del material particulado

Para el monitoreo del material particulado se usó el método pasivo que consistió en la colocación de placas Petri donde se realizó la limpieza previamente a la colocación de las placas. El tamaño de las placas de vidrio fue de 15 x 12 cm, luego se aplicó el adherente (vaselina) para atrapar al polvo sedimentable y se procedió a pesar la placa en una balanza analítica calibrada. El peso inicial se anotó en la placa y en la libreta de campo.

#### Ilustración 5

*Medidas de las placas y pesado inicial de las mismas*



Las placas recién preparadas y pesadas se trasladaron a los puntos de monitoreo. Se mantuvieron en la mejor condición durante su traslado desde el laboratorio hasta el punto de monitoreo. Para ello se utilizó un cooler con separaciones que permitieron posicionarlas de manera estable, de forma que no tuvieran alteraciones en el peso.

La instalación de las placas fue con la ayuda de una escalera, chinchas, cinta maskin tape y un martillo. Se dispuso las placas receptoras a 2.00 y 3.5 m de la superficie del suelo. Se las protegió bajo sombra, al aire libre durante un mes. Posteriormente se las pesó para encontrar el peso final del polvo atmosférico sedimentable.

Para determinar la concentración de polvo atmosférico sedimentable se utilizó la fórmula de la Dirección General de Salud Ambiental (2005), que es la siguiente:

Ecuación 1: Fórmula para hallar el PAS

$$PAS = PS = ((\text{mg}/\text{cm}^2) \text{ Mes}) = (\text{Peso Final} - \text{Peso inicial}/\text{Área}) \quad 1$$

Donde:

- PAS o PS: Partículas atmosféricas sedimentables situadas alrededor de la Urbanización.
- Peso final: La cantidad de partículas acumuladas al final del monitoreo.
- Peso inicial: La Placa Petri más la vaselina añadida.
- Área: Área de la placa x Total de Placas

### 2.3.3. Diseño e instalación de un modelo casero de purificador de aire tipo filtro

Para llevar a cabo el diseño del purificador de aire se tomaron en consideración las revistas literarias para saber medidas, longitudes y filtros, el cual se usarán con material que son accesibles y económicos para su realización.

En la Tabla 4 se muestran las dimensiones de los materiales a usar. Se tomó de referencia las pautas de Simple Creator (2020), donde se indican medidas y diámetros usados para el equipo purificador.

**Tabla 4**

*Dimensiones utilizadas para el purificador de aire*

Nº	Material	Diámetro (mm)	Ángulo (°)	Color	Espesor (mm)
1	Derivación de PVC (Para encolar)	90	45	Gris	3.2
2	Manguito PVC H-H (Para encolar)	90	-	Gris	3.2
3	Tapón ciego PVC (De registro)	90	-	Gris	3.2

Para la elección del purificador de aire se tomó como referencia el Extractor Axial Mon Ef1219D Kraftman por su panel delgado y el montaje simple. El equipo, además, es silencioso y resistente a la corrosión, tiene un motor con una vida larga a pesar de factores ambientales que podrían afectarlo y contiene una superficie especial, nunca brilla y no se descolora (tabla 5).

**Tabla 5**

*Equipo utilizado para el purificador de aire*

Marca	Modelo	Tipo de producto	Material	Potencia	Frecuencia de sonido
Kraftman	Ef1219D	Extractor	Plástico Abs	14 W	64 dB

Teniendo las medidas claras, se procedió a hacer la conexión entre el Extractor de aire y la fuente de corriente. Luego se realizó el armado del purificador con material PVC, dejándolo instalado para su funcionamiento.

## Ilustración 6

### *Diseño y construcción del purificador de aire*



El extractor de aire Kraftman y el supresor de pico, se unen, mediante los cables expuestos en el equipo, para su encendido y funcionamiento.



Después, con el pegamento de PVC se hace la unión del extractor de aire con la Derivación de PVC de 90 mm



Por último se coloca la mascarilla KN95 para que, mediante la extracción del aire, pueda atrapar las partículas de polvo que están suspendidas.



El purificador de aire fue ubicado en los 2 puntos de mayor concentración de PAS de las Zonas 01, Zonas 02 y Zonas 03. Estuvo instalado al costado derecho de las placas Petri, a la misma altura y a una distancia de 50 cm. La medición se realizó durante un mes. Se colocó el equipo purificador en un punto por semana, hasta completar el mes, como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Tiempo y frecuencia de monitoreo*

Semanas	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
				PT-01		PT-02	
1	PT-03	PT-04	PT-05	PT-06	PT-01	PT-02	PT-03
2	PT-04	PT-05	PT-06	PT-01	PT-02	PT-03	PT-04
3	PT-05	PT-06	PT-01	PT-02	PT-03	PT-04	PT-05
4	PT-06	PT-01	PT-02	PT-03	PT-04	PT-05	PT-06

En la Tabla 7 se muestra lo criterios seleccionados en la investigación, para los 6 puntos en que se encuentra la mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable en mg/cm<sup>2</sup>/mes.

**Tabla 7**

*Criterios para la ubicación de los puntos de mayor concentración*

Zonas	* Influencia de personas	Nº de paraderos de Mototaxi	* Tránsito vehicular	* Seguridad de los puntos
Zona 1	Baja	0	Baja	Alta
Zona 2	Media	1	Media	Media
Zona 3	Alta	2	Alta	Baja

\* Criterio del Investigador:

- Tránsito vehicular: Medida del flujo de vehículos en las zonas a muestrear
- Seguridad de los puntos: Medida de la seguridad que tienen los puntos en las zonas a muestrear

#### **2.3.4. Análisis estadístico**

Los procesamientos y análisis estadísticos de los datos recolectados se efectuaron mediante el programa de Microsoft Excel. Para analizar los datos se usó la estadística descriptiva y en la presentación se usaron tablas y gráficos estadísticos. Así, por ejemplo, los gráficos de barras muestran la mayor cantidad de PAS en cada Zona.

Se determinaron las altas concentraciones de PAS con las medidas estadísticas (media, moda, desviación estándar, varianza, etc.) de las 3 mediciones (febrero, marzo y abril) en los 30 puntos de muestreo, previo al uso del purificador.

Se realizó la *t* de Student para verificar las diferencias de los 6 puntos de mayor concentración de PAS, sin intervención del purificador de aire y con intervención de este. La prueba de hipótesis permitió verificar la diferencia entre los promedios de los 3 meses (febrero, marzo y abril) con el promedio de la muestra en estos tres mismos puntos, pero intervención del purificador de aire en el mes de mayo.

Además, para conocer la relación entre la altura de la placa y las 30 muestras de la Zonas 1, 2 y 3., se empleó la prueba no paramétrica Rho de Spearman, debido a que los datos no tienen distribución normal.

Para tomar decisiones respecto a los resultados de las pruebas de hipótesis, se estableció un nivel de significancia de 0,05 (5% de error). En consecuencia, si  $p > 0,05$ , se concluía con la hipótesis nula y, si  $p < 0,05$ , se concluía con la hipótesis de investigación.

#### **2.3.5. Aspectos Éticos**

Desde el punto de vista ético, la recolección de datos cumplió con todos los protocolos establecidos para garantizar la exactitud en las mediciones. Se garantizó el rigor científico organizando y procesando los datos en forma objetiva y reportando los resultados realmente

obtenidos. Asimismo, se respetó los derechos de autor reconociendo a los autores consultados para construir el marco teórico de referencia para el estudio.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Descripción de los resultados

Los puntos de muestreo, donde están ubicados las placas Petri, fueron relacionados con criterios de ubicación, altura, flujo de vehículos y flujo de personas; toda vez que, se quiso determinar, si guardan relación con las concentraciones alta de Polvo Atmosférico Sedimentable en cada Zona, como se muestran en las siguientes tablas.

#### 3.1.1. Identificación de puntos de muestreo por zonas

En la Tabla 8 se indican los puntos de muestreo para Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS), para las zonas 01, 02 y 03 de la Urbanización La Libertad.

**Tabla 8**

*Puntos de muestreo y Polvo Atmosférico Sedimentables por Zonas*

Nº de puntos	Nombre de la ubicación	Dirección	Coordenadas (UTM)	Zona de la ubicación	Altura sobre el suelo (Metros)	Características	* Nivel de exposición al PAS
01	Vivienda	Jr. Puquio cdra. 777	277148 E 8677608 S	Alta	3.50	Casa que se encuentra en la mitad de la cuadra, poco transitada por vehículos y poco flujo de personas.	Baja
02	Vivienda	Av. Puno cdra. 8 - 1352	277130 E 8677637 S	Alta	4.20	Casa de 2 pisos a medio construir, poco tránsito de vehículos y poco flujo de personas.	Baja

03	Bodega	Jr. Puquio cdra.8, intersección con Av. Puno 1367	277201 E 8677637 S	Alta	5.70	Ubicada en una avenida principal (Av. Puno), casa de 3 pisos, con flujo vehicular regular y poco flujo de personas.	Media
04	Vivienda	Av. Puno 1370	277186 E 8677639 S	Alta	3.20	Casa de 2 pisos, ubicada en la avenida principal (AV. Puno) con flujo vehicular regular y poco flujo de personas.	Media
05	Vivienda	Av. Puno 949	277159 E 8677650 S	Alta	3.70	Vivienda ubicada en una avenida principal (Av. Puno), casa de 2 pisos, con flujo vehicular regular y poco flujo de personas.	Media
06	Taller (Inflador de llantas)	Jr. Tarma cdra. 814	277125 E 8677672 S	Alta	2.30	Casa ubicada en la intersección de una avenida principal y un jirón con acceso despejado en su segundo piso, con regular tránsito vehicular y poco tránsito de personas	Media
07	Mercado	Av. Santa Cruz 820	277033 E 8677547 S	Intermedia	8.50	Casa de 4 pisos, que sirve como tienda de abarrotes, tienda de frutas y almacén de alimentos, con alto flujo vehicular y alto flujo de personas.	Muy alta
08	Mercado	Jr. Alvarado S/N	277018 E 8677577 S	Intermedia	7.20	Casa de 3 pisos y con azotea abierta, el primer piso es una tienda que se vende pescado, con alto flujo vehicular y alto flujo de personas.	Muy alta
09	Mercado	Jr. Santa Cruz S/N	276999 E 8677580 S	Intermedia	3.50	Vivienda de 1 piso con azotea, con una tienda de abarrotes, con alto flujo vehicular y alto flujo de personas.	Muy alta
10	Bodega/Mercado	Jr. Alvarado 742	277007 E 8677542 S	Intermedia	4.80	Casa ubicada al frente del mercado, que sirve como tienda de frutas, con poco flujo vehicular pero un alto flujo de personas.	Alta
11	Vivienda	Jr. Unión con Av. Santa cruz - 801	276939 E 8677719 S	Intermedia	6.80	Casa de 4 pisos, ubicada en plena avenida principal (Av. Puno), con alto flujo vehicular pero poca influencia de personas.	Alta
12	Bodega	Jr. Unión cdra. 796	276897 E 8677594 S	Intermedia	5.90	Ubicada a la espalda de mercado, casa de 4 pisos; el primer piso se vende frutas y verduras, con regular flujo vehicular y con alto tránsito de personas.	Muy alta

