



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Evaluación de la cantidad de material particulado (PM10) en
áreas de alta congestión vehicular en el distrito de Usicayos,
provincia de Carabaya, Puno**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTORES:

Calsina Guerra, Yesi (orcid.org/0009-0007-9059-148X)
Casani Castro, Hermilio Silvio (orcid.org/0009-0009-9659-3798)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (orcid.org/0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a Dios, por no abandonarme en ningún momento de mi vida a mis padres por su gran dedicación, amor, paciencia y apoyo, por ser la base de mi vida, por ser ejemplo de perseverancia y amor; a mis hermanos, quienes me han brindado siempre su cariño su apoyo incondicional.

Calsina Guerra, Yesi

A mis queridos padres Gumercindo y Marcelina, a mi amada esposa Karen que son quienes han impulsado mi camino y para así poder alcanzar mis objetivos y hacer realidad mis sueños.

Casani Castro, Hermilio Silvio

Agradecimiento

Quiero brindar mis más sinceros agradecimientos a todos los que me apoyaron en mi formación como persona y como profesional.

Agradezco a mis padres, Serapio Calsina y Naciencena Guerra Tito, por su motivación y apoyo para superar los retos y obstáculos presentados y que ellos me encaminaron a buscar la mejor solución.

A mis hermanos Sergio, Doris, Leny, Wilson, Royer, Rosa, Sandra, Cindy Calsina y a mi esposo Moisés Lopez, a mi hijo Giancarlo, que me ayudaron a continuar con mis metas trazadas en mi vida profesional. Así mismo agradezco a todos mis docentes por sus enseñanzas y experiencias.

Agradezco a mi asesor Mg. Yimi Tom Lozano Sulca, que me ayudó con el desarrollo de esta tesis, con sus revisiones detalladas y sus recomendaciones para desarrollarme como profesional.

Calsina Guerra, Yesi

Al culminar esta etapa tan importante de nuestras vidas queremos agradecer primeramente a Dios por iluminarnos siempre y ha sido nuestro guía, siempre que tuvimos caídas tenemos la certeza que gracias a su poder divino pudimos salir adelante.

Nos gustaría agradecer el asesoramiento del Doctor Yimi Tom Lozano Sulca, por su constante guía en cada fase de este trabajo de investigación para así lograr los resultados obtenidos, además agradecemos su paciencia tiempo y su dedicación.

Agradecemos también a la Universidad César Vallejo, quienes nos apoyaron con la recolección de los formularios y materiales para lograr nuestro objetivo.

Por último, queremos dar las gracias a nuestros familiares que nos brindaron el soporte emocional y apoyarnos incondicionalmente. En especial queremos hacer mención a nuestros padres y compañeros de vida que siempre estuvieron junto a nosotras para darnos palabras de aliento y brindarnos el tiempo y la posibilidad de realizar este trabajo de investigación.

Casani Castro, Hermilio Silvio



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LOZANO SULCA YIMI TOM, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Evaluación de la Cantidad de Material Particulado (PM10) en Áreas de Alta Congestión Vehicular en el Distrito de Usicayos, Provincia de Carabaya, Puno", cuyos autores son CALSINA GUERRA YESI, CASANI CASTRO HERMILIO SILVIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 20 de Agosto del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LOZANO SULCA YIMI TOM DNI: 41134872 ORCID: 0000-0002-0803-1261	Firmado electrónicamente por: YTLOZANOS el 09- 09-2024 12:21:36

Código documento Trilce: TRI - 0862276



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, **CALSINA GUERRA YESI, CASANI CASTRO HERMILIO SILVIO** estudiantes de la **FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA** de la escuela profesional de **INGENIERÍA AMBIENTAL** de la **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE**, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: **"Evaluación de la Cantidad de Material Particulado (PM10) en Áreas de Alta Congestión Vehicular en el Distrito de Usicayos, Provincia de Carabaya, Puno"**, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
HERMILIO SILVIO CASANI CASTRO DNI: 44847260 ORCID: 0009-0000-9659-3798	Firmado electrónicamente por: HECASANICA el 20-08-2024 16:10:05
YESI CALSINA GUERRA DNI: 70458954 ORCID: 0009-0007-9059-148X	Firmado electrónicamente por: YECALSINAGU el 20-08-2024 16:09:15

Código documento Trilce: TRI - 0862274

INDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	11
III. METODOLOGÍA	27
3.1. Tipo y diseño de investigación	27
3.2. Variables y operacionalización	28
3.3. Poblacion, muestra y muestreo.	30
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	30
3.5. Procedimientos	32
3.6. Método de análisis de datos	39
3.7. Aspectos éticos	38
IV. RESULTADOS	41
V. DISCUSIÓN	50
VI. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS	66
ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1:	Operacionalización de las variables	29
Tabla N° 2:	Detalle de los equipos de monitoreo	32
Tabla N° 3:	Materiales empleados en el proceso de monitoreo	33
Tabla N° 4:	Equipos y método empleado para el monitoreo	36
Tabla N° 5:	Localización geográfica de los sitios de observación	37
Tabla N° 6:	Se analizaron las partículas PM-10 durante un período de 24 horas, y los resultados del análisis se compararon con los estándares de calidad ambiental (ECA) e índices de calidad del aire (INCA) establecidos en zonas con mucho tráfico en el distrito de Usicayos durante octubre de 2023	43
Tabla N° 7:	Niveles de partículas PM-10 durante un lapso de 24 horas, y los resultados del análisis se contrastaron con los criterios de calidad ambiental (ECA) e índices de calidad del aire (INCA) establecidos en zonas con alto tráfico vehicular en el distrito de Usicayos durante noviembre de 2023	46
Tabla N° 8:	Análisis de la concentración de partículas PM-10 durante un periodo de 24 horas y su comparación con los criterios establecidos por los estándares ECA e INCA en áreas de alta circulación vehicular en el distrito de Usicayos durante el mes de diciembre de 2023	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1:	Resultados del análisis conforme a los índices INCA para partículas PM-10 en zonas altamente transitadas del distrito de Usicayos, evaluados en octubre de 2023	44
Gráfico N° 2:	Resultados del examen de acuerdo con los índices INCA para partículas PM-10 en áreas con tráfico vehicular abundante en el distrito de Usicayos, documentados en noviembre de 2023	47
Gráfico N° 3:	Hallazgos del análisis según los parámetros del INCA para partículas PM-10 en zonas de alta congestión vehicular en el distrito de Usicayos, evaluados en diciembre de 2023	50

RESUMEN

El propósito principal de este estudio fue medir la cantidad de material particulado (PM10) en áreas de Usicayos con alta congestión vehicular, en la Provincia de Carabaya, Puno. Los objetivos específicos incluyeron: analizar y entender cómo el entorno ambiental afecta a las zonas con tráfico intenso; medir la cantidad de tráfico vehicular en estas áreas sujetas a muestreo; e investigar alternativas efectivas para mantener o disminuir los niveles de PM10. Para alcanzar estos fines, se utilizó un muestreador de gran volumen (Hi-Vol.), realizando mediciones de 24 horas en cada punto seleccionado, recolectando muestras diarias. Se instaló un filtro previamente pesado, y después de 24 horas, se registraron los parámetros meteorológicos, se finalizó el muestreo y se retiró el filtro para su posterior traslado al laboratorio, donde fue secado y pesado nuevamente. Con estos pesos, se calculó la concentración de material particulado (PM10). El estudio concluye que, según las mediciones en la estación de monitoreo, la concentración de PM10 en dos puntos de muestreo en Usicayos no superó los límites de calidad del aire establecidos por la normativa nacional D.S. N.º 074-2001 PCM.

Palabras clave: Presencia de Material Particulado, Congestión de Tráfico, Densidad Vehicular, Calidad Ambiental.

ABSTRACT

The main purpose of this study was to measure the amount of particulate matter (PM10) in areas of Usicayos with high vehicular congestion in the Province of Carabaya, Puno. The specific objectives included: to analyse and understand how the environmental setting affects areas with heavy traffic; to measure the amount of vehicular traffic in these sampled areas; and to investigate effective alternatives to maintain or decrease PM10 levels. To achieve these aims, a high volume sampler (Hi-Vol.) was used, performing 24-hour measurements at each selected point, collecting daily samples. A pre-weighed filter was installed, and after 24 hours, the meteorological parameters were recorded, the sampling was terminated and the filter was removed and transferred to the laboratory, where it was dried and re-weighed. With these weights, the concentration of particulate matter (PM10) was calculated. The study concludes that, according to the measurements at the monitoring station, the concentration of PM10 at two sampling points in Usicayos did not exceed the air quality limits established by the national regulation D.S. N.º 074-2001 PCM.

Keywords: Presence of Particulate Matter, Traffic Congestion, Vehicle Density, Environmental Quality.

I INTRODUCCIÓN

La problemática de la contaminación del aire, en particular la presencia de material particulado PM10 se ha convertido en una preocupación global que afecta a las áreas urbanas en todo el mundo (Aliaga-Martínez & Ruiz-Cruz, 2021).

Esto se debe al aumento de la movilidad motorizada en los centros urbanos y en las metrópolis densamente pobladas (Xu et al., 2024). Las calles están atascadas con millones de coches, camiones y autobuses que arrojan constantemente pequeñas cantidades de humo, polvo y materiales peligrosos (Lakshmanan et al., 2023).