13	Vivienda	Jr. Unión con Santa Cruz - 555	276908 E 8677610 S	Intermedia	2.90	Vivienda de 2 pisos, en la que se encuentra poco flujo vehicular y flujo regular de personas	Media
14	Vivienda	Jr. Santa Cruz cdra. 781	276872 E 8677622 S	Intermedia	5.00	Vivienda de 4 pisos, que sirve como departamentos, con poco flujo vehicular y flujo regular de personas	Media
15	Vivienda	Jr. Santa cruz cdra. 788	276860 E 8677605 S	Intermedia	3.60	Vivienda de 3 pisos, en la que se encuentra poco flujo vehicular y flujo regular de personas	Media
16	Vivienda	Jr. Puno cdra. 879	276893 E 8677735 S	Intermedia	4.10	Casa ubicada en una avenida principal (Av. Puno), al frente de la posta médica, con alto flujo vehicular y con regular flujo de personas	Alta
17	Vivienda	Jr. Los Pinos cdra. 888	276868 E 8677715 S	Intermedia	2.20	Casa de 2 pisos, poco transita por vehículos y poco flujo de personas.	Baja
18	Cochera/Vivienda	Av. Puno cdra. 451	276856 E 8677747 S	Intermedia	3.10	Casa de 3 pisos, al frente de la posta medica; poco transita por vehículos y un flujo regular de personas.	Media
19	Posta Medica	Av. Puno cdra. 3	276826 E 8677738 S	Intermedia	2.10	Posta médica, ubicada en una avenida principal (Av. Puno), con alto flujo de personas y un flujo regular de vehículos.	Alta
20	Vivienda	Av. Puno cdra. 3	276817 E 8677760 S	Intermedia	3.10	Casa ubicada en una avenida principal (Av. Puno) que sirve como peluquería, con poco flujo vehicular y poco tránsito de personas.	Baja
21	Vivienda/Taller de motos	Jr. 21 de Setiembre cdra. 946	276768 E 8677814 S	Baja	4.20	Casa de 3 pisos ubicada al frente de un colegio, con poco tránsito vehicular y poca influencia de personas.	Baja
22	Vivienda	Av. Puno 326	276787 E 8677780 S	Baja	2.50	Casa ubicada al frente de una avenida principal (Av. Puno), con regular flujo vehicular y poco tránsito de personas	Media
23	Vivienda	Jr. 21 de Setiembre cdra. 866	276748 E 8677764 S	Baja	3.50	Casa ubicada en la intersección de una avenida principal y un jirón, con regular flujo vehicular y poco tránsito de personas.	Media





24	Vivienda	Jr. 21 de Setiembre cdra. 855	276720 E 8677751 S	Baja	2.90	Casa que se encuentra en la mitad de la cuadra, poco transita por vehículos y poco flujo de personas.	Baja
25	Vivienda	Jr. La Libertad 870	276691 E 8677781 S	Baja	3.40	Casa de 3 pisos con azotea, ubicada en la intersección de una avenida principal y un jirón, con alto flujo vehicular y con alto tránsito de personas.	Muy alta
26	Vivienda	Jr. La Libertad 820	276649 E 8677753 S	Baja	5.90	Casa de 4 pisos, ubicada en la mitad de un jirón, a espaldas de pollerías y restaurantes, con alto flujo vehicular y regular tránsito de personas.	Alta
27	Vivienda	Jr. 21 de Setiembre cdra. 870	276690 E 8677725 S	Baja	3.10	Ubicada en el medio de un jirón, es una casa de 3 pisos con azotea, despejado en la parte de atrás de la casa con patio, poco flujo vehicular y poco tránsito de personas.	Baja
28	Vivienda	Av. Miraflores cdra. 120	276807 E 8677883 S	Baja	2.80	Casa de 2 pisos ubicada al frente de un colegio, que sirve como departamento, hay poca cantidad de flujo vehicular y poca influencia de personas.	Baja
29	Vivienda	Jr. 21 de Setiembre cdra. 932	276783 E 8677861 S	Baja	3.70	Casa de 3 pisos ubicada al frente de un colegio, en la hay poca cantidad de flujo vehicular y poca influencia de personas.	Baja
30	Vivienda	Av. Miraflores cdra. 120	276826 E 8677859 S	Baja	6.10	Casa de 5 pisos, ubicada en una intersección y al frente de un taller de mototaxis, con flujo regular de vehículos y regular tránsito de personas.	Alta

\* Criterio del investigador

En la Tabla 9 se muestra los criterios que se usó en esta investigación para saber las zonas que son más afectas por el flujo vehicular y el flujo de personas en la Urbanización La Libertad del distrito de Comas.

**Tabla 9**

*Criterio utilizado para ver las zonas que son más afectadas por el flujo vehicular y el flujo de personas según el investigador*

Descripción	* Valor	Color
Poco flujo de vehículos y Poco flujo de personas.	Bajo	
Regular/Poco flujo de vehículos y Poco/Regular flujo de personas.	Medio	
Regular/Alto flujo de vehículos y Regular/Alto flujo de personas.	Alto	
Alto flujo de vehículos y Alto flujo de personas.	Muy Alto	

\* Criterio del investigador

### **3.1.2. Resultados obtenidos del monitoreo del polvo atmosférico sedimentable en la Zona 01**

En la Tabla 10 se muestra los resultados obtenidos del muestreo del Polvo Atmosférico Sedimentable en los puntos de muestreo PM – 01, PM – 02, PM – 03, PM – 04, PM – 05, PM – 06, PM – 07, PM – 08, PM – 09 y PM – 10, de la Zona 01 en la Urbanización La Libertad.



**Tabla 10**

*Resultados de Monitoreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 01 en mg/cm2/Mes*

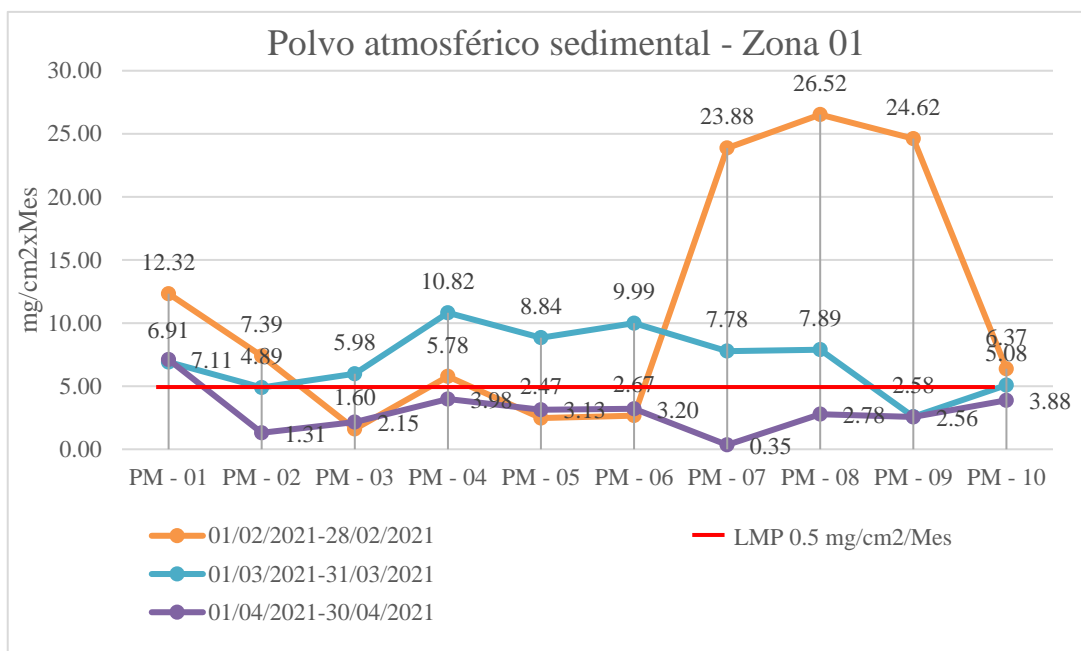
Zona 01 Urbanización La Libertad – Distrito Comas: Concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en Mg/cm2/Mes												
Periodo	Mes	PM - 01	PM - 02	PM - 03	PM - 04	PM - 05	PM - 06	PM - 07	PM - 08	PM - 09	PM - 10	Prom
01/02/2021- 28/02/2021	Febrero	12,32	7,39	1,6	5,78	2,47	2,67	23,88	26,52	24,62	6,37	11,36
01/03/2021- 31/03/2021	Marzo	6,91	4,89	5,98	10,82	8,84	9,99	7,78	7,89	2,58	5,08	9,58
01/04/2021- 30/04/2021	Abril	7,11	1,31	2,15	3,98	3,13	3,2	0,35	2,78	2,56	3,88	3,04
Sumatoria		26,34	13,59	9,74	20,57	14,44	15,86	32	37,2	29,75	15,34	
Promedio		8,78	4,53	3,25	6,86	4,81	5,29	10,67	12,4	9,92	5,11	7,99

Fuente. Base de datos (2022).

En la Figura 3, durante los periodos de febrero a abril, se muestra el muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) para los puntos PM – 01, PM – 02, PM – 03, PM – 04, PM – 05, PM – 06, PM – 07, PM – 08, PM – 09 y PM – 10, de la Zona 01 en la Urbanización La Libertad. Se observa que la que en la primera serie del mes de febrero fue mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable en el punto de muestreo PM – 08, con un valor de 26,52 mg/cm2/Mes. La menor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM – 03, con un valor de 1,60 mg/cm2/Mes. En la segunda serie, correspondiente al mes de marzo, se observa que la mayor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM -04, con un valor de 10,82 mg/cm2/Mes. La menor concentración se registra en el punto de muestreo PM – 09, con un valor de 2,58 mg/cm2/Mes. Para la tercera serie, que corresponde al mes de abril de muestreo, se puede observar que la mayor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM – 01, con un valor de 6,91 mg/cm2/Mes. La menor concentración se registra en el punto de muestreo PM – 07, con un valor de 0,33 mg/cm2/Mes.

**Figura 3**

*Resultados del muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 01 en mg/cm2/Mes:*



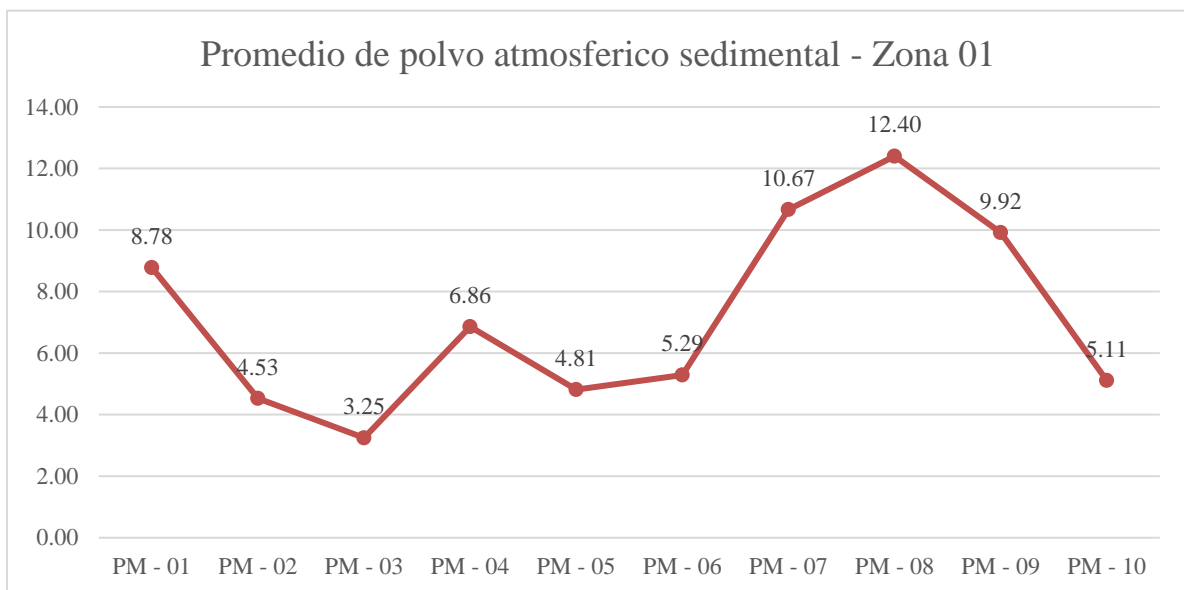
Fuente. Base de datos (2022).

En la Figura 4 se muestran los resultados promedio del muestreo de PAS para las 3 series (febrero, marzo, abril) de muestreo de la Zona 01 en la Urbanización la Libertad.

En los resultados promedio de PAS indicados en la Tabla 11 y representados en la Figura 3 se observa que la mayor concentración de PAS se registra en el punto de muestro PM – 08, con un valor de 12,40 mg/cm2/Mes. La menor concentración se registra en el punto de muestro PM – 03, con un valor de 3,25 mg/cm2/Mes.