En toda América Latina existe un importante problema de contaminación atmosférica, concretamente con el elevado nivel de partículas PM10; la contaminación atmosférica en esta zona es cada vez más preocupante debido a la rápida urbanización y expansión de las ciudades (Ramírez et al., 2018).

Las ciudades de América Latina son conocidas por su singularidad cultural y geográfica, pero también tienen algo terrible en común: la movilidad urbana provoca contaminación y atascos (Duarte et al., 2022). Desde las vastas metrópolis como Ciudad de México y São Paulo hasta las ciudades más pequeñas y rurales, el aire está saturado de partículas microscópicas que representan una amenaza invisible pero tangible para la salud humana y el entorno natural (NRDC, 2023).

En el caso de Perú, la problemática de la contaminación del aire y la concentración de material particulado PM10 se manifiesta como un desafío que atraviesa sus regiones, afectando tanto a las áreas urbanas densamente pobladas como a las zonas rurales en crecimiento (Ministerio de Educación del Perú, 2023).

Como consecuencia de esta problemática, las poblaciones urbanas se enfrentan a un número alarmante de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y de otro tipo (Brusselaers et al., 2023). La contaminación atmosférica también puede tener efectos a largo plazo sobre la calidad de vida de la población y la biodiversidad de las zonas afectadas, sobre todo en poblaciones vulnerables como los niños y los ancianos (Vongruang et al., 2024).

Este invisible y a menudo insidioso enemigo se infiltra en nuestros pulmones y se cierne sobre nuestras ciudades, amenazando la salud de las comunidades y el equilibrio de nuestros ecosistemas (EPA, 2023).

A escala mundial, cada vez se hacen más esfuerzos para atajar este problema. Científicos, gobiernos y organizaciones internacionales colaboran para crear tecnologías más ecológicas y normativas de gestión medioambiental más estrictas (Weng et al., 2022). Se fomentan las tecnologías verdes, la implantación de zonas de bajas emisiones, los sistemas eficientes de transporte público y la urbanización saludable (Yang y Jahanger, 2023).

Este desafío global nos recuerda la necesidad de comprender y abordar la contaminación del aire a nivel local. En el Distrito de Usicayos, Provincia de Carabaya, Puno, como en muchos otros lugares, la congestión vehicular y la concentración de PM10 pueden ser una amenaza real para la salud de la comunidad y la calidad de vida (Aliaga-Martínez & Ruiz-Cruz, 2021).

La gravedad de la situación ha provocado una respuesta regional, con gobiernos, organizaciones internacionales y ecologistas presionando para que se promulguen leyes y normas más estrictas, además del uso de tecnologías más ecológicas en el transporte público y privado (Qadir et al., 2024).

En este contexto, el estudio específico de la concentración de PM10 en el Distrito de Usicayos, Provincia de Carabaya, Puno, se convierte en un esfuerzo local que contribuye a la comprensión de un problema compartido por toda la región latinoamericana. Al investigar y abordar esta problemática a nivel local, se aporta a la búsqueda de soluciones en el ámbito regional y global, en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

Para ello se ha definido como problema general el siguiente asunto: ¿Cuál será la cantidad de material particulado (PM10) en lugares altamente congestionados por el tráfico en el distrito de Usicayos, Provincia de Carabaya, Puno? y como problemas específicos incluyen: ¿Cómo las condiciones ambientales afectaran la cantidad de partículas contaminantes en las áreas altamente congestionadas por el tráfico?, ¿Cuál será el volumen de tráfico vehicular en los lugares altamente congestionados que será objeto de muestreo? y ¿Cuáles podrían ser las posibles soluciones si los niveles de contaminación encontrados superan los estándares de calidad ambiental?

Presentando el estudio una justificación ambiental, ya que, los resultados de esta investigación proporcionarán datos sólidos y actualizados que pueden ser utilizados por las autoridades locales y regionales para tomar decisiones informadas en cuanto a regulaciones y políticas ambientales que aborden la contaminación del aire en el Distrito de Usicayos. Así también, una justificación social, ya que, la problemática de la contaminación del aire y la concentración de PM10 es un desafío global y regional y este estudio aporta datos y experiencias desde una ubicación específica que pueden ser relevantes para abordar problemas similares en otras comunidades (Contaminación atmosférica, 2023). Además, una justificación metodológica, ya que, la investigación utilizará técnicas avanzadas de medición y análisis de calidad del aire, lo que contribuye al avance de la ciencia y la aplicación de tecnologías para la gestión ambiental (Contaminación atmosférica, 2023).

Además se ha planteado el siguiente objetivo general: Evaluar la cantidad de material particulado (PM10) en zonas altamente congestionados por el

tráfico en el distrito de Usicayos, Provincia de Carabaya, Puno y como objetivos específicos son los siguientes: Evaluar y comprender como las condiciones ambientales influyen en la cantidad del material particulado en las áreas altamente congestionados por el tráfico, determinar el volumen de tráfico vehicular en las áreas altamente congestionados que serán objetos de muestreo y explorar posibles soluciones viables para mantener o reducir la cantidad de material particulado (PM10).

II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional, se han producido una serie de antecedentes significativos que han contribuido a la comprensión y abordaje de la problemática de la contaminación del aire y la concentración de material particulado PM10.

En el estudio de Harrison et al., (2021, p.1), el objetivo era analizar las emisiones nacionales, la distribución del tamaño de las partículas y la composición química de cada una de estas fuentes. Las distribuciones granulométricas se determinaron tanto en investigaciones de laboratorio como de campo, y los trazadores y las concentraciones en aire inferidas de su uso se tuvieron en cuenta en el planteamiento, que utilizó un diseño cualitativo. Resultados: Las partículas pueden identificarse tanto en la fracción fina (PM 2,5) como en la gruesa (PM 2,5-10), siendo mayor el porcentaje de la primera. Se ha comprobado que la adopción de vehículos eléctricos de batería tiene un impacto mínimo en la cantidad total de emisiones de partículas procedentes del tráfico rodado.

En el estudio de Woo et al., (2022, p.2); el objetivo fue determinar la comparación del total de emisiones de PM emitidas por vehículos con motor eléctrico y de combustión interna. En la metodología, se utilizó experimentos para examinar las emisiones de escape y no de escape producidas por un VE, un VCI diésel y un VCI de gasolina. Los resultados demostraron que el tipo de pastilla de freno, la intensidad del frenado regenerativo del VE y la adición de partículas de escape secundarias afectaban a los FE de las emisiones totales de partículas de los VCI y VE. El tipo de pastilla de freno, la intensidad del frenado regenerativo del VE y la incorporación de partículas de escape secundarias (PM) procedentes de los VCI influyeron significativamente en los FE de las emisiones combinadas de PM de los VE y los VCI. La FE total de PM 10 de los VE fue un 10% superior a la de los VCI cuando sólo se tuvieron en cuenta las emisiones principales de PM de escape de los coches con pastillas de freno orgánicas sin amianto (NAO).

En el trabajo de Al Thani et al., (2020, p.1), el objetivo fue evaluar las emisiones de partículas de todos los vehículos pesados diésel matriculados en Qatar. En la metodología, la investigación se llevó a cabo en una zona de tráfico intenso de Doha. Se recogieron muestras de polvo y se anotó su distribución por tamaños y forma. Los resultados mostraron que la mayoría de las partículas eran pequeñas (menos de $100\ \mu\text{m}$), con tamaños que oscilaban entre unos pocos y $600\ \mu\text{m}$. Se analizó in situ la composición elemental del polvo del tráfico procedente de carreteras secundarias y principales, y los resultados se compararon con la PM de zonas sin tráfico. Con los resultados se evaluó el factor de enriquecimiento y el reparto preliminar de fuentes. Además, se evaluaron las emisiones de PM procedentes y no procedentes de los gases de escape, como la resuspensión del polvo de la carretera, el desgaste de los frenos y el desgaste de los neumáticos. Se concluyó que la mayoría de los modelos de vehículos matriculados son más nuevos y tienen instalada una tecnología eficaz de reducción de las PM de escape, las emisiones de PM₁₀ de escape tienen una contribución modesta.

En el estudio de Beddows et al., (2021, p.3), el objetivo fue comparar los dos tipos de vehículos y examinar cómo afecta el peso a las emisiones de PM₁₀ y PM_{2,5} procedentes de la abrasión (desgaste de los frenos, los neumáticos y la superficie de la carretera), y la resuspensión del polvo de la carretera. En la metodología, se utilizaron las siguientes fases para estimar los factores de emisión de los BEV con el fin de compararlos con los ICEV de gasolina y diésel: El uso de una combinación de factores de emisión de PM₁₀ y PM_{2,5} para varios tipos de vehículos y tipos de carreteras que, Establecimiento de relaciones independientes entre la masa del vehículo y el factor de emisión para cada uno de los gases de escape de los frenos. En los resultados, la cantidad de frenado regenerativo en relación con el uso de frenos de fricción en el BEV tendrá un impacto significativo, aunque en general, las emisiones locales totales de partículas de un automóvil de pasajeros diseñado de acuerdo con los requisitos de emisiones actuales sólo se alterarán ligeramente.

En el trabajo de Breuer et al., (2020, p.1), el objetivo fue analizar el impacto de los vehículos diésel en las emisiones de NO_x y PM₁₀ del transporte por carretera. En la metodología este estudio presenta un método ascendente para calcular las emisiones del transporte por carretera a nivel de calle. Tiene en cuenta ocho clases diferentes de vehículos y dos tipos de combustible: gasolina y gasóleo. Uno de los componentes de la metodología consiste en crear un mapa de volumen de tráfico para cada calle de la región modelo utilizando un modelo de regresión lineal multivariante establecido para Alemania junto con los datos de tráfico actuales. En resultados, las ciudades de Herne, Oberhausen y Bochum resultaron ser los puntos críticos con las emisiones específicas más elevadas de óxido de nitrógeno, mientras que las ciudades de Herne, Oberhausen y Gelsenkirchen resultaron ser los puntos críticos con las emisiones específicas más elevadas de partículas. En Oberhausen, los vehículos diésel emiten el 71% de las partículas, frente al 29% de los vehículos de gasolina.

En el artículo de Wong et al., (2019, p.1), el objetivo fue determinar las emisiones vehiculares a PM en un entorno al borde de la carretera. En la metodología, recopilaron nueve meses de datos horarios sobre carbono orgánico (CO) y carbono elemental (CE), así como datos de 24 horas sobre la especiación de PM_{2,5}, que incluían importantes especies orgánicas y trazadores en días concretos, a partir de un estudio ad hoc. Ubicación en la autopista de Hong Kong. Los resultados mostraron que los cambios de la CE durante el día frente a los fines de semana y los días laborables se correlacionaban fuertemente con el volumen del flujo de tráfico, lo que sugiere que la CE es un trazador fiable para las PM de los coches en esta región. Se requiere una muestra de mayor tamaño para futuros estudios. El vehículo PM obtenido a partir de la técnica de trazador de CE y factorización de matriz positiva (PMF) eran comparables, lo que representa ~ 12% (3,4-4,0 µg/m³) de PM_{2,5} en promedio en 20 muestras en ambos enfoques. En conclusión, en comparación con modelos de receptores más complejos, ofrece una aproximación aceptable de la PM de los vehículos.

En el estudio de Bohm et al., (2022, p.2), el objetivo fue analizar las emisiones de cuatro contaminantes atmosféricos CO₂, óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas (PM) y compuestos orgánicos volátiles (VOC), procedentes de miles de vehículos privados en tres ciudades europeas utilizando trazas de GPS y un modelo microscópico. En la metodología, realizaron un paso de preprocesamiento para alinear los intervalos de tiempo medio entre los puntos de la trayectoria. Para cada trayectoria, retuvieron solo aquellas subtrayectorias (es decir, subconjuntos disjuntos de puntos) que satisfacen dos restricciones: (1) hay al menos dos puntos y (2) el intervalo de tiempo entre puntos consecutivos es menor que $\theta = 120$ s. En resultados, los modelos demuestran que las normativas destinadas a reducir las emisiones que se centran específicamente en los grandes contaminadores tienen mucho más éxito que las que restringen la circulación debido a una selección descuidada de vehículos. En conclusión, el estudio contribuye a dar forma al debate sobre cómo medir las emisiones con datos digitales.

En el artículo de Fitz et al., (2020, p.2), el objetivo fue calcular los índices de emisión de los automóviles en carreteras pavimentadas. En la metodología, las concentraciones de PM₁₀ se registraron directamente detrás de un vehículo en movimiento, con una resolución temporal de aproximadamente 10 s, las concentraciones de PM₁₀ se midieron utilizando sensores ópticos. Se instalaron sensores tanto en la parte delantera del vehículo como en la estela bien mezclada detrás de él. Se creó una sonda de entrada única para permitir el muestreo isocinético a diferentes velocidades. El área frontal de un vehículo en movimiento se multiplicó por la diferencia de concentración de PM₁₀ entre la parte delantera y trasera del vehículo para determinar la tasa de emisión como primera aproximación. En los resultados se obtuvo que este método es especialmente útil para vigilar rápidamente grandes regiones y detectar puntos calientes en las carreteras provocados por escombros que forman depósitos de PM₁₀ más elevados de lo habitual. SCAMPER, o Sistema para la Medición Continua en Aerosol de las Emisiones de Partículas de las Carreteras, es el nombre de la técnica.

En el artículo de Alves et al., (2018, p.1), el objetivo fue determinar las concentraciones de PM10 en una carretera. En la metodología, se utilizó una cámara de resuspensión portátil para recoger polvo de cinco carreteras principales de Oporto y de un túnel urbano de Braga con el fin de caracterizar la fracción torácica. La composición elemental de las muestras de PM10 se determinó mediante ICP-MS e ICP-AES tras digestión ácida, los carbonatos se determinaron mediante acidificación y medición del CO2 evolucionado, el contenido carbonoso (OC y EC) se determinó mediante un enfoque termo-óptico, y la especiación orgánica se determinó mediante GC-MS. En resultados, las calzadas pavimentadas con asfalto, se registraron cargas de polvo de $0,48 \pm 0,39$ mg PM10 m⁻². En un pavimento adoquinado, se alcanzó un valor medio mucho más elevado (50 mg PM10 m⁻²). Los plastificantes constituían, por término medio, el 40% del componente orgánico analizado, con excepción de la calle adoquinada. En conclusión, aunque se demostró que el riesgo de respirar HAP era insignificante, las PM10 de determinadas carreteras se han relacionado con un exceso de 332 a 2183 nuevos casos de cáncer por cada millón de personas expuestas por ingestión y contacto con la piel.

En el artículo de Pio et al., (2022, p.1), el objetivo fue determinar las emisiones de vehículos sin escape sobre los niveles de PM 10 en una ciudad no industrial. En la metodología, el aerosol PM10 fue monitorizado simultáneamente en una carretera (RS) y en un fondo urbano (UB) a lo largo de un semestre. En los resultados, las concentraciones de masa en la RS fueron, de media, un 36% superiores a las de la UB. Entre el 18 y el 19% de las PM10 se producían en la RS por emisiones de vehículos no procedentes de los gases de escape, como polvo de frenos, neumáticos y polvo de la calzada, que eran dos veces superiores a las emisiones de escape de los motores de combustión. Durante la estación estival, cuando constituía alrededor del 25% del aerosol, la sal marina sin reaccionar y reaccionada constituía una parte significativa de PM10. En conclusión, a lo largo de todo el año, la contaminación secundaria por materia carbonosa y sales de

amonio fue significativa, sobre todo en el emplazamiento UB, donde predominaban en la masa de partículas.

La preocupación por la contaminación atmosférica y las concentraciones de partículas PM10 ha crecido en importancia a escala mundial durante las últimas décadas (Lavigne et al., 2021).

Las altas concentraciones de PM10 y otros contaminantes han provocado crisis de calidad del aire en lugares como Corea del Sur (Meraz et al., 2016). Como resultado de las crisis en naciones como Ciudad de México, el mundo ha sido alertado sobre la necesidad de tomar medidas inmediatas para combatir la contaminación del aire (Gon Ryou et al., 2018).

Algunas ciudades peruanas, como Lima y Arequipa, han enfrentado crisis de calidad del aire debido a la congestión vehicular y la concentración de PM10; estos episodios han generado preocupación y han impulsado medidas para mejorar la calidad del aire en áreas urbanas (OEFA, 2023).

El proceso de sedimentación, que se produce cuando las partículas de PM viajan por la atmósfera y aterrizan en superficies como suelos y masas de agua, puede tener repercusiones en los ecosistemas naturales, así como en la calidad del suelo y del agua (Sirjani et al., 2022).

Además, las partículas constituyen un complejo reto medioambiental que requiere un conocimiento profundo y la aplicación de medidas adecuadas para proteger tanto la salud humana como el medio ambiente y las partículas son una mezcla heterogénea de partículas suspendidas en el aire que varían en tamaño, composición y origen (Geng et al., 2024).

En consecuencia, numerosos países han establecido restricciones a la cantidad de partículas en suspensión que se liberan durante el frenado, el desgaste de los neumáticos y la combustión del motor (Caporales et al., 2021).

Teniendo en cuenta lo anterior, es crucial señalar que las partículas en suspensión, o PM10, son una clase alarmante de partículas en suspensión en el aire que se han convertido en una gran preocupación medioambiental a escala mundial (Gonzales et al., 2023). Su pequeño tamaño de estas partículas tiene un diámetro de 10 micrómetros o menos, lo que las hace casi invisibles a simple vista y da lugar a su nombre, sin embargo, su pequeño tamaño oculta una posible amenaza tanto para el medio ambiente como para la salud humana (Santibañez et al., 2022).