**Figura 4**

*Resultados promedio del muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 01 mg/cm2/Mes.*

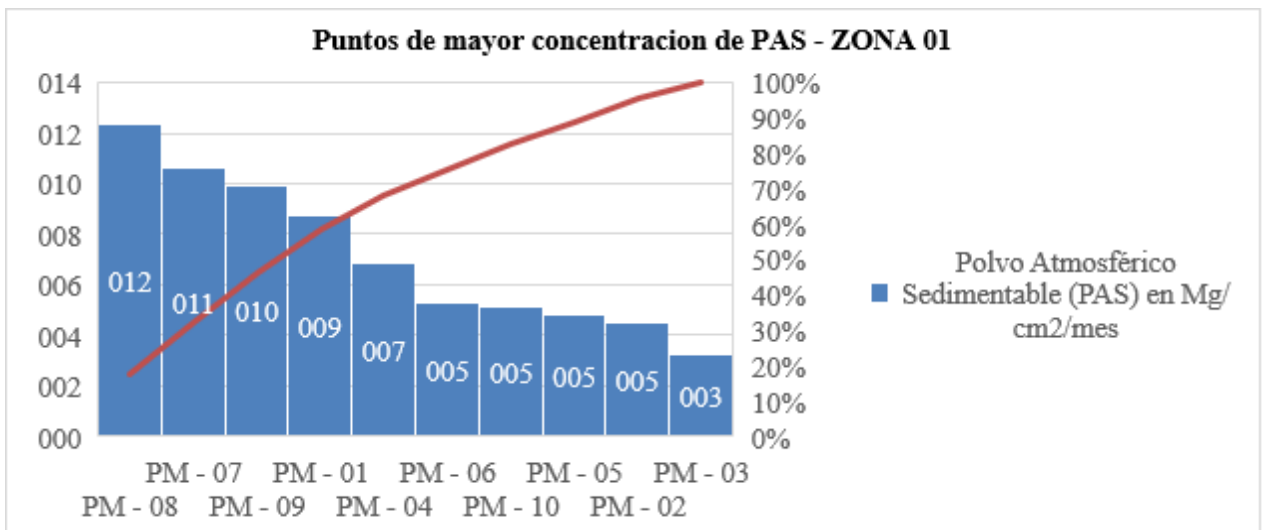


Fuente. Base de datos (2022).

En la Figura 5 se muestran, mediante el grafico Pareto, los 2 puntos de mayor concentración de PAS para las 3 series (febrero, marzo, abril) de muestreo de la Zona 01 en la Urbanización la Libertad

**Figura 5**

*Resultados de los puntos con mayor promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable en mg/cm2/Mes*



Fuente. Base de datos (2022).

**3.1.3. Resultados obtenidos del monitoreo del polvo atmosférico sedimentable en la Zona 02**

En la Tabla 11 se muestra los resultados obtenidos del muestreo del PAS en los puntos de muestreo PM – 11, PM – 12, PM – 13, PM – 14, PM – 15, PM – 16, PM – 17, PM – 18, PM – 19 y PM – 20, de la Zona 02 en la Urbanización La Libertad.

**Tabla 11**

*Resultados de monitoreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 02 en mg/m3/Mes*

Zona 02 Urbanización la Libertad – Distrito Comas: Concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en Mg/cm2/Mes												
Periodo	Mes	PM - 11	PM - 12	PM - 13	PM - 14	PM - 15	PM - 16	PM - 17	PM - 18	PM - 19	PM - 20	Prom
01/02/2021-28/02/2021	Febrero	17,43	14,48	11,39	6,67	5,34	6,21	7,43	5,62	9,39	8,45	9,24
01/03/2021-31/03/2021	Marzo	13,25	2,82	0,95	0,07	1,79	0,71	5,16	2,96	1,84	2,63	3,22
01/04/2021-30/04/2021	Abril	3,40	2,91	3,52	1,56	1,99	2,17	2,44	3,25	4,11	4,68	3,00
Sumatoria		34,08	20,22	15,86	8,29	9,12	9,09	15,04	11,83	15,35	15,76	
Promedio		11,36	6,74	5,29	2,76	3,04	3,03	5,01	3,94	5,12	5,25	5,15

*Fuente.* Base de datos (2022).

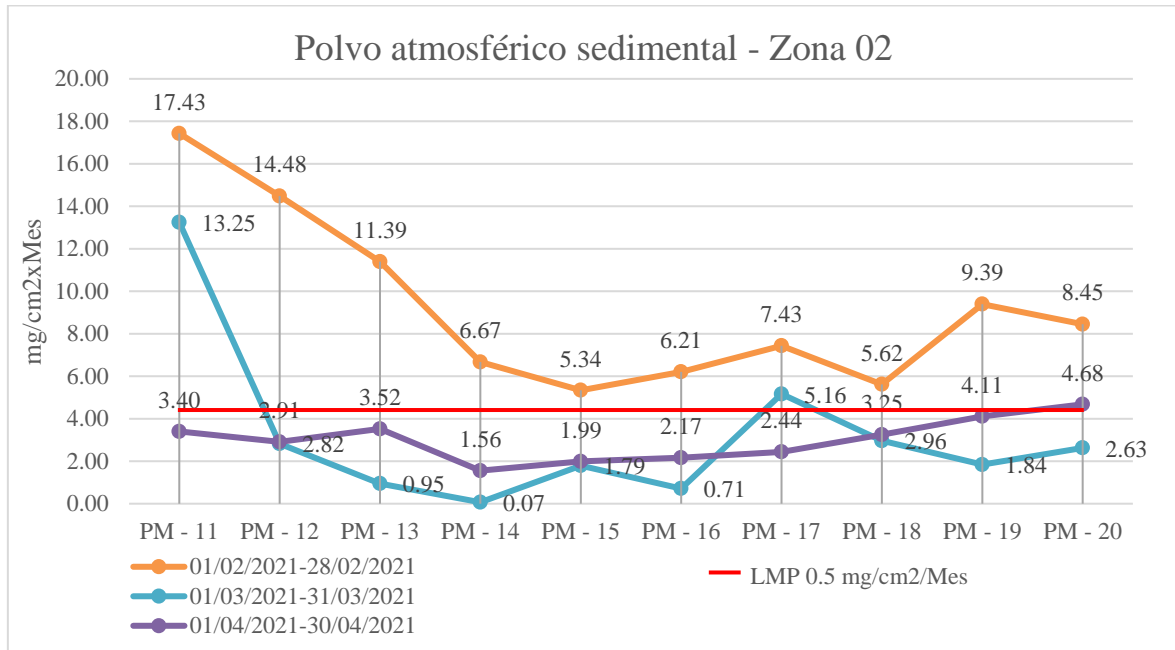
En la Figura 6, durante los periodos de febrero y abril, se muestra el muestreo de PAS para los puntos PM – 11, PM – 12, PM – 13, PM – 14, PM – 15, PM – 16, PM – 17, PM – 18, PM – 19 y PM – 20, de la Zona 02 en la Urbanización La Libertad. Se observa que la primera serie, correspondiente al mes de febrero, de muestreo donde la mayor concentración de PAS re registra en el punto de muestreo PM – 11, con un valor de 17,43 mg/cm2/Mes. La menor concentración se registra en el punto de muestreo PM – 15, con un valor de 5,34 mg/cm2/Mes. En la segunda serie, que corresponde al mes de marzo de muestreo, se observa que la mayor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM – 11, con un valor de 13,25 mg/cm2/Mes.

La menor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM -14, con un valor de 0.07 mg/cm2/Mes. Para la tercera serie correspondiente al mes de abril, de muestreo, se puede observar que la mayor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM

– 20, con un valor de 4,68 mg/cm<sup>2</sup>/Mes. La menor concentración se registra en los puntos de muestreo PM – 14, con un valor de 1,56 mg/cm<sup>2</sup>/Mes y PM – 15 con valor de 1,99 mg/cm<sup>2</sup>/Mes.

**Figura 6**

*Resultados del muestro de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 02 en mg/cm<sup>2</sup>/Mes*



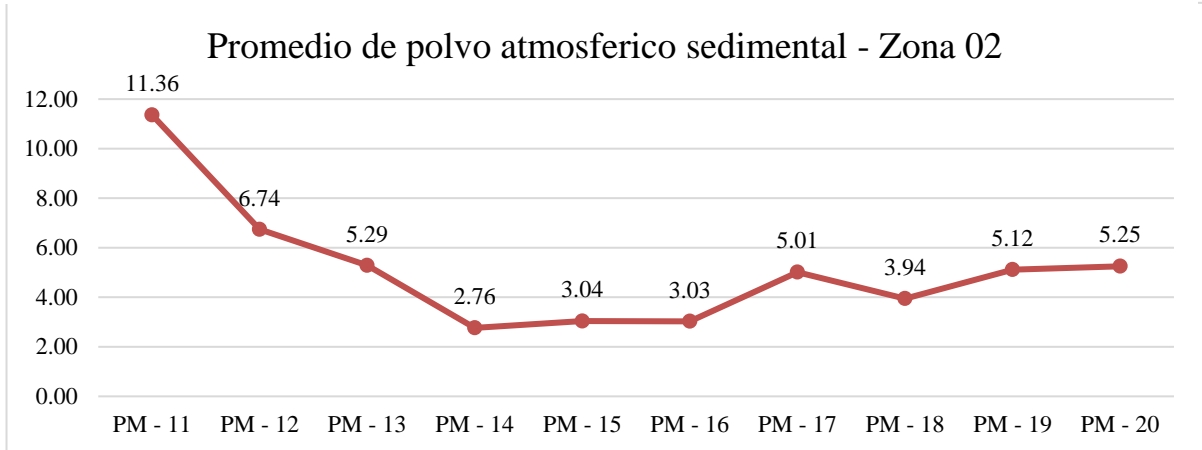
Fuente. Base de datos (2022).

En la Figura 7 se muestran los resultados promedio del muestreo de PAS para las series (febrero, marzo, abril) de muestreo de la Zona 02 en la Urbanización la Libertad.

En los resultados promedio de PAS, indicados en la Tabla 12 y representados en la Figura 7 se observa que la mayor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM – 11, con un valor de 11,36 mg/cm<sup>2</sup>/Mes. La menor concentración se registra en el punto de muestreo PM – 14, con un valor de 2,76 mg/cm<sup>2</sup>/Mes.

**Figura 7**

*Resultados promedio del muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 02 mg/cm2/Mes*

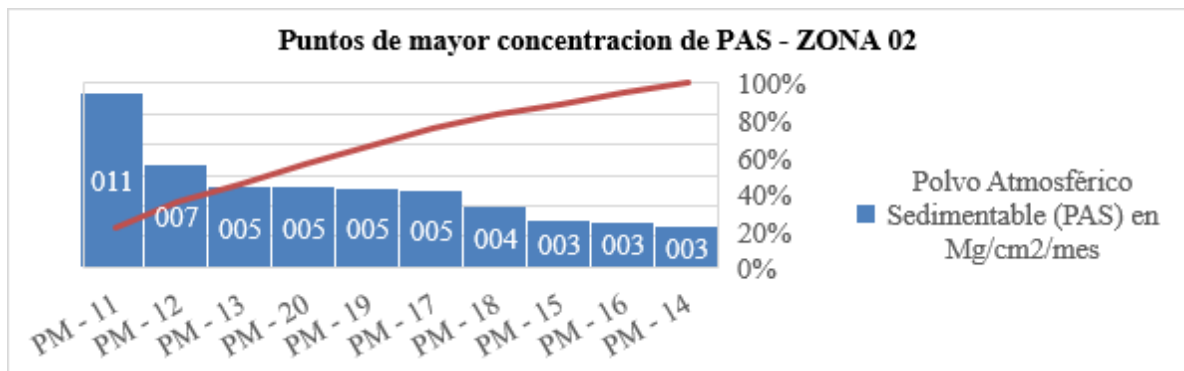


Fuente. Base de datos (2022).