Para garantizar un aire limpio y sano a las generaciones actuales y futuras, es crucial comprender y regular las partículas (PM), ya que plantean un problema medioambiental mundial que afecta tanto a la salud humana como a la conservación del medio ambiente (FankKyung et al., 2020)

Las partículas pueden incluir sustancias orgánicas, compuestos orgánicos volátiles biogénicos (COVB), sustancias químicas comunes del suelo como el silicio (Si) o el aluminio (Al), y metales pesados como el plomo, el cobre o el zinc (Organización Mundial de la Salud, 2018)

Una clase de pequeñas partículas que flotan en la atmósfera se conoce como materia particulada, o PM para abreviar; estas partículas varían mucho en tamaño y composición, y su presencia en la atmósfera puede tener efectos negativos sobre el ecosistema y la salud humana (Pryor et al., 2022)

Estas partículas se dividen en tres categorías principales según su diámetro aerodinámico: PM 10, que es una fracción de partículas que comprende partículas de 10 μm de diámetro o menos; PM 2,5 que incluye partículas de 2,5 μm de diámetro o menos y UFP (Partículas Ultrafinas), que comprende partículas de 0,1 μm de diámetro o menos (Schraufnagel, 2020). Dada su pequeñez, estas partículas pueden penetrar profundamente en los pulmones humanos al ser inhaladas, lo que las convierte en una amenaza significativa para la salud según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018).

Dependiendo de su tamaño y del estado de la atmósfera, las partículas PM pueden permanecer suspendidas en el aire durante periodos de tiempo muy variados, desde minutos hasta días, esto influye en su capacidad para recorrer grandes distancias y en su capacidad para tener efectos locales o regionales (Yuan et al., 2023).

Numerosos procesos, como la quema de combustibles fósiles en automóviles, la industria, la construcción, la erosión del suelo y las explotaciones agrícolas, producen estas partículas en gran medida indetectables. Cuando estas partículas se vierten a la atmósfera, adoptan la forma de partículas en suspensión, lo que permite que el viento las transporte a grandes distancias (Yan et al., 2021).

Aunque hay muchas fuentes diferentes de partículas PM, algunas de las más comunes son la actividad industrial, la quema de combustibles fósiles, las emisiones de los automóviles y la erosión del suelo (Via et al., 2023).

Además, estas partículas pueden contener compuestos orgánicos, metales pesados y sustancias peligrosas que, al ser inhaladas, pueden causar diversos problemas de salud, como cáncer, enfermedades cardiovasculares y trastornos respiratorios (Hopke et al., 2020).

A pesar de ser diminutas e invisibles a simple vista, las partículas PM10 tienen una influencia negativa significativa tanto en el medio ambiente como en la salud humana (Croft et al., 2019).

El riesgo radica en la capacidad de las partículas PM10 para penetrar profundamente en los pulmones humanos cuando son inhaladas; a medida que estas partículas microscópicas se depositan en los tejidos pulmonares, pueden causar una amplia variedad de problemas de salud (OMS, 2022; OMM, 2021).

Tabla N° 1. Influencia de las PM en el sistema respiratorio

Influencia de las PM en el sistema respiratorio.
Aumenta la mortalidad
Aumenta la incidencia de tumores malignos.
Aumenta la incidencia de exacerbaciones de enfermedades respiratorias crónicas como la EPOC (enfermedad pulmonar crónica) y el asma.
Aumentar o empeorar los síntomas respiratorios generales.
Reducir el crecimiento de la función pulmonar en los niños.
Provoca pérdida temporal de la función pulmonar en personas normales.
Aumenta la inflamación de las vías respiratorias y aumenta la hiperreactividad de las vías respiratorias.
Reduce la capacidad de difusión pulmonar en la función pulmonar.

Fuente: Atkinson et al., (2014)

Los efectos secundarios más frecuentes son un mayor riesgo de infecciones respiratorias, el agravamiento de afecciones respiratorias de larga duración, como la bronquitis y el asma, y la irritación de las vías respiratorias (Nan et al., 2023).

Las partículas PM pueden contener sustancias químicas carcinógenas que, cuando se inhalan repetidamente, pueden contribuir al desarrollo de cáncer de pulmón (EPA, 2023)

Los niños, los ancianos y las personas con condiciones de salud preexistentes son especialmente vulnerables a los efectos adversos de PM (EPA, 2023)

Las partículas PM10 son perjudiciales para el medio ambiente, además de sus efectos sobre la salud humana. Pueden dañar los cultivos y otra vegetación, degradar la calidad del suelo y del agua y acelerar el cambio climático al afectar a la radiación solar y a los patrones meteorológicos (Chao et al., 2023).

Dado que las partículas PM absorben y dispersan la radiación solar, pueden dañar los ecosistemas naturales, deteriorar la calidad del suelo y del agua y acelerar el cambio climático (Hassan et al., 2021).

Uno de los principales objetivos de la gestión medioambiental es controlar y reducir la cantidad de partículas en la atmósfera. Para ello se utilizan tecnologías, leyes y políticas sofisticadas (Mukherjee y Agrawal, 2017).

La adopción de tecnologías más limpias para reducir las emisiones y la sensibilización pública sobre la importancia de preservar un ambiente con aire limpio y saludable (OMS, 2018)

En todo el mundo se han creado sofisticadas tecnologías de vigilancia de la calidad del aire que permiten medir con precisión las concentraciones de PM10; estos sistemas de vigilancia ofrecen datos en tiempo real que son fundamentales para formular políticas y tomar decisiones (Wang et al., 2023)

Muchas naciones han tomado medidas contra la contaminación atmosférica promulgando leyes de gestión medioambiental. La creación de zonas de bajas emisiones, el fomento del transporte público y el cambio a fuentes de energía más limpias son algunos ejemplos notables (Tripathi et al., 2024)

A nivel nacional, se han implementado redes de monitoreo de la calidad del aire que recopilan datos sobre las concentraciones de PM10 y otros contaminantes en diferentes regiones del país; estos datos son fundamentales para evaluar la calidad del aire y tomar medidas adecuadas (MINAM, 2022)

Además, los grupos ecologistas y las organizaciones no gubernamentales han desempeñado un papel decisivo en la sensibilización de la opinión pública y en la defensa de normativas medioambientales destinadas a abordar la concentración de PM10 y la contaminación atmosférica (Moursi et al., 2021).

Las estaciones de control de la calidad del aire miden periódicamente los niveles de numerosos contaminantes atmosféricos importantes, que constituyen la base del cómputo del INCA. Dependiendo de las normas y estándares locales o nacionales, estos contaminantes suelen incluir partículas (PM10 y PM2,5), dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NO2), ozono (O3), monóxido de carbono (CO) y otros (Suman, 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El enfoque de la investigación es de naturaleza aplicada, ya que se llevaron a cabo muestreos para evaluar la presencia de material particulado en tres áreas con alta congestión vehicular en el distrito de Usicayos, con el fin de posteriormente comparar los resultados con los Límites Máximos Permisibles (LMPs) o Estándares de Calidad Ambiental (ECAs).

3.1.2. Diseño de Investigación

La investigación se desarrolla bajo un enfoque no experimental, dado que las variables no pueden ser modificadas y las unidades se distribuyen aleatoriamente en diferentes niveles o categorías de las variables intervenidas. Siendo descrito por Salas, (2013), como aquel que sus principios básicos son la observación de sucesos en su entorno natural y el posterior análisis de esas observaciones.

El objetivo del estudio fue evaluar si la presencia de vehículos en el Parque Recreacional Barrios Altos, Plaza Libertad Usicayos y el tramo del I.E.S. Simón Bolívar del Distrito de Usicayos resulta en una mayor concentración de material particulado, debido al aumento en la congestión vehicular, y comparar estos niveles con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Para llevar a cabo la investigación, se establecieron criterios para la selección de los sitios de muestreo. Los puntos seleccionados para el muestreo se ubicaron en el distrito de Usicayos y se identificaron tres áreas con alta congestión vehicular: PM-1 Parque Recreacional Barrios Altos, PM-2 Plaza Libertad Usicayos y PM-3 tramo del I.E.S. Simón Bolívar del Distrito de Usicayos.

En la supervisión de las partículas PM10:

Se utilizó un aparato de alto volumen (Hi-Vol.) siguiendo las pautas establecidas en el Protocolo de Vigilancia de la Calidad del Aire y Emisiones. También se tuvieron en cuenta tareas como la preparación del filtro, la colocación del equipo PM10 y el examen del filtro.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variables independientes

Congestión vehicular

3.2.2. Variable dependiente

Cantidad de material particulado (PM10)

3.2.3. Operacionalización de variables

Tabla N° 2: Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE Congestión vehicular.	El fenómeno ocasionado por el movimiento de vehículos en una carretera, calle o autopista. Tiene similitudes en varios aspectos con otros fenómenos, como el movimiento de partículas (ya sean líquidas, gaseosas o sólidas) y el desplazamiento de personas a pie.	El cronómetro es un dispositivo que se utiliza para medir lapsos de tiempo, generalmente breves y con precisión, en relación con la alta congestión vehicular en el distrito de Usicayos.	Tráfico denso en la zona bajo análisis.	Alta Congestión vehicular	Relación o proporción. Continuo.
INDEPENDIENTE Cantidad de material particulado (PM10).	El número que representa la cantidad de material particulado que puede ser detectado mediante procedimientos estándar (gravimétricos).	El método de gravimetría es una técnica de referencia para medir la cantidad de material particulado, que engloba cualquier sustancia que se deposite sobre un filtro a cierta temperatura y se utiliza para ajustar métodos de medición continuos. Es necesario documentar la temperatura y la presión, ya que la concentración de partículas en suspensión está vinculada con estos parámetros.	Partículas suspendidas en la atmósfera.	Volumen de partículas en suspensión.	Relación o proporción. Continuo: metros cúbicos por segundo. Continuo: miligramos por litro. Individuos Cualitativos, nominales.