En la Figura 8, se muestran, mediante el grafico Pareto, los 2 puntos de mayor concentración de PAS para las 3 series (febrero, marzo, abril) de muestreo de la Zona 02 en la Urbanización la Libertad. Se muestra que los puntos que tienen mayor promedio de PAS son los PM – 11 y PM – 12 con 11,36 mg/cm2/Mes y 6,74 mg/cm2/Mes respectivamente. El PM – 14 es el punto de menor valor promedio de PAS con 2,76 mg/cm2/Mes.

**Figura 8**

*Resultados de los puntos con mayor promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable en mg/cm2/Mes*



Fuente. Base de datos (2022)..

### 3.1.4. Resultados obtenidos del monitoreo del polvo atmosférico sedimentable en la Zona 03

En la Tabla 12 se muestra los resultados obtenidos del muestreo del PAS en los puntos de muestreo PM – 21, PM – 22, PM – 23, PM – 24, PM – 25, PM – 26, PM – 27, PM – 28, PM – 29 y PM – 30, de la Zona 03 en la Urbanización La Libertad.

**Tabla 12**

*Resultados de Monitoreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 03 en mg/m3/Mes*

Mes/Fecha	Zona 03 Urbanización la Libertad – Distrito Comas: Concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en Mg/cm2/Mes										Promedio
	PM - 21	PM - 22	PM - 23	PM - 24	PM - 25	PM - 26	PM - 27	PM - 28	PM - 29	PM - 30	
01/02/2021-28/02/2021	7,02	9,55	10,77	15,60	7,10	6,14	4,99	12,67	9,66	16,93	10,04
01/03/2021-31/03/2021	4,45	5,02	3,01	3,17	4,06	2,12	3,02	5,52	2,07	23,13	5,56
01/04/2021-30/04/2021	7,06	3,36	6,71	5,83	6,50	24,93	9,70	13,89	5,55	9,73	9,33
Sumatoria	18,52	17,94	20,49	24,60	17,65	33,19	17,71	32,08	17,29	49,80	
Promedio	6,17	5,98	6,83	8,20	5,88	11,06	5,90	10,69	5,76	16,60	8,31

*Fuente.* Base de datos (2022).

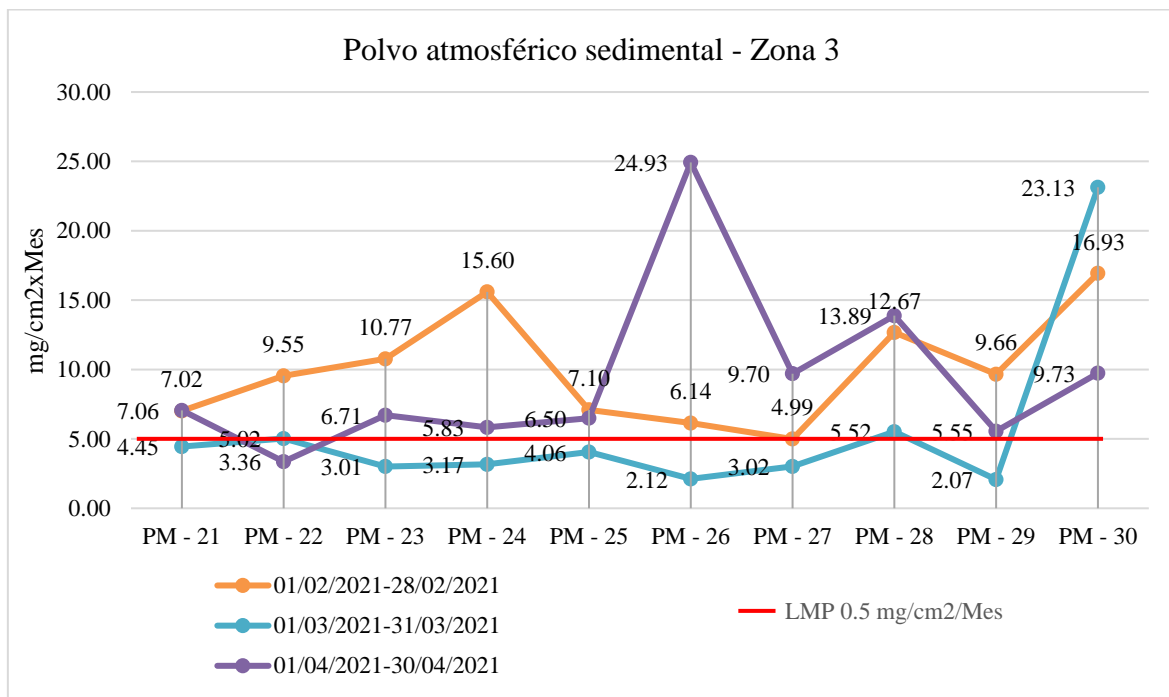
En la Figura 9 se muestran las 3 series (febrero, marzo, abril) de muestreo de PAS para los puntos de muestreo PM – 21, PM – 22, PM – 23, PM – 24, PM – 25, PM – 26, PM – 27, PM – 28, PM – 29 y PM – 30, de la Zona 03 en la Urbanización La Libertad. Se observa que la primera serie, correspondiente al mes de febrero, de muestreo donde la mayor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM – 30, con un valor de 16,93 mg/cm2/Mes. La menor concentración se registra en el punto de muestreo PM – 27, con un valor de 4,99 mg/cm2/Mes. En la segunda serie, que corresponde al mes de marzo de muestreo, se observa que la mayor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM – 30, con un valor de 23,13 mg/cm2/Mes. La menor concentración se registra en el punto de muestreo



PM -29 con un valor de 2,07 mg/cm2/Mes. Para la tercera serie correspondiente al mes de abril, de muestreo, se puede observar que la mayor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM – 26, con un valor de 24,93 mg/cm2/Mes. La menor concentración se registra en los puntos de muestreo PM – 22, con un valor de 5,02 mg/cm2/Mes y PM – 29 con valor de 5,55 mg/cm2/Mes.

**Figura 9**

*Resultados del muestro de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 03 en mg/cm2/Mes*



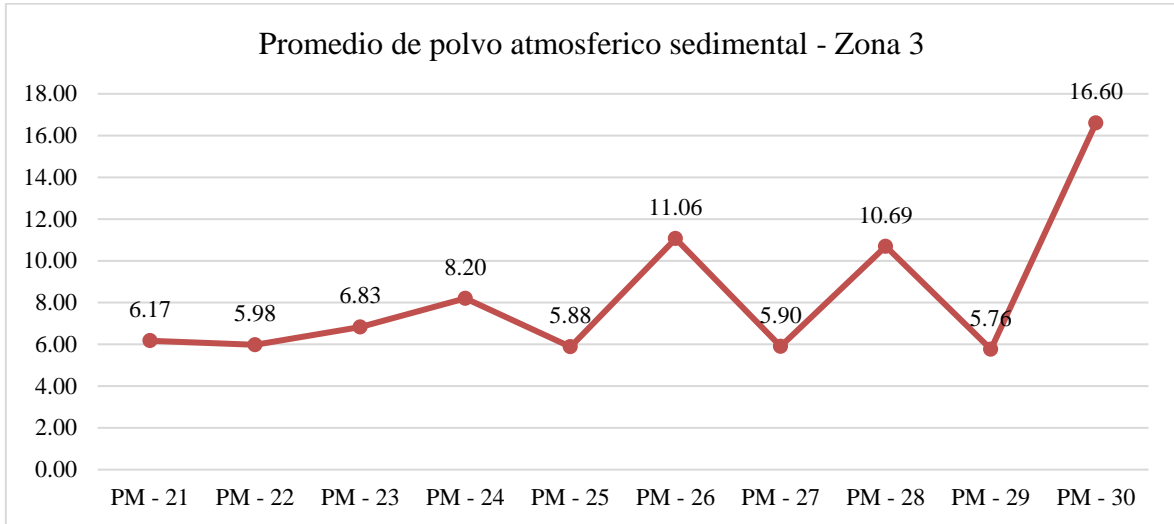
Fuente. Base de datos (2022).

En la Figura 10, se muestran los resultados promedio del muestreo de PAS para las 3 series (febrero, marzo, abril) de muestreo de la Zona 03 en la Urbanización la Libertad.

En los resultados promedio de polvo atmosférico sedimentable, indicados en la Tabla 13 y representados en la Figura 10, se observa que la mayor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM – 30, con un valor de 16,60 mg/cm2/Mes. La menor concentración se registra en el punto de muestreo PM – 29, con un valor de 5,76 mg/cm2/Mes.

**Figura 10**

*Resultados promedio del muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable en la Zona 03 mg/cm2/Mes*

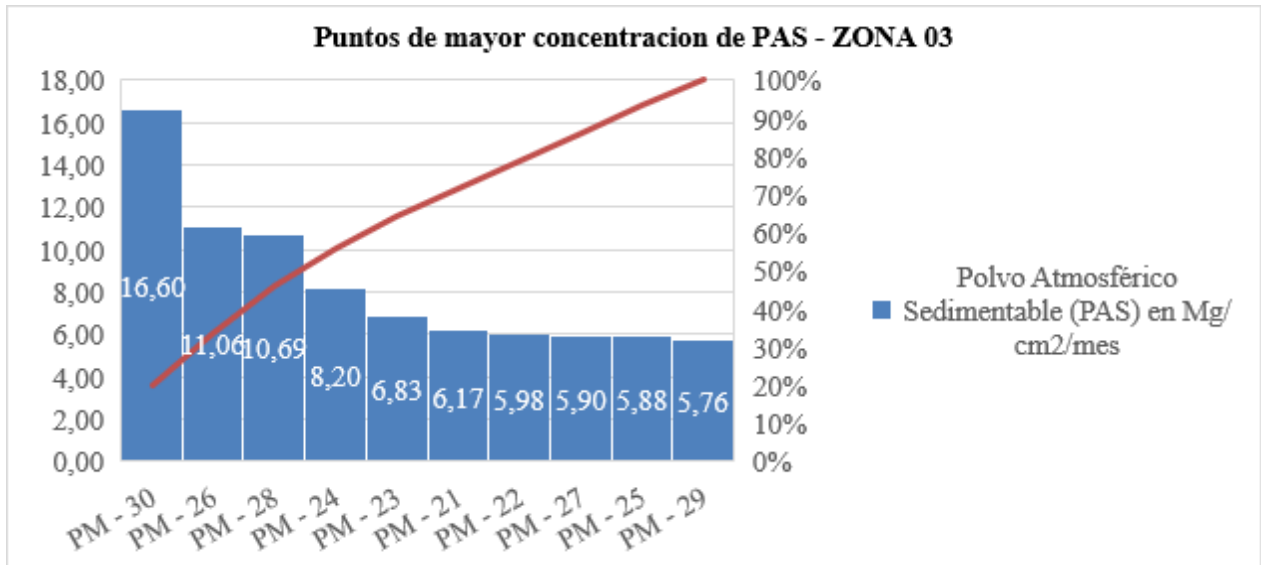


*Fuente.* Base de datos (2022).

En la Figura 11 se muestran, mediante el grafico Pareto, los 2 puntos de mayor concentración de PAS para las 3 series (febrero, marzo, abril) de muestreo de la Zona 03 en la Urbanización la Libertad. Se muestra que los puntos que tienen mayor promedio de PAS son los PM – 30 y PM – 26, con 16,60 mg/cm2/Mes y 11,06 mg/cm2/Mes respectivamente. El PM – 29 es el punto de menor valor promedio con 5,76 mg/cm2/Mes.

**Figura 11**

*Resultados de los puntos con mayor promedio de Polvo Atmosférico Sedimentable en mg/cm2/Mes*



Fuente. Base de datos (2022).

### 3.1.5. Promedio de resultados obtenidos de muestreo de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las Zonas 01, 02 y 03 en la Urbanización La Libertad

En la Tabla 13 se muestra los resultados promedios de PAS de las Zonas 01, Zona 02 y Zona 03 de la Urbanización La Libertad en g/cm2/Mes.

**Tabla 13**

*Resultados Promedios de Monitoreo de PAS en la Zona 01, Zona 02, Zona 03 de la Urbanización La Libertad en mg/cm2/Mes*

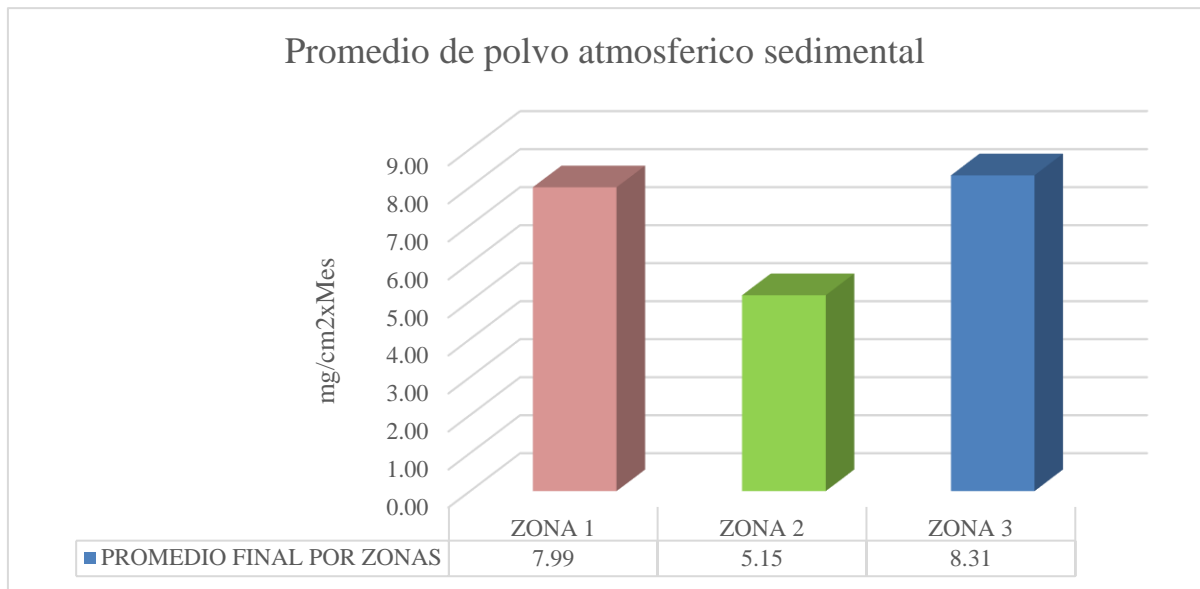
Zonas	Promedio final por zonas
Zona 1	7,99
Zona 2	5,15
Zona 3	8,31
Promedio total	7,15

Fuente. Base de datos (2022).

En la Figura 12 se muestran los resultados promedio del muestreo de PAS de las Zonas 01, 02 y 03 en la Urbanización La Libertad. Se observa que la Zona de muestreo N° 03 tiene el mayor valor promedio de PAS, con un valor de 8,31 mg/cm<sup>2</sup>/Mes. El menor promedio con un valor de 5,15 mg/cm<sup>2</sup>/Mes en la Zona de muestreo N° 02. El promedio general obtenido en la Urbanización La Libertad, mediante el muestreo pasivo de 7,15 mg/cm<sup>2</sup>/Mes.

**Figura 12**

*Resultados promedios del muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) de las Zona 01, Zona 02 y Zona 03 de la Urbanización La Libertad en mg/cm<sup>2</sup>/Mes*



Fuente. Base de datos (2022).

**3.1.6. Resultados obtenidos en los 6 puntos de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable con el purificador de aire en mg/cm<sup>2</sup>/Mes**

En la Tabla 14 se muestra los resultados obtenidos del muestreo del PAS en los puntos de muestreo PM – 07, PM – 08, PM – 11, PM – 12, PM – 26 y PM – 30, con el Purificador de Aire en la Urbanización La Libertad. Como se muestra en los Gráficos 3, 6 y 9.

**Tabla 14**

*Resultados de Monitoreo de Polvo Atmosférico Sedimentable con el purificador de aire en mg/cm2/Mes*

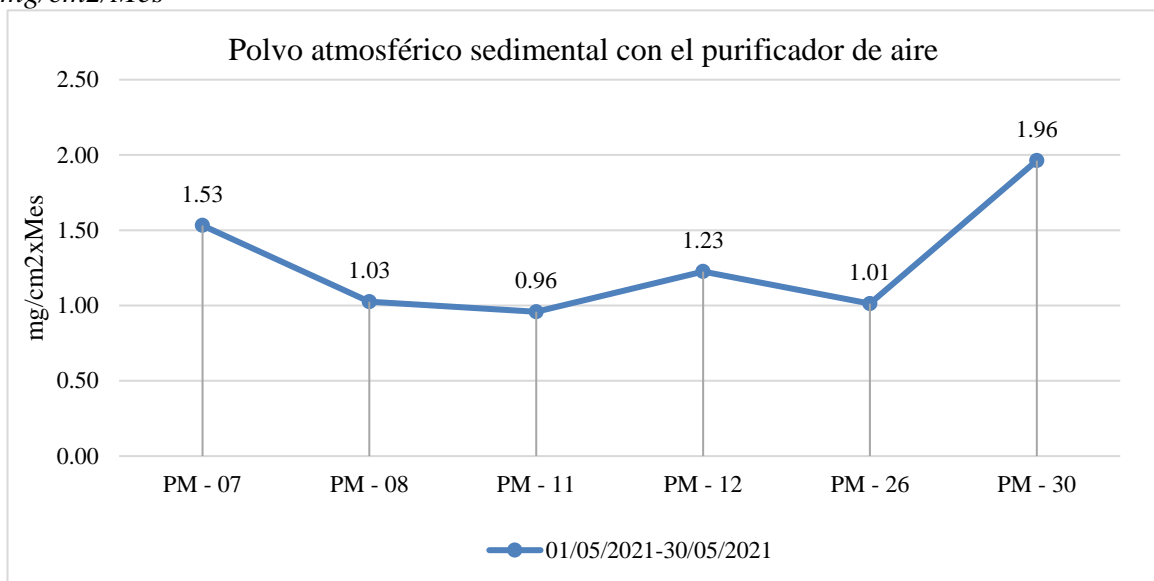
Urbanización La Libertad – Distrito Comas		Concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en Mg/cm2/Mes						Prom.
Periodo	MES	PM - 07	PM - 08	PM - 11	PM - 12	PM - 26	PM - 30	
01/05/2021-30/05/2021	Mayo	1,53	1,03	0,96	1,23	1,01	1,96	1,29

Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 13 se muestra la serie de muestreo de PAS para los puntos de muestreo PM – 07, PM – 08, PM – 11, PM – 12, PM – 26, PM – 26 y PM – 30, con el purificador de aire en la Urbanización La Libertad. Se observa que, en la serie correspondiente al uso del purificador de aire, de muestreo donde la mayor concentración de PAS se registra en el punto de muestreo PM – 30, con un valor de 1,96 mg/cm2/Mes. La menor concentración se registra en el punto de muestreo PM – 11, con un valor de 0,96 mg/cm2/Mes.

**Figura 13**

*Resultados del muestro de Polvo Atmosférico Sedimentable con el purificador de aire en mg/cm2/Mes*



Fuente. Base de datos (2022).

### 3.1.7. Resultados obtenidos en los 4 meses de muestreo con los puntos de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en mg/cm<sup>2</sup>/Mes

En la Tabla 15 se muestra los resultados obtenidos del muestreo del PAS en los puntos de muestreo PM – 07, PM – 08, PM – 11, PM – 12, PM – 26 y PM – 30, antes y después del Purificador de Aire en la Urbanización La Libertad.

**Tabla 15**

*Resultados del Polvo atmosférico sedimentable antes y después del Purificador de Aire en mg/cm<sup>2</sup>/Mes*

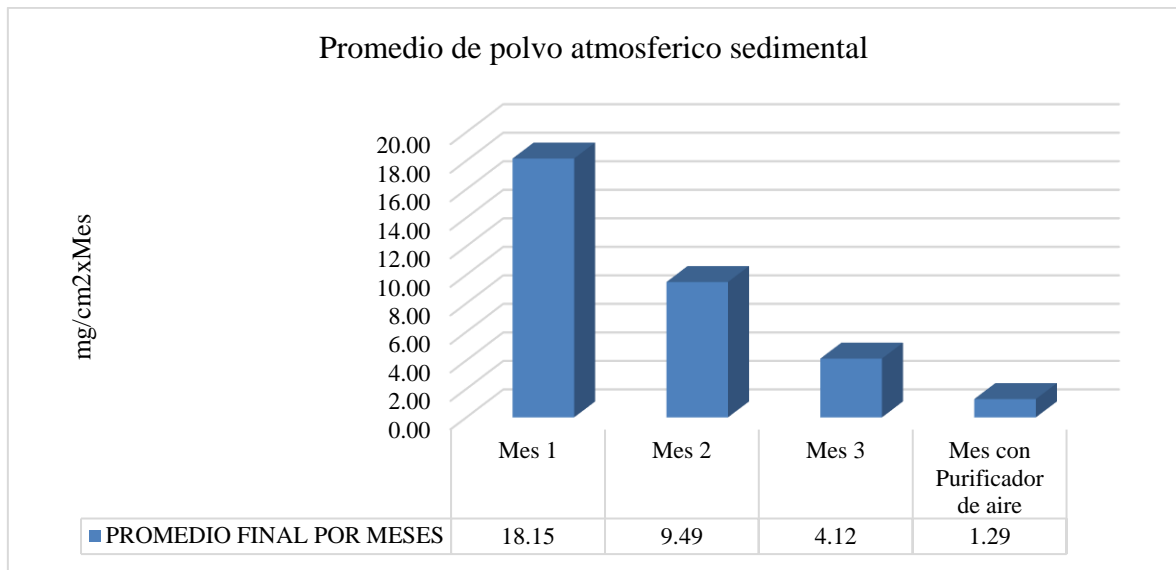
Urbanización La Libertad - Distrito Comas		Concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en Mg/cm <sup>2</sup> /Mes						
Periodo	MES	PM - 07	PM - 08	PM - 11	PM - 12	PM - 26	PM - 30	Prom.
01/02/2021-28/02/2021	Febrero	23,88	26,52	17,43	14,48	6,14	16,93	17,56
01/03/2021-31/03/2021	Marzo	7,78	7,89	13,25	2,82	2,12	23,13	9,50
01/04/2021-30/04/2021	Abril	0,35	2,78	3,4	2,91	24,93	9,73	7,35
01/05/2021-30/05/2021 (Purificador de aire)	Mayo	1,53	1,03	0,96	1,23	1,01	1,96	1,29

*Fuente.* Base de datos (2022).

En la Figura 14, se observa se muestra la serie de muestreo de PAS para los puntos de muestreo PM – 07, PM – 08, PM – 11, PM – 12, PM – 26, PM – 26 y PM – 30, antes y después del purificador de aire en la Urbanización La Libertad. Se observa que, en la última serie, correspondiente al uso del purificador de aire, tiene la menor concentración de PAS en los puntos PM – 08, PM – 11, PM – 12, PM – 29 Y PM – 30, con valores que están por debajo de los meses muestreados. En el PM – 07 se observa un incremento de polvo atmosférico sedimentable de 1,18 mg/cm<sup>2</sup>/Mes.