FUENTE: Elaboración propia

3.3. Población, muestra y muestreo.

3.3.1. Población

El material en forma de partículas presente en el aire en los tres (03) lugares de recolección situados en zonas de tráfico denso en el Distrito de Usicayos.

3.3.2. Muestra

Se puede evaluar el material particulado en tres ubicaciones donde hay una alta congestión vehicular y se llevará a cabo el muestreo en esas áreas.

3.3.3. Muestreo

La metodología de muestreo empleada en este estudio de investigación es de naturaleza probabilística, dado que la presencia de material particulado en el ambiente puede variar de manera natural en diferentes cantidades, dependiendo de diversos factores. En consecuencia, existe la oportunidad de que al llevar a cabo el muestreo utilizando los dispositivos e instrumentos apropiados, se pueda evaluar y establecer su concentración de forma eficaz.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

3.4.1. Técnicas

- Inspección in situ mediante observación directa.
- Registro de coordenadas geográficas (sistema UTM).
- Recolección de muestras de material particulado.
- Tratamiento y examen de los datos obtenidos.

3.4.2. Instrumentos

- Registros de campo.
- Partículas en suspensión PM10.
- Análisis de la concentración por peso.

3.4.3. Procedimiento de Recolección de datos

Se seleccionó el material bibliográfico tras examinar información vinculada con las partículas PM10, normativas medioambientales y valoraciones de la calidad ambiental. Además, se consultó bibliografía sobre técnicas de evaluación y casos de estudio similares, obtenida tanto en bibliotecas universitarias como en recursos en línea.

Actividades en terreno y en el laboratorio:

- Se examinó el flujo de vehículos para detectar los lugares con mayor congestión vehicular que requerían ser monitoreados.
- Se registraron las coordenadas geográficas de dichos puntos mediante un dispositivo GPS.
- Se realizaron las muestras y se documentaron los datos utilizando listas de verificación y registros de custodia.
- Los datos recolectados se registraron en formatos específicos para PM10 y luego se analizaron utilizando una fórmula matemática establecida en los procedimientos.

Trabajo de análisis:

- Se realizaron evaluaciones de los datos recabados, mostrándolos y comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Índices de Calidad Ambiental (ICA).
- Se interpretaron los resultados teniendo en cuenta las normativas ambientales mencionadas.

3.5. Procedimientos

El desarrollo de este proyecto se organizó en las etapas siguientes:

FASE 1: Búsqueda de información en fuentes bibliográficas y gestión para obtener los equipos y materiales necesarios.

- Se llevó a cabo la búsqueda de libros, revistas, documentos indexados y recursos en línea para recopilar la información bibliográfica requerida para este trabajo.

Fase 2: Localización de puntos de muestreo y organización de materiales y herramientas.

- Se examinó el flujo de tráfico (cantidad de vehículos en un período específico) durante los horarios pico (cuando la gente se traslada a sus lugares de trabajo, educación, etc.) para identificar las zonas con más congestión vehicular que necesitaban ser monitoreadas.
- Se utilizó un dispositivo GPS para precisar la ubicación geográfica de los puntos de muestreo.
- Se llevó a cabo una inspección de los equipos a utilizar en el monitoreo (consulte la Tabla N° 3) para verificar que estén debidamente calibrados por las autoridades correspondientes.

Tabla N° 3: Detalles de los equipos de monitoreo.

INSTRUMENTOS	FABRICANTE	DESCRIPCIÓN	AJUSTE	CANTIDAD
Medidor de velocidad del viento	TENMARS	TM-403 de la marca	Afirmativo	1
Medidor de humedad	SMART SENSOR	AR867 de la marca	Afirmativo	1
Dispositivo de orientación magnética	Lensatic Compass	Marching modelo	Negativo	1
Sistema de posicionamiento global	Garmin	MAP 62SC de Garmin	Negativo	1

INSTRUMENTOS	FABRICANTE	DESCRIPCIÓN	AJUSTE	CANTIDAD
Medidor de caudal	Equipo Hi-vol	Aparato de medición de alto volumen.	Afirmativo	1
Horno	Memmert	CN 55 del modelo	Afirmativo	1
Báscula	-	Ohaus	Afirmativo	1
Secador de muestras	Pyrex	-	Negativo	1

FUENTE: Elaboración propia

- Comprobación de los materiales destinados al monitoreo (Consulte la tabla N° 4) para garantizar que satisfagan los criterios establecidos por DIGESA en 2005.

Tabla N° 4. Materiales empleados en el proceso de monitoreo.

Materiales	Fabricante	Especificación	Cantidad
Filtro de papel	Whatman	Filtro de microfibra de cuarzo QM-A con dimensiones de 20.3 x 25.4 cm.	1
Cinta de seguridad autoadhesiva.	-	Señal de precaución.	1
Formulario de registro	-	Recolección de datos en el sitio.	1
Cable alargador eléctrico.	-	Cable de 20 metros de longitud.	1
Trípode	-	Longitud de color negro de 1.5 metros.	1
Pinzas	-	Material de acero.	1

FUENTE: Elaboración propia

Fase 3: Traslado de los equipos y materiales y realización del seguimiento

- Se procedió al traslado diligente de los equipos y materiales con el debido cuidado para evitar daños o contratiempos.

- Se instaló el muestreador de alto volumen HIVOL en un área despejada, manteniéndolo a no menos de 4 metros de distancia de cualquier edificio u otra estructura cercana. Se situó sobre una base de forma que el filtro quedara a una altura de entre 2 y 3 metros del suelo.
- Se realizaron mediciones continuas durante 24 horas en cada uno de los puntos o estaciones de monitoreo asignadas, recolectando muestras diarias (analizadas por triplicado) conforme al protocolo definido para la calidad del aire.
- Es crucial asegurar que durante la operación, todos los muestreos se realicen de manera homogénea y constante en todas las localizaciones o estaciones de seguimiento.
- Paralelamente, se recopilaron datos climatológicos, tales como la temperatura, velocidad del viento, humedad y dirección del viento en el sitio de toma de muestras.
- Se montó el filtro, que previamente había sido pesado para determinar su peso inicial, y luego se conectó a la fuente de energía eléctrica. Posteriormente, se ajustó el caudalímetro y se inició el proceso, registrando la hora de inicio correspondiente.
- Tras completar las 24 horas, se registraron los datos meteorológicos, se apagó el equipo de muestreo y se extrajo cuidadosamente el filtro para evitar la pérdida de partículas. Posteriormente, se trasladó al laboratorio donde fue deshidratado y pesado (peso final).
- Utilizando los pesos obtenidos, se calculó la concentración de partículas PM10 aplicando la fórmula que se describe a continuación.

$$PM_{10} = \frac{P_f - P_i}{Q * 24 \text{ h}}$$

En la fórmula:

PM10 indica la cantidad de material particulado PM10 presente.

"Pf" representa el peso que tiene el filtro Whatman después de haber sido expuesto.

"Pi" corresponde al peso que tiene inicialmente el filtro Whatman antes de ser expuesto.

"Q" simboliza la tasa de flujo.

Principios fundamentales:

a) Observación de partículas PM10

Se utilizó un aparato de muestreo de gran capacidad (Hi-Vol.) para recolectar PM10, que succiona aire del ambiente a una velocidad de flujo establecida previamente. Este aire es dirigido a través de un orificio con una forma específica, donde las partículas suspendidas se separan inercialmente en fracciones de menos de 10 micras.

El monitoreo de PM10 seguirá las pautas establecidas en el Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Emisiones como marco de referencia.

- **Preparación del Filtro**

- Se rotularon los filtros meticulosamente para evitar contaminaciones o daños, y se anotó su peso inicial. Para cada uno se dispuso un soporte de papel encerado.
- El filtro fue puesto en una estufa a una temperatura de 28 - 30°C durante un período de 24 horas, posteriormente se pesó y se almacenó nuevamente en condiciones similares durante al menos 24 horas para eliminar cualquier humedad absorbida del entorno.

- **Implementación del dispositivo PM10.**

El filtro junto con su soporte se coloca en la unidad de impactación, y se activa el dispositivo (Hi-Vol.), manteniéndolo en operación durante 24 horas y registrando el momento de inicio.

Se registra el instante en que concluye el periodo de medición de 24 horas. Una vez finalizado el tiempo de monitoreo, se extrae el filtro expuesto del soporte utilizando unas pinzas y se coloca en un nuevo porta-filtro.

Tabla Nº 5: Equipos y método empleados para el monitoreo.

Variable o elemento de interés bajo estudio.	Dispositivo de recolección de muestras.	Umbral de detección del instrumento.	Procedimiento de análisis.
Partículas en el aire con un diámetro aerodinámico de 10 micrómetros o menos.	Dispositivo de recolección de partículas con un flujo de aire reducido para la toma de muestras ambientales.	No es relevante en este contexto.	Separación inercial o Gravimetría.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Evaluación del filtro**

Se sitúa la placa de Petri que contiene el filtro en un horno a una temperatura de 28-30 °C durante 24 horas para eliminar la humedad del aire. Posteriormente, se coloca en un desecador por 30 minutos para que su temperatura se equilibre con la del ambiente (25 °C), evitando así la absorción de humedad.