**Figura 14**

*Resultados obtenidos en los 4 meses de muestreo con los puntos de mayor concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS), antes y después del purificador de aire en mg/cm2/Mes*

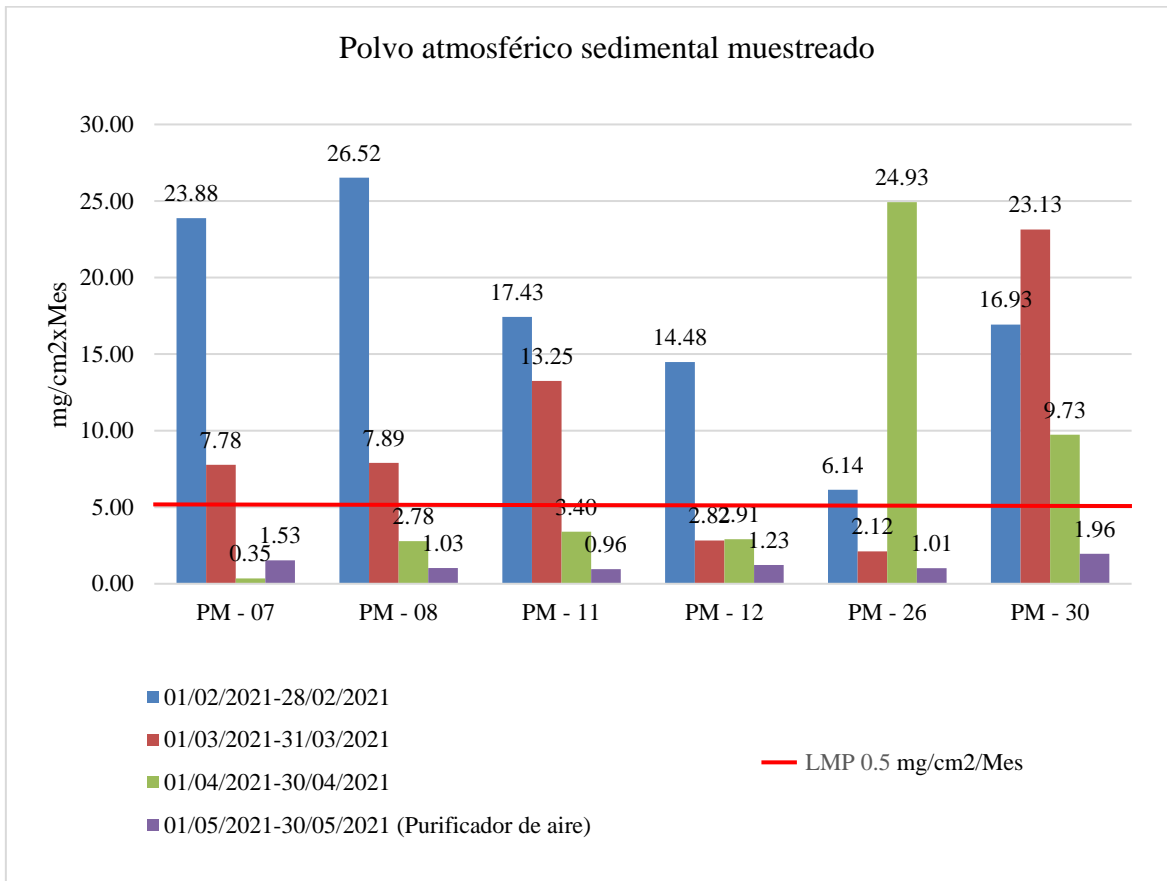


*Fuente.* Base de datos (2022).

En la Figura 15 se muestran los resultados promedio del muestreo de PAS en los 4 meses de muestreo en la Urbanización La Libertad. Se observa que el primer mes de muestreo tiene el mayor valor promedio de PAS con un valor de 18,15 mg/cm2/Mes. El menor promedio con un valor de 1,29 mg/cm2/Mes en el mes con el uso del purificador de aire en la Urbanización La Libertad.

**Figura 15**

*Resultados promedios del muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en los 4 meses en mg/cm2/Mes*



Fuente. Base de datos (2022).

### 3.2. Análisis inferencial

#### Hipótesis general

H<sub>0</sub>. No existen concentraciones altas de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la urbanización la Libertad del distrito de Comas y es posible proponer una alternativa de solución para su purificación.



H<sub>1</sub>. Existen concentraciones altas de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la urbanización la Libertad del distrito de Comas y es posible proponer una alternativa de solución para su purificación.

De acuerdo con el resultado de la tabla 16, donde se muestra las medias de las tres mediciones en los 30 puntos de muestreo ( $\bar{x} = 10,22$ ,  $\bar{x} = 5,28$ ,  $\bar{x} = 5,12$ ), previamente a la medición del mes 4 con uso del purificador en 6 puntos de muestreo ( $\bar{x} = 1,29$ ), hay diferencias estadísticas entre los valores obtenidos. Por consiguiente, se concluye que existen concentraciones altas de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la urbanización la Libertad del distrito de Comas y es posible proponer una alternativa de solución para su purificación.

**Tabla 16**

*Estadígrafos de las treinta mediciones en febrero (M1), marzo (m2) y abril (M3) con la medición con purificador de aire*

	M1	M2	M3	M4_Pur_Aire
Media	10,22	5,28	5,12	1,29
Error estándar de la media	1,17	,84	,86	,160
Mediana	7,94	4,26	3,46	1,13
Moda	1,60	,07	,35	,96 <sup>a</sup>
Desviación estándar	6,43	4,62	4,73	,39
Varianza	41,37	21,31	22,40	,15
Rango	24,92	23,06	24,58	1,00
Mínimo	1,60	,07	,35	,96
Máximo	26,52	23,13	24,93	1,96
N	30	30	30	6

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente. Base de datos (2022).

### **Hipótesis específica 1**

H<sub>1</sub>. Los puntos de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) a través del uso de placas Petri (método pasivo) pueden ser identificados en la urbanización La Libertad del distrito de Comas.

Los resultados permitieron identificar que, de los 30 puntos de muestreo, los puntos de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) a través del uso de placas Petri (método pasivo) en la urbanización La Libertad del distrito de Comas. Estos son:

PM-07 (Av. Santa Cruz 820)

PM-08 (Jr. Alvarado 645)

PM-11 (Jr. Unión con Av. Santa cruz – 801)

PM-12 (Jr. Unión cdra. 796)

PM-26 (Jr. La Libertad 820)

PM-30 (Av. Miraflores cdra. 120)

De modo que se pudo verificar la hipótesis de investigación.

### **Hipótesis específica 2**

H<sub>0</sub>. No existe diferencias significativas entre las mediciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) antes y después de usar el purificador de aire.

H<sub>1</sub>. Existe diferencias significativas entre las mediciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) antes y después de usar el purificador de aire.

Según los resultados de la tabla 17, los datos de las 6 mediciones (M1, M2 y M3) con mayor concentración de PAS y los datos de la medición con purificador tienen una distribución normal. El p-valor es mayor a 0,05. Por consiguiente, la correlación se realizó con la prueba paramétrica de Student.

**Tabla 17**

*Resultados de la prueba de normalidad de los datos*

		Prom (Prom M1, M2 y M3)	M4
Parámetros normales	Media	11,47	1,29
	Desv. estándar	3,17	,039
Estadístico de prueba (Shapiro-Wilk)		,932	,595
Sig. asintótica (bilateral)		,851	,159
N = 6			

*Fuente.* Base de datos (2022).

En la tabla 18 se muestra el resultado del contraste de hipótesis usando la prueba t de Student para muestras relacionadas. Se comparó el promedio (11,47) de las mediciones del primer mes, segundo y tercero en los 6 puntos de muestreo con mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS), con el promedio (1,29) de la medición cuarta utilizando el purificador de aire. El resultado indica que hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre estos promedios. Por consiguiente, se concluye que existe diferencias significativas entre las mediciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) antes y después de usar el purificador de aire.

**Tabla 18**

*Resultados de la prueba de hipótesis para la diferencia entre dos muestras relacionadas sobre la concentración de PAS*

	<i>Media</i>	<i>Desv. estándar</i>	t	gl	Sig. (bilateral)
Prom. M1, M2, M3	11,47	3,17	8,385	5	,000
Prom. muestra con purificador	1,29	0,39			
N = 6					

*Fuente.* Base de datos (2022).

### Hipótesis específica 3

H<sub>0</sub>. No existe relación entre la altura de la placa y la concentración de polvo atmosférico sedimentable.

H<sub>0</sub>. Existe relación entre la altura de la placa y la concentración de polvo atmosférico sedimentable.

Según los resultados de la tabla 19, los datos de las mediciones 1, 2 y 3 y la altura de la placa no tienen una distribución normal. El p-valor es menor a 0,05. Por consiguiente, la correlación se realizó con la prueba no paramétrica rho de Spearman.

**Tabla 19**

*Resultados de la prueba de normalidad de los datos*

		M1	M2	M3	Altura de la placa
Parámetros normales	Media	10,22	5,28	5,12	4,12
	Desv. estándar	6,43	4,62	4,73	1,60
Estadístico de prueba (Shapiro-Wilk)		,884	,798	,700	,898
Sig. asintótica (bilateral)		,004	,000	,000	,007
N = 30					

*Fuente.* Base de datos (2022).

En la tabla 20 se muestra los resultados de la prueba de hipótesis mediante el coeficiente de correlación rho de Spearman. Se observa que la correlación de la altura de la placa con las 30 muestras de la Zona M1 – marzo ( $p = ,191$ ), Zona M2 – abril ( $p = ,345$ ) y Zona M3 – mayo ( $p = ,215$ ) son bajas y no significativas. Se da el caso de que incluso la correlación de las 30 muestras de la Zona M3 con la altura de la placa es negativa ( $\rho = -,233$ ). Por tanto, se concluye que no existe relación entre la altura de la placa y la concentración de polvo atmosférico sedimentable.

**Tabla 20**

*Resultados de la prueba de hipótesis para la correlación entre las mediciones 1, 2 y 3 y la altura de la placa*

Coeficiente	Correlación	rho	Sig. (bilateral)	N
Rho de Spearman	M1 - Altura de la placa	,313	,191	30
	M2 - Altura de la placa	,179	,345	30
	M3 - Altura de la placa	-,233	,215	30

*Fuente.* Base de datos (2022).

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Como primero objetivo general fue analizar el nivel de concentraciones de polvo atmosférico sedimentable en la Urbanización La Libertad del distrito de Comas. Con los datos se establecieron las concentraciones de PAS y los 6 puntos de mayor concentración, demostraron que existen diferencias estadísticas entre los valores obtenidos. La influencia de persona no guarda una relación con la cantidad de polvo atmosférico sedimentable; ya que en la Tabla 8, en los criterios de la investigación, se consideró Zona 01 como Baja y la Zona 02 como media influencia de personas, demostrando en los resultados que en la Zona 01 y 02 se obtuvo como promedio 7.99 y 5.15 mg/cm<sup>2</sup>/Mes respectivamente. En la investigación de Rubén y Cabrera (2008), en donde uno de su criterio de investigación, demostraron que la influencia de personas guarda relación con la concentración de PAS en 6 de los 30 puntos de muestreo, donde se ubica el módulo de comercio y servicios y frente a la cafetería con valores de 0,427 y 0,752 mg/cm<sup>2</sup>/Mes. Otra investigación que guarda relación con la influencia de personas y la ubicación de las placas Petri con el muestreo pasivo, es la de Miranda y Aruhuanca (2017), donde en el mes de Febrero en la zona céntrica obtuvo un mayor promedio debido al flujo de personas con un valor 1.93 mg/cm<sup>2</sup>/Mes a comparación de la zona intermedia con un valor de 1.21 mg/cm<sup>2</sup>/Mes en el mismo mes, además, en la Zona intermedia de la ciudad de Tacna, los puntos 5, 6, 7 y 8 con las placas Petri estuvieron ubicadas en la parte alta de la ciudad de Tacna y se obtuvo un promedio de 1,15 mg/cm<sup>2</sup>/Mes a comparación de la zona céntrica ubicada en la parte inferior de la ubicación.