Se realizaron tres mediciones del peso del filtro, y luego se calculó el promedio de estos valores. Se sustrajo el peso del filtro de referencia al valor promedio obtenido.

El filtro utilizado se introdujo en un sobre de papel, se rotuló correctamente y se guardó en un horno específico para quitar la humedad. Así, los filtros se conservaron para un posible examen en el futuro.

3.5.1. Lugar de estudio de la investigación.

La localización geográfica del Distrito de Usicayos se encuentra en las siguientes coordenadas:

Latitud sur : 14° 07' 35".
 Longitud oeste : 69° 58' 04".
 Altitud : 3750 metros sobre el nivel del mar en la capital del distrito, Usicayos.

Tabla N° 6: Localización geográfica de los sitios de observación.

Puntos de monitoreo	X	Y	Elevación
PM-1*	395714.50	8437883.10	3738 m
PM-2*	395599.10	8438250.80	3750 m
PM-3*	394925.40	8437934.30	3756 m

FUENTE: Elaboración propia.

PM-1: Parque Recreacional Barrios Altos

PM-2: Plaza Libertad Usicayos

PM-3: Tramo del I.E.S. Simón Bolívar del Distrito de Usicayos.

3.5.2. Implementación de los dispositivos de recolección de datos (Encuesta)

El cuestionario (Anexo N° 02) se aplicó a un grupo escogido al azar, basándose en una muestra calculada conforme a las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) hasta el 2017 para Usicayos, que contaba con 8992 habitantes.

Cálculo de la cantidad de participantes para la realización de la encuesta siguiendo el procedimiento establecido en la fórmula correspondiente.

$$n_0 = \frac{Z^2 \times p \times q}{e^2}$$

$$n' = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}}$$

En esta fórmula,

N representa la población total,
 Z denota el nivel de confianza,
 K se emplea para representar la desviación estándar.
 E representa el error tolerado.
 n representa el tamaño de la muestra.
 "p" indica la fracción de la población que tiene las características que se están investigando.
 "q" simboliza la fracción de la población que no tiene las características en cuestión.

Método:

Se tiene un total de 8992 para la población (N),
 Se utilizó un nivel de confianza (Z) y (K) de 1.96 en el estudio.
 Un margen de error (E) de 0.03 fue aplicado en el análisis.
 Las proporciones de éxito (p) y fracaso (q) son de 0.5 cada una.

$$n_0 = \frac{3.8416 \times 0.5 \times 0.5}{0.0025} = 384.16 \approx 385$$

$$n' = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}} = \frac{1067}{1 + \frac{(1067 - 1)}{8992}} = \frac{1067}{1 + \frac{1066}{8992}}$$

$$= \frac{1067}{\frac{10058}{8992}} = \frac{1067 \times 8992}{10058} = 953.93 \approx 954$$

Determinación del tamaño muestral para la encuesta empleando la ecuación siguiente:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 \times N \times \delta^2}{(N - 1) \times E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \times \delta^2}$$

En la fórmula proporcionada,

"n" representa el tamaño de la muestra,

"N" denota la población total,

"Z" indica el nivel de confianza del 95%, que equivale a 1.96 en esta situación,

"σ" representa la desviación estándar

"E" es el margen de error aceptable.

Procedimiento: N = 954
 Z = 1.96
 δ = 0.25
 E = 0.061

$$\begin{aligned}n &= \frac{1.96^2 \times 954 \times 0.25^2}{(954 - 1) \times 0.061^2 + 1.96^2 \times 0.25^2} \\&= \frac{3.8416 \times 954 \times 0.0625}{953 \times 0.003721 + 3.8416 \times 0.0625} = \frac{229.0554}{3.546113 + 0.2401} \\&= \frac{229.0554}{3.546113 + 0.2401} = \frac{229.0554}{3.786213} = 60.49 \approx 61\end{aligned}$$

3.6. Método de análisis de datos

La información bibliográfica relevante se estructuró apropiadamente a partir de diversas fuentes bibliográficas, como se mencionó anteriormente. Esta información resultó esencial para desarrollar el marco teórico o los fundamentos teóricos del tema investigado. Se clasificó la información según su relevancia y el momento en que sería útil en la ejecución de este proyecto.

Los datos recabados tanto en la investigación de campo como en el laboratorio resultaron ser cruciales, ya que se utilizarán para presentar los hallazgos, discusiones y conclusiones del informe, contrastándolos siempre con instrumentos adecuados de gestión ambiental, como los estándares de calidad ambiental (ECA) y los índices de calidad del aire (ICA).

La información se organizó de acuerdo con una cronología basada en los tiempos de evaluación, los cuales fueron documentados en fichas de campo y cuestionarios. Luego, estos datos se sometieron a procesamiento, análisis, interpretación y se presentaron en forma de tablas, gráficos y cuadros utilizando el software Excel de Microsoft Office.

3.7. Aspectos éticos

Este estudio considera la autenticidad de los hallazgos, la salvaguarda de los datos personales de los encuestados involucrados, el respeto y la correcta gestión de los derechos de propiedad intelectual, la sensibilidad hacia el entorno, el compromiso social, la honestidad y la modestia.

IV. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados derivados de la evaluación de la presencia de partículas de material particulado PM10 en áreas con gran tráfico vehicular en el distrito de Usicayos durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2023, junto con un análisis conforme a las normativas nacionales aplicables. Estos análisis se llevaron a cabo en los puntos específicos designados para tal fin (Parque Recreacional Barrios Altos, Plaza Libertad Usicayos y el tramo del I.E.S. Simon Bolivar del Distrito de Usicayos)

4.1. Estimación de la cantidad de partículas de material particulado (PM10).

Se calculará el Intervalo INCA el cual se tiene los puntos de muestreo en las 3 diferentes zonas y tiempos, el cual se presentará respecto al mes de Octubre:

a) Parque Recreacional Barrios Altos:

Pi: 4616790

Pf: 4623000

Qr: 1.5 m³/h

t: 24 hr

$$PM10 \frac{ug}{m^3} = \frac{4623000 - 4616700}{1.5 \times 24} = \frac{6300}{36} = 175$$

Así, la cantidad de partículas PM 10 es de 175 microgramos por metro cúbico.

Luego, se procede con el proceso para determinar el rango correspondiente al INCA:

Considerando lo anteriormente mencionado:

$$I[PM10] = C[PM10] \times \frac{100}{150}$$

$$I[PM10] = 175 \times \frac{100}{150} = 116.67 \approx 117$$

b) Plaza Libertad Usicayos:

Pi: 4507300

Pf: 4512000

Qr: 1.5 m³/h

t: 24 hr

$$PM10 \frac{ug}{m^3} = \frac{4512000 - 4507300}{1.5 \times 24} = \frac{4700}{36} = 130.55 \approx 131$$

Por ende, la cantidad de partículas PM 10 es de 131 microgramos por metro cúbico.

Después, se procede con el proceso para determinar el rango correspondiente al INCA:

Considerando lo mencionado anteriormente:

$$I[PM10] = 131 \times \frac{100}{150} = 87.3 \approx 87$$

c) Tramo del I.E.S. Simón Bolívar.

Pi: 4396900

Pf: 4401000

Qr: 1.5 m³/h

t: 24 hr

$$PM10 \frac{ug}{m^3} = \frac{4401000 - 4396900}{1.5 \times 24} = \frac{4100}{36} = 113.88 \approx 114$$

En consecuencia, la cantidad de partículas PM 10 alcanza los 114 microgramos por metro cúbico.

Después, se procede con el proceso para determinar el rango correspondiente al INCA:

Considerando lo siguiente:

$$I[PM10] = 114 \times \frac{100}{150} = 76$$

Tabla N° 7: Se analizaron las partículas PM-10 durante un período de 24 horas, y los resultados del análisis se compararon con los estándares de calidad ambiental (ECA) e índices de calidad del aire (INCA) establecidos en zonas con mucho tráfico en el distrito de Usicayos durante octubre de 2023