En la Figura 12 se muestra que la Zona 01 se obtuvo mayor promedio de concentración de PAS que la Zona 02. Los datos, con los criterios utilizados de flujo de personas, paraderos de mototaxis, flujo vehicular y el nivel de exposición del PAS, redactan que la Zona 01 (7,99 mg/cm<sup>2</sup>/Mes) debe estar por debajo del valor promedio de PAS de la Zona 02 (5,15 mg/cm<sup>2</sup>/Mes). Estos datos se obtienen debido a que, las placas Petri de la Zona 01 estuvieron más expuestas, según la investigación, en los criterios de la Tabla 8 la seguridad de los puntos en esa zona, fueron altas. Otro factor que influyó fueron la manipulación de las muestras, ya que en la Zona 01, las muestras que se retiraron tuvieron un fácil acceso, a comparación de la Zona 02 en la que las muestras, debido a la posición y las ubicaciones, no se pudo recolectar mayor polvo atmosférico sedimentable. Estos resultados tienen relación con la de Roncal (2008) en la que en sus 28 puntos de monitoreo estuvieron influenciados por el mejor acceso y ubicación de estos puntos, sin embargo, el punto más alejado (P1) obtuvo un valor de 30 mg/cm<sup>2</sup>/Mes en la que considero una menor cantidad de flujo vehicular y flujo de personas, a comparación de los puntos céntricos (P15, P16, y P17) donde sus valores no pasan los 25 mg/cm<sup>2</sup>/Mes.

En los meses de muestreo, se vio reflejado en la Figura 15, que el mes de Febrero obtuvo mayor promedio de polvo atmosférico sedimentable con un valor de 18,15 mg/cm<sup>2</sup>/Mes y el mes más bajo fue el mes de Abril con 4,12 mg/cm<sup>2</sup>/Mes utilizando la metodología de muestreo pasivo sin utilizar el purificador. Estos datos se obtuvieron debido a que el mes de Febrero se registró menor precipitación que los meses posteriores (0.0 mm y 0.01 respectivamente) en promedio. Los datos obtenidos tienen relación con las de Coral (2012) en las que se observa que el mes de Diciembre (3.1 mm) tiene una menor precipitación y es la que se obtuvo mayor promedio de PAS a comparación de con los meses de Noviembre

(4.6 mm) y Enero (4.8 mm). Otro estudio que refleja los mismos resultados es la de Méndez F. & Morán A., (2020) en donde en el mes de Setiembre se obtuvo una menor precipitación (0.3 mm) y una mayor concentración de PAS con 10,35 mg/cm<sup>2</sup>/Mes y el mes de Octubre tuvo una precipitación promedio de (0.45 mm) y una menor concentración de PAS de 4.35 mg/cm<sup>2</sup>/Mes.

En la instalación del purificador de aire en los puntos de mayor concentración. De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, se concluye que es factible la instalación del purificador en los puntos de mayor concentración ya que en los datos mostrados es posible la reducción del polvo atmosférico sedimentable (PAS) en los puntos de mayor concentración de polvo atmosférico con 1.29 mg/cm<sup>2</sup>/Mes en la Urbanización La Libertad. Este resultado tiene semejanza con los datos de los purificadores de Flor Cunza, (2018) que diseñaron un purificador en zonas urbanas para la disminución PAS en donde el purificador de aire BAP 1700 tuvo un mayor porcentaje de remoción de polvo atmosférico sedimentable del 0.0026 mg/cm<sup>2</sup>/Mes. Cabe recalcar que el uso de un purificador casero puede ser menos eficiente que uno ya diseñado y con tecnología más avanzada.

En el tercer objetivo específico se determinó la diferencia entre las mediciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) antes y después del purificador de aire. Con los datos obtenidos, se compararon los valores de las mediciones febrero, marzo y abril con el del último mes de mayo que es con el uso del purificador de aire para los puntos de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable, en las que se indica que hubo datos estadísticamente significativos ( $p < 0.01$ ). Estos datos obtenidos guardan relación con los de (M. Boquete et., 2000), en donde el purificador de aire tuvo relación entre la media de los muestreos M1 M2 y M3 (0.10) y el purificador obtuvo una media del (0.02).

En el cuarto objetivo específico en que se estable la relación de altura de la palca y la



concentración de polvo atmosférico sedimentable. Según los datos las mediciones de los meses de Febrero, Marzo y Abril y la altura de placa no tienen una distribución normal ya que el valor es menor al 0.05 ( $p < 0.05$ ). Rubén y Cabrera (2008) en su investigación con la metodología de muestreo pasivo determinaron que no depende mucho de la altura de la placa para la captación del material particulado, si no, de la dirección del viento. Al respecto Manuel Roncal, considera que la colocación de las estaciones o puntos de muestreo a una altura significativa podría variar en la captación de polvo atmosférico sedimentable.

Los resultados mostrados en la presente investigación, demuestran que la concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la Urbanización la Libertad del distrito de Comas, sobre pasan los valores admitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que son 0.05 mg/cm<sup>2</sup>/Mes, determinado que este PAS que se encuentra en la zona puede ser perjudicial para la salud de la personas, por lo que se recomienda tener medir la cantidad de este material particulado afecta su salud y se necesitaría también medir las concentraciones de PAS con una tecnología avanzada para tener resultados más exactos.

#### **4.2. Limitaciones**

Se consiguió construir un purificador de aire para la remoción de polvo atmosférico sedimentable (PAS) para los puntos de mayor concentración; sin embargo, debido a la falta de más prototipos de purificadores de aire no se pudo realizar mediciones en otros puntos que contengan una mayor concentración de PAS.

Las viviendas donde se colocaron las placas Petri para realizar el monitoreo de PAS no fueron de fácil acceso, debido a que algunas cosas no contaban con una superficie segura para la colocación de muestras.

Por último, la cantidad de placas que se compró para el proyecto modificó el presupuesto asignado inicialmente, esto en razón de que algunas de esas placas se rompieron o dañaron en el transcurso de la investigación.

### 4.3. Conclusiones

En la Urbanización La Libertad del Distrito de Comas, existen altas concentraciones de polvo atmosférico sedimentable PAS (mayor a 5 mg/cm<sup>2</sup>/Mes) y se comprobó que, con el uso del purificador de aire, están disminuyeron considerablemente; por tanto, es posible proponer como alternativa de solución de la implementación de purificadores de aire para mejor las condiciones de vida de los habitantes.

Los puntos de mayor concentración de PAS identificados son: PM – 07 (Av. Santa Cruz 820), PM – 08 (Jr. Alvarado 645), PM – 11 (Jr. Unión con Av. Santa cruz - 801), PM – 12 (Jr. Unión cdra. 796), PM – 26 (Jr. La Libertad 820) Y PM – 30 (Av. Miraflores cdra. 120). En estos se puso a prueba el purificador de aire para verificar si disminuía o no el PAS. Por ejemplo, en los mercados y los paraderos de mototaxi fueron los lugares de mayor concentración de PAS.

La instalación de purificador de aire en los puntos de mayor concentración permitió verificar que es factible disminuir el nivel PAS en los puntos determinados para realizar las mediciones.

La comparación de las mediciones anteriores al uso del purificador de aire y con el uso de este permitió determinar una diferencia significativa ( $p < 0.01$ ) entre los promedios de PAS en los 6 puntos de mayor concentración. Esto permite afirmar que el purificador es eficiente para la disminuir el nivel de concentración de PAS.

La correlación entre los promedios de las 3 mediciones de PAS antes del uso del purificador de aire con la altura de la placa, demostró que no existe relación entre los promedios de estas.

## REFERENCIAS

- EPA (Environmental Protection Agency). (2021). *Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente*. Estados Unidos.
- Arquimedes, I. L. (2016). *Formulación de propuesta de Lavado de Gases de combustión en las emisiones de las chimeneas de pollerías de la ciudad de Trujillo, Perú*. Maestro en Ciencias, Univercidad Nacional de Trujillo, Escuela de Postgrado, Trujillo.
- Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española Salud Pública*, 159-175.
- Barahona Suxe, N. R. (2019). *Propuesta de un sistema de aspiración localizado, para la extracción de material particulado de la cascarilla de arroz en el área de secado de la Empresa Induamérica Trade S.A. San Rafael–Bellavista–San Martín*. Lambayeque-Peru: Repositorio Institucional de la Univercidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Bellon, O., & Benitez, D. (2013). Tecnificación de equipos de control y monitorización de material particulado para mejorar la calidad del aire en zonas de explotación de carbón en Boyacá. *Revista Colombiana de Química*, 27(8), 87-90.
- Casapia, M., Shalom, J., Aruwanca, M., & Lizbeth. (2017). 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. *Dialnet*, 22(4), 62-70.
- Castillo Avila, G. M. (2017). Partículas sedimentables del aire y su influencia en las infecciones respiratorias agudas en la ciudad de Tayabamba. *Scielo*, 20(3), 80-91.
- Coral, F. R. (2012). Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables, Mediante el Método de Muestreo Pasivo, Zona Urbana — Ciudad de Moyobamba. *Dialnet*, 3(34), 40-49.
- D. Medina, A. (2010). *Protocolo de monitoreo de aire*. Huaraz-Perú.
- Diaz, J., & Linares, C. (2010). Las causas de la Contaminacion atmosferica y los contaminantes atmosfericos mas importantes. *Observatorio de Medio Ambiente* , 34(3), 42-59.

- Dirección General de Salud Ambiental. (2005). *Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos*. Obtenido de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf)
- Ecodes. (2015). *Salud y medio ambiente: hogares saludables, edificios sostenibles*. Obtenido de <https://ecodes.org/index.php>
- Feal Veira, A. (2017). Lavadores de gases (III): Rendimiento del Venturi. *Fundacion Dialnet*, 3(3), 153-159.
- Figueroa, V., & Pablo, J. (2005). Diseño de un sistema de remoción de contaminantes del aire generados desde un incinerador de desechos hospitalarios. *Dialnet*, 7(1), 59-68.
- Figueroa, V., & Pablo, J. (2005). *Diseño de un sistema de remoción de contaminantes del aire generados desde un incinerador de desechos hospitalarios*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en mecánica y Ciencias de la Producción, Ecuador.
- Flor Cunza, H. (2018). *Diseño de un sistema purificador para mejorar la calidad del aire en viviendas urbanas*. Tesis profesional, Universidad de Ciencias y Humanidades, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima.
- García, C., Lagunes, C., Bermúdez, D., Vera, P., Najera, H., Gonzales, R., & Vazquez, R. (Junio de 2017). Medición de partículas atmosféricas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas utilizando sensores pasivos. *LACANDONIA*, 2(9), 67-72.
- Gian M., C. A. (2017). Partículas sedimentables del aire y su influencia en las infecciones respiratorias agudas en la ciudad de Tayabamba. *LACANDONIA*, 9(2), 58-70.
- Hernández Sampieri, H. C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta ed.). McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Herrera Murillo, J., Rodríguez Roman, S., & Solís Torres, L. D. (2006). Determinación de los niveles de partículas pm10 y dióxido de nitrógeno en la Ciudad de Heredia, Costa Rica. *Fundacion Dalnet*, 4(22), 18-27.
- Hidalgo Crespo, J. A. (2010). *Calculo, Diseño Y Verificación Del Sistema De Manejo De Gases De Salida De un Incinerador Experimental De Residuos Y Desechos*

*Hospitalarios*. Escuela Superior Politecnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil-Ecuador.

Hullaro B., J., Laos V., H., Gutarra D., F., Cabrera R., M., & Valderrama R., A. (2008). *Validación del método de tubos pasivos con filtros colectores para determinar la concentración de material sólido sedimentable en la Ciudad Universitaria de San Marcos*. Lima: Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Hurtado Grijalva, B. A. (2017). *Polvo atmosférico sedimentable y su influencia en la salud de los trabajadores de la obra: ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado de Pillco Marca –Huánuco, octubre – noviembre 2017*. Universidad de Huanuco, Facultad de Ingeniería, Huanuco.

Hurtado, J. (2000). *Metodología de la Investigación Holística*. Caracas: Sypal.

Iglesias León, S., & Gonzales Torres, M. (2000). Situación de la contaminación atmosférica en Lima Metropolitana y Callao. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 13-17.

Instituto Nacional de Ecología. (2008). *Redes Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del Aire* (Vol. Manual 3). Mexico.