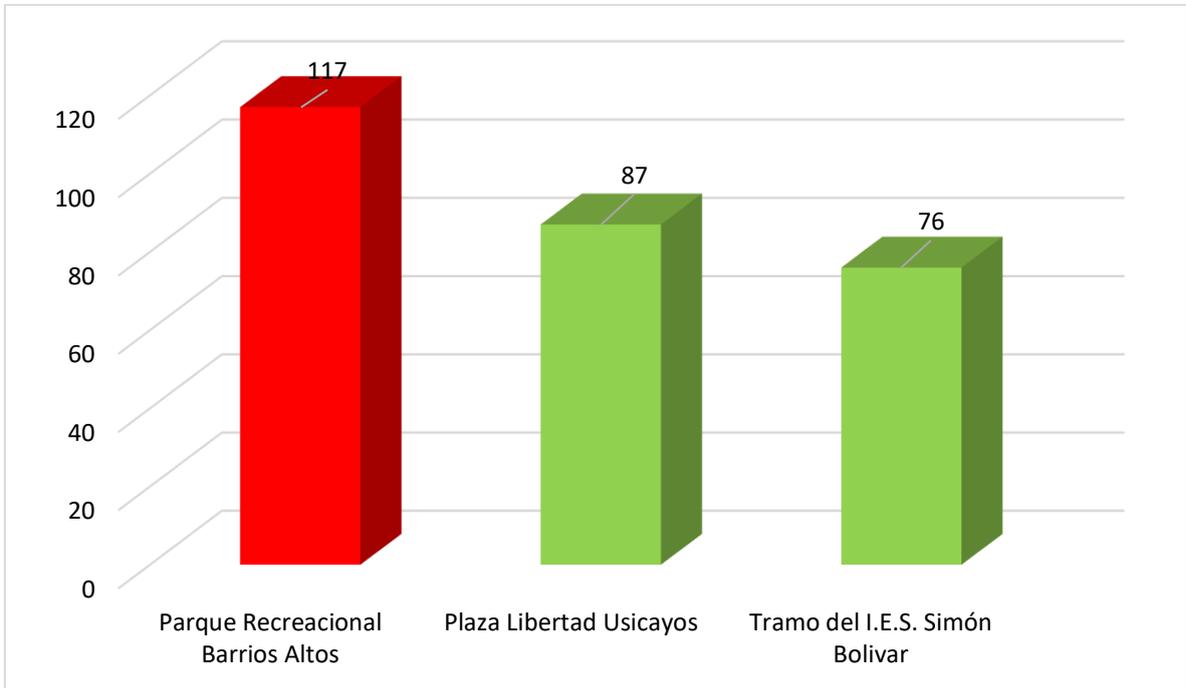
Punto de control de seguimiento	Niveles de Partículas PM10 (µg/m3)	Normativa ECA en µg/m3	Resultado del estudio **	** Rango del INCA	Tonalidad Asignada
Parque Recreacional Barrios Altos	175	150	117	101 - 167	Rojo
Plaza Libertad Usicayos	131	150	87	51 – 100	Verde
Tramo del I.E.S. Simón Bolívar	114	150	76	51 – 100	Verde

(*) Regulaciones de Calidad Ambiental (Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM).

(**) Indicadores de Calidad del Aire (Resolución Ministerial N° 112 – 2015 - MINAM).

FUENTE: Elaborado por el autor.

Gráfico N° 1: Resultados del análisis conforme a los índices INCA para partículas PM-10 en zonas altamente transitadas del distrito de Usicayos, evaluados en octubre de 2023



Elaboración propia

Ahora se realizará para el mes de Noviembre

a) Parque Recreacional Barrios Altos:

Pi: 4518400

Pf: 4525000

Qr: 1.5 m³/h

t: 24 hr

$$PM10 \frac{ug}{m^3} = \frac{4525000 - 4518400}{1.5 \times 24} = \frac{6600}{36} = 183.3 \approx 183$$

Entonces, la cantidad de partículas PM 10 es de 183 microgramos por metro cúbico.

Luego se procede con el proceso para determinar el intervalo correspondiente al INCA:

Considerando lo anteriormente mencionado:

$$I[PM10] = 183 \times \frac{100}{150} = 122$$

b) Plaza Libertad Usicayos:

Pi: 4409200

Pf: 4414000

Qr: 1.5 m³/h

t: 24 hr

$$PM10 \frac{ug}{m^3} = \frac{4414000 - 4409200}{1.5 \times 24} = \frac{4800}{36} = 133.3 \approx 133$$

En consecuencia, la cantidad de partículas PM 10 es de 133 microgramos por metro cúbico.

Después, se procede con el proceso para determinar el rango correspondiente al INCA:

Considerando lo mencionado anteriormente:

$$I[PM10] = 133 \times \frac{100}{150} = 88.66 \approx 89$$

c) Tramo del I.E.S. Simón Bolívar.

Pi: 4431400

Pf: 4435000

Qr: 1.5 m³/h

t: 24 hr

$$PM10 \frac{ug}{m^3} = \frac{4435000 - 4431400}{1.5 \times 24} = \frac{3600}{36} = 100$$

Por consiguiente, la cantidad de partículas PM 10 es de 100 microgramos por metro cúbico.

A continuación, se procede con el proceso para determinar el intervalo correspondiente al INCA:

Considerando lo mencionado anteriormente:

$$I[PM10] = 100 \times \frac{100}{150} = 66.66 \approx 67$$

Tabla N° 8: Niveles de partículas PM-10 durante un lapso de 24 horas, y los resultados del análisis se contrastaron con los criterios de calidad ambiental (ECA) e índices de calidad del aire (INCA) establecidos en zonas con alto tráfico vehicular en el distrito de Usicayos durante noviembre de 2023.

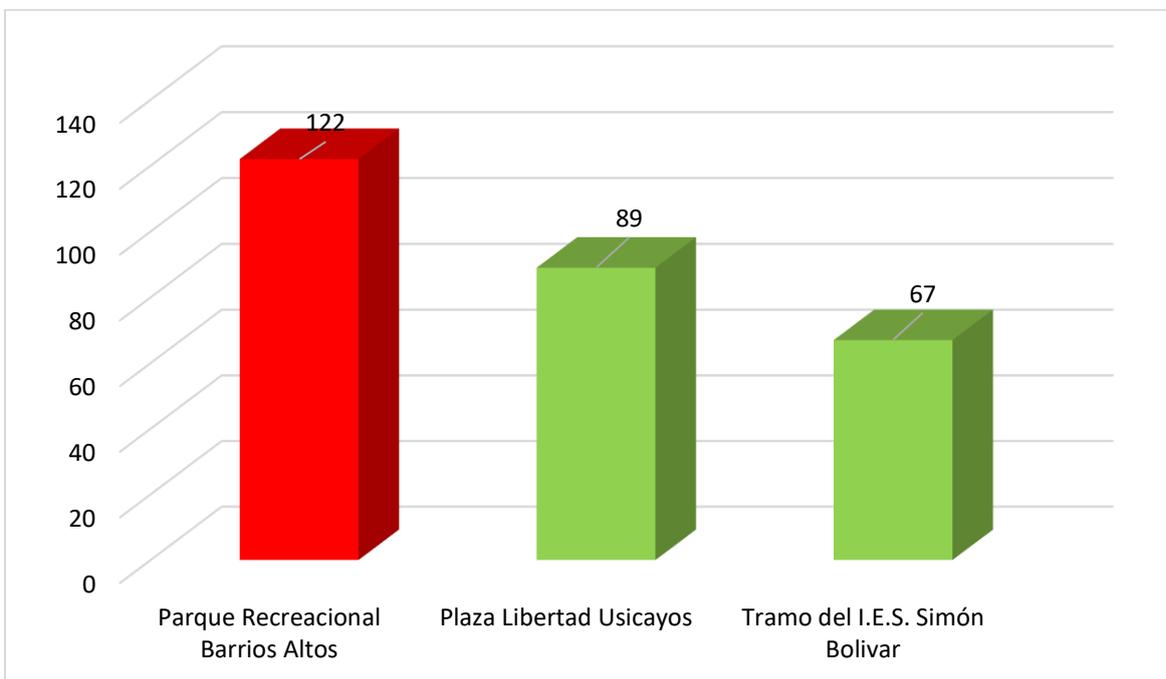
Punto de control de seguimiento	Niveles de Partículas PM10 (µg/m3)	Normativa ECA en µg/m3	Resultado del estudio **	** Rango del INCA	Tonalidad Asignada
Parque Recreacional Barrios Altos	183	150	122	101 - 167	Rojo
Plaza Libertad Usicayos	133	150	89	51 - 100	Verde
Tramo del I.E.S. Simón Bolívar	100	150	67	51 - 100	Verde

(*) Regulaciones de Calidad Ambiental (Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM).

(**) Indicadores de Calidad del Aire (Resolución Ministerial N° 112 – 2015 - MINAM).

FUENTE: Elaborado por el autor.

Grafica N° 2: Resultados del examen de acuerdo con los índices INCA para partículas PM-10 en áreas con tráfico vehicular abundante en el distrito de Usicayos, documentados en noviembre de 2023



Elaboración propia.

Ahora se realizará para el mes de Diciembre

a) Parque Recreacional Barrios Altos:

Pi: 4517500

Pf: 4524000

Qr: 1.5 m³/h

t: 24 hr

$$PM_{10} \frac{\mu g}{m^3} = \frac{4524000 - 4517500}{1.5 \times 24} = \frac{6500}{36} = 180.55 \approx 181$$

Por ende, la cantidad de partículas PM 10 alcanza los 181 microgramos por metro cúbico.

Luego se procede a seguir el proceso para determinar el rango correspondiente al INCA:

Considerando lo siguiente:

$$I[PM10] = 181 \times \frac{100}{150} = 120.66 \approx 121$$

b) Plaza Libertad Usicayos:

Pi: 4408140

Pf: 4413000

Qr: 1.5 m³/h

t: 24 hr

$$PM10 \frac{ug}{m^3} = \frac{4413000 - 4408100}{1.5 \times 24} = \frac{4900}{36} = 136.11 \approx 136$$

Así, la cantidad de PM 10 es de 136 microgramos por metro cúbico.

Luego, se continúa con el procedimiento de asignación del rango correspondiente al Índice de Calidad del Aire (INCA).

Considerando lo siguiente:

$$I[PM10] = 136 \times \frac{100}{150} = 90.66 \approx 91$$

c) Tramo del I.E.S. Simón Bolívar.