IRMA projekt sistem SRL. (2013). *Lavador Tipo Venturi*. Obtenido de projekt sistem SRL.: <http://www.irma-ps.com/spa/venturiskruberi.html>

Jimenez R., Q. Y. (2012). *Evaluación de la eficiencia de remoción de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en un lavador tipo Venturi para una caldera que carbón como combustible*. Magister en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Bogotá.

La Republica . (23 de Mayo de 2018). ¿Cuales son los distritos mas contaminados de Lima? Obtenido de <https://larepublica.pe/sociedad/1248037-lima-conoce-seis-distritos-contaminados/>

Lee, K., & Greenstone, M. (2021). *Annual Update*. Energy Policy Institute at the University of Chicago (EPIC). Chicago: Air Quality Life Index (AQLI).

Lucas Aguilar, R. A. (2012). *Diseño y Modelado Virtual de un Colector de Partículas Tipo Scrubber para la Industria de Acero*. Título para optar el grado de Ingeniero

Mecanico, Escuela Superior Politecnica del Litoral, Facultad de Ingenieria Mecanica y Ciencias de la Produccion, Guayaquil.

- M. Reyes, L. (2011). *MUESTREO SIMPLE ALEATORIO*. Universidad Rural de Guatemala, Guatemala.
- M. Tade, S. W. (2007). Volatile organic compounds in the indoor environment and photocatalytic oxidation: state of the art. (33), 694-705.
- Madeleyne, F., & Santiago, Y. (2015). *"La eficiencia de una columna de Cleaner de gases en un laboratorio de minerales"*. Tesis de Titulo, Univercidad de San Agustin, Faculta de Ingenieria de Procesos, Arequipa.
- Mariam, F. H. (Febrero de 2012). Estudio del impacto en la calidad del aire de las fuentes puntuales en la ciudad de Pinar del rio. *Sociedad Brasileira de Meteorologia*, 1(28), 40-62.
- Maritza Magali, T. M. (2011). *Comportamiento del flujo en un separador tipo lavador mediante simulación numérica*. Maestro en Ciencias en Ingenieria Mecanica, Instituto Politecnico Nacional, Escuela Superior de Ingenieria Mecanica y Electrica, Mexico D.F.
- Martinez Arroyo, C. (2006). *Evolucion del contenido en partículas totales en suspensión y en los metales plomo, cinc, cadmio, cobre, hierro y manganeso, en el aerosol atmosférico de Cartagena, durante el periodo 1995-2000*. Univercidad POLitecnica de Cartagena. Cartagena-España: Fundacion Dialnet.
- Martinez Olivares, G. I. (2014). *Proyecto para la reduccion de las Emisiones de material particulado de la caldera de biomasa de la clinica Alemna Osorno*. Universidad de Chile, Departamento de Ingenieria Quimica. Santiago de Chile: Repositorio Institucional de la Universidad de Chile.
- Ministerio de Energía y Minas. (2010). *Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones*. Lima.
- Miranda C., J. S., Merma A., L., & Herrera R., M. (2017). *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*. Tesis, Univercidad Privada de Tacna , Facultad de Ingenieria, Tacna.

- Miranda Casapia, J., Merma Aruwanca, L., & Herrera Rejas, M. (2017). *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* (Vol. 1). Tacna: Ingeniería Investiga.
- Molina, M. (2001). *Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire*. Mexico.
- Montenegro Silva, I. S., & Moncayo Olalla, A. A. (2008). *Desafío y construcción de un prototipo de sistema para reducir la concentración de SO<sub>2</sub> de los gases de cola generados en el proceso de desulfurización del refinamiento de crudo en la refinería estatal esmeraldas*. Tesis para Titularse, Escuela Politécnica del Ejército, Facultad de Ingeniería Mecánica, Esmeralda-Ecuador.
- Organización de las Naciones Unidas Mujeres. (31 de Octubre de 2010). ¿Cuál es el monitoreo y la evaluación? *Centro Virtual de Conocimiento para Poner Fin a la Violencia contra las Mujeres y Niñas*, 4(1).
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (01 de Diciembre de 2016). WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database. *Environmental and social determinants of health (PHE)*. Obtenido de [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/)
- Organización mundial de la Salud. (2019). Material particulado y su definición. *OMS*, 3(1).
- Paccosonco S., L. (2019). *Determinación de la concentración del material particulado menor a 10 micras en el entorno de los Centros de educación del distrito de Ilo 2017 – 2018*. Moquegua.
- Perez-Anaya, P. A. (2016). *Calculo, diseño y construcción de un lavador ciclónico de rocío para la planta demostrativa de coquización UFPS-ECOCARBON*. Cucuta-Colombia: Repositorio Institucional de la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Pinto P., R. (2018). *Determinación del material particulado (pm10 y pm2.5) y metales en la construcción de la carretera de Papujune camino principal tramo II en la ciudad de Mariscal Nieto Moquegua*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de Procesos, Arequipa.
- República del Perú. (2006). *La calidad del aire en Lima y su impacto en la salud y la Vida de sus habitantes*. Lima.

- Rivera Letelier, J. (2016). *Diseño y evaluación de costos para la implementación de una para desulfuración de gases de combustión*. Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Ingeniería Mecánica. Valparaíso: Repositorio Institucional de la Universidad Técnica Federico Santa María.
- Rojano, R., Perez, J., Galindo, A., Mendoza, Y., Soto, D., & Toncel, E. (2008). Determinación del punto de muestreo óptimo, para la evaluación de las concentraciones de Partículas Suspendidas Totales (PST) en una zona semiurbana de Colombia. 3(15).
- Roncal, M. (2008). *Monitoreo de contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) en la ciudad de Celendin durante el periodo Abril-Junio del 2008*. Cajamarca: Revista científica de la Escuela de Cajamarca.
- Ruben, M., & Cabrera, M. (2008). *Estudio comparativo para la determinación del polvo atmosférico sedimentable empleando las metodologías de tubo pasivo y de placas receptoras en la ciudad universitaria de San Marcos — Lima*. UNMSM. Lima: Centro de Investigación de Desarrollo Termofluidos.
- Rusber, F. (2012). *Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables, Mediante el Método de Muestreo Pasivo, Zona Urbana –Ciudad de Moyobamba, 2012*. Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto, Facultad de Ecología. Tarapoto: Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental.
- Saldarriaga Mariñas, J. A. (2015). *Niveles y características del material particulado sedimentable en la Ciudad de Lurigancho – Huachipa 2015*. Universidad Nacional de Tumbes, Facultad de Ciencias Agrarias. Tumbes: Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Tumbes.
- Sandoval, H. (2000). *Contaminación y contaminantes, aspectos científicos, teóricos y prácticos*. Lima.
- Santillan Lima, G. P., Damian Carrion, D. A., Rodriguez Llerenal, M. V., Torres Rodriguez, S. H., Cargua Catagñal, F. E., & Torres Barahona, S. M. (2016). Estimación del grado de contaminación de material particulado atmosférico y sedimentable en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH. *Revista Científica Perfiles*, 2(16).



- SENAMHI. (2014). *Boletín Vigilancia de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Lima y Callao*. Lima, Perú. Recuperado el Setiembre de 2020
- Seoanez calvo, M. (2008). *Tratado de la contaminación atmosférica, problemas, tratamiento y gestión*.
- Silvia, A. M., & Teixeira, J. C. (2008). Process Intensification Experiments in large scale venturi scrubber Part II. 2(6).
- Soto Gomez, J. (2016). *Determinación de la calidad del aire por material particulado (Pm 10), En Unavía Pavimentada (Av. Antonio Maya De Brito) Y Unavía No Pavimentada {Av. Colonización) en el Distrito De Manantay, Provincia De Coronel Portillo - Ucayali*. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Pucallpa: Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Fichas de ubicación de muestreo

#### Ficha de ubicación PAS 1

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 277148 E 8677608 S

#### Imagen del lugar de muestreo



**FICHA DE UBICACIÓN PAS N° 02**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 277130 E 8677637 S

**IMAGEN DEL LUGAR DE MUESTREO**



**Ficha de ubicación Pas N° 03**

**Nombre:** Bodega

**Coordenadas:** 277201 E 8677637 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación Pas N° 04**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 277186 E 8677639 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**FICHA DE UBICACIÓN PAS N° 05**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 277159 E 8677650 S

**IMAGEN DEL LUGAR DE MUESTREO**



**FICHA DE UBICACIÓN PAS N° 06**

**Nombre:** Taller

**Coordenadas:** 277125 E 8677672 S

**IMAGEN DEL LUGAR DE MUESTREO**





**Ficha de ubicación PAS N° 07**

**Nombre:** Mercado

**Coordenadas:** 277033 E 8677547 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 08**

**Nombre:** Mercado

**Coordenadas:** 277018 E 8677577 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 09**

**Nombre:** Mercado

**Coordenadas:** 276999 E 8677580 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 10**

**Nombre:** Bodega

**Coordenadas:** 277007 E 8677542 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 11**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276939 E 8677719 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 12**

**Nombre:** Bodega

**Coordenadas:** 276897 E 8677594 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 13**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276908 E 8677610 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 14**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276872 E 8677622 S

**Imagen del lugar de muestreo**





**Ficha de ubicación PAS N° 15**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276860 E 8677605 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 16**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276893 E 8677735 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 17**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276868 E 8677715 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 18**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276856 E 8677747 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 19**

**Nombre:** Posta Medica

**Coordenadas:** 276826 E 8677738 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 20**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276817 E 8677760 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 21**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276768 E 8677814 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 22**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276787 E 8677780 S

**Imagen del lugar de muestreo**





**Ficha de ubicación PAS N° 23**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276748 E 8677764 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 24**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276720 E 8677751 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 25**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276691 E 8677781 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 26**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276649 E 8677753 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 27**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276690 E 8677725 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 28**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276807 E 8677883 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 29**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276783 E 8677861 S

**Imagen del lugar de muestreo**



**Ficha de ubicación PAS N° 30**

**Nombre:** Vivienda

**Coordenadas:** 276826 E 8677859 S

**Imagen del lugar de muestreo**






## Anexo 2

### Operacionalización de variables

Tipo de variable	Tipología	Definición	Metodo	Indicadores
Variable independiente	Purificador de aire	Es un depurador de tipo húmedo de alta eficiencia, particularmente adecuada cuando el material particulado es pegajosa, inflamable o altamente corrosivo. Los purificadores de aire se utilizan sobre todo para limpiar gases de combustión procedentes de la incineración de residuos y procesos en los cuales se tratan o reciclan suspensiones de alto contenido de sólidos, como por ejemplo en el procesamiento de minerales, la desulfuración, generación de energía térmica etc.	Información solicitada a través de libros, artículos y páginas web	Relación de filtro con material particulado  Dimensiones típicas  Captación del material particulado
Variable dependiente	Polvo atmosférico sedimentable	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, 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.	Información solicitada a través de la OMS y Ministerio de Salud	Tamaño del MP  Masa del MP

### Anexo 3

#### Ficha de registro de PAS

		<b>Universidad Privada del Norte</b>									
		<b>Facultad de Ingeniería</b>									
		<b>Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental</b>									
<b>Proyecto de investigación:</b> evaluación espacial de concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) y propuesta de una alternativa de purificación en la urbanización la libertad - distrito de comas.											
<b>Ficha de registro de mediciones del PAS</b>											
<b>Zona:</b>								<b>Fecha de Ubicación:</b>			
<b>Mes:</b>								<b>Fecha de Retiro:</b>			
	<b>U.M.</b>	<b>Nº de puntos</b>									
		<b>PM - 1</b>	<b>PM - 2</b>	<b>PM - 3</b>	<b>PM - 4</b>	<b>PM - 5</b>	<b>PM - 6</b>	<b>PM - 7</b>	<b>PM - 8</b>	<b>PM - 9</b>	<b>PM - 10</b>
<b>Peso Inicial</b>	mg/cm2/Mes										
<b>Peso Final</b>											
<b>Diferencia</b>											
<b>Zona:</b>								<b>Fecha de Ubicación:</b>			
<b>Mes:</b>								<b>Fecha de Retiro:</b>			