Pi: 4398200

Pf: 4402000

Qr: 1.5 m³/h

t: 24 hr

$$PM10 \frac{ug}{m^3} = \frac{4402000 - 4398200}{1.5 \times 24} = \frac{3800}{36} = 105.55 \approx 106$$

En consecuencia, la concentración de PM 10 resulta ser 106 ug/m³

Luego se procede con el método para determinar el rango correspondiente al INCA:

Tomando en consideración lo siguiente:

$$I[PM10] = 106 \times \frac{100}{150} = 70.66 \approx 71$$

Tabla N° 9: Análisis de la concentración de partículas PM-10 durante un periodo de 24 horas y su comparación con los criterios establecidos por los estándares ECA e INCA en áreas de alta circulación vehicular en el distrito de Usicayos durante el mes de diciembre de 2023

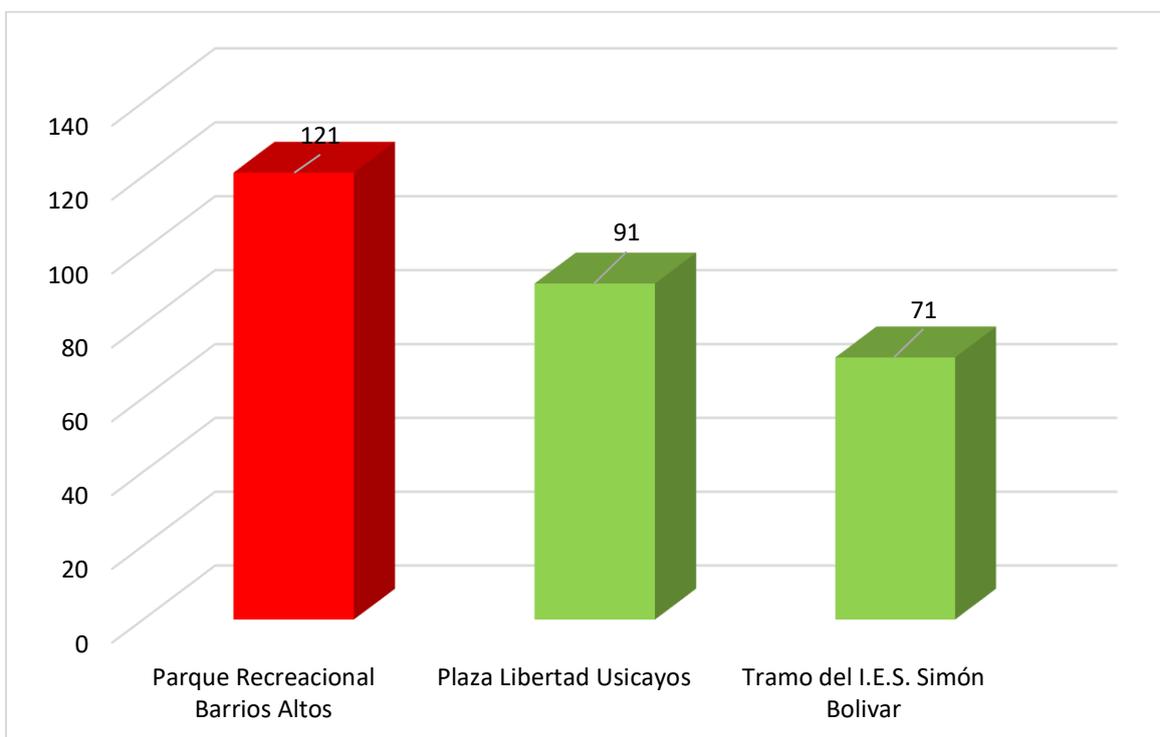
Punto de control de seguimiento	Niveles de Partículas PM10 (µg/m3)	Normativa ECA en µg/m3	Resultado del estudio **	** Rango del INCA	Tonalidad Asignada
Parque Recreacional Barrios Altos	181	150	121	101 - 167	Rojo
Plaza Libertad Usicayos	136	150	91	51 - 100	Verde
Tramo del I.E.S. Simón Bolívar	106	150	71	51 - 100	Verde

(*) Regulaciones de Calidad Ambiental (Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM).

(**) Indicadores de Calidad del Aire (Resolución Ministerial N° 112 – 2015 - MINAM).

FUENTE: Elaborado por el autor.

Gráfico N° 3: Hallazgos del análisis según los parámetros del INCA para partículas PM-10 en zonas de alta congestión vehicular en el distrito de Usicayos, evaluados en diciembre de 2023



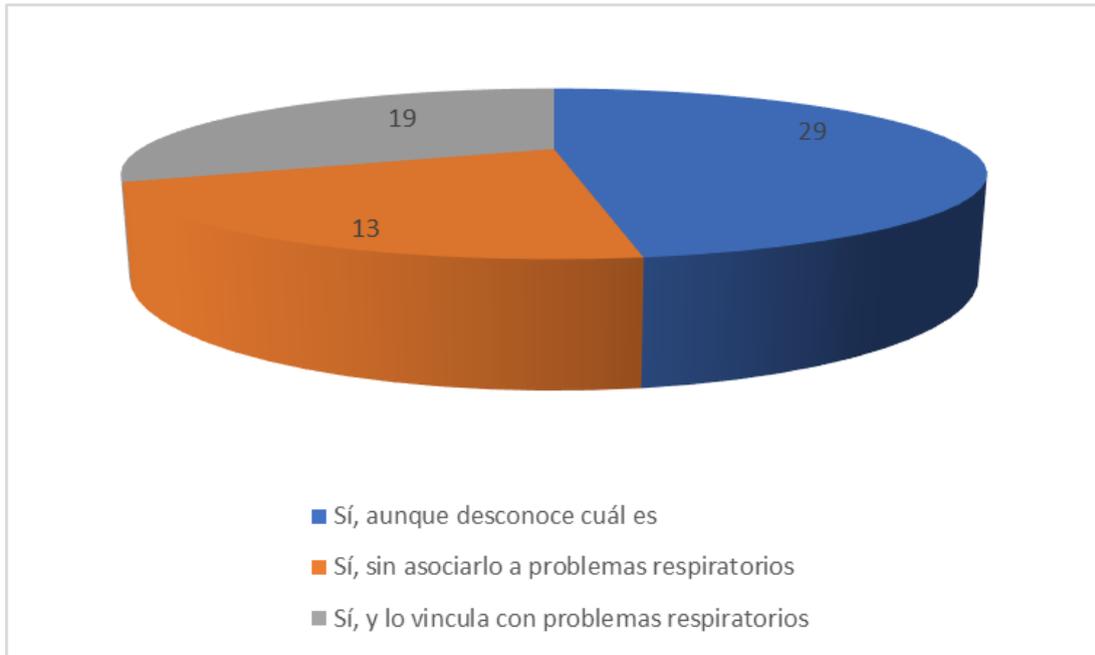
Elaboración propia.

4.2. Impresión de los transeúntes que circulan por zonas de alta circulación vehicular en el distrito de Usicayos.

Mediante la encuesta que se encuentra en el Anexo N° 01, fue dirigida a los peatones del distrito, el cual se obtuvo las siguientes percepciones:

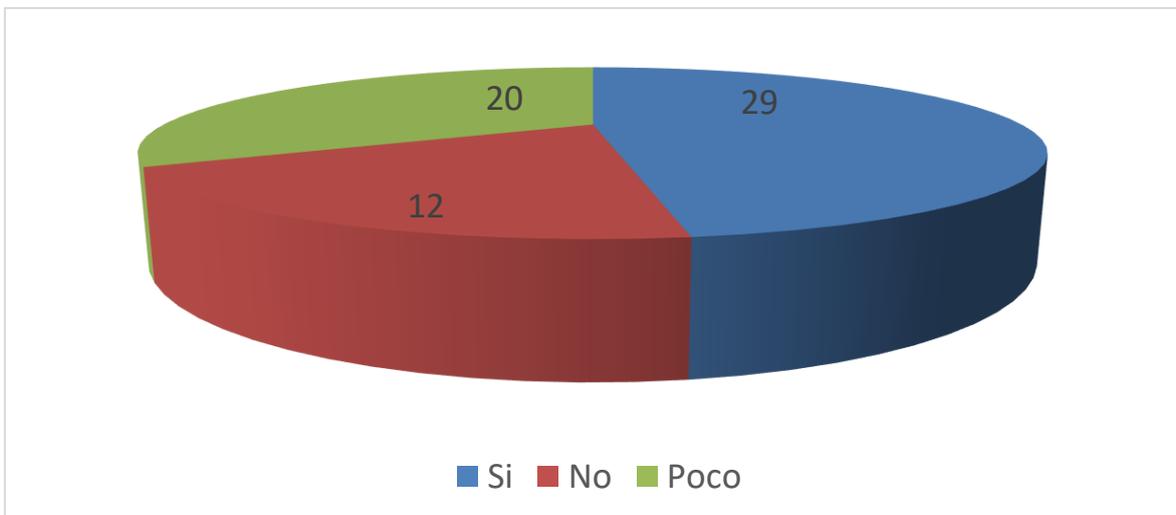
- 1) ¿Está informado acerca de si las partículas en suspensión en el aire afectan la salud?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Sí, aunque desconoce cuál es	29	47%
Sí, sin asociarlo a problemas respiratorios	13	22%
Sí, y lo vincula con problemas respiratorios	19	31%
TOTAL	61	100%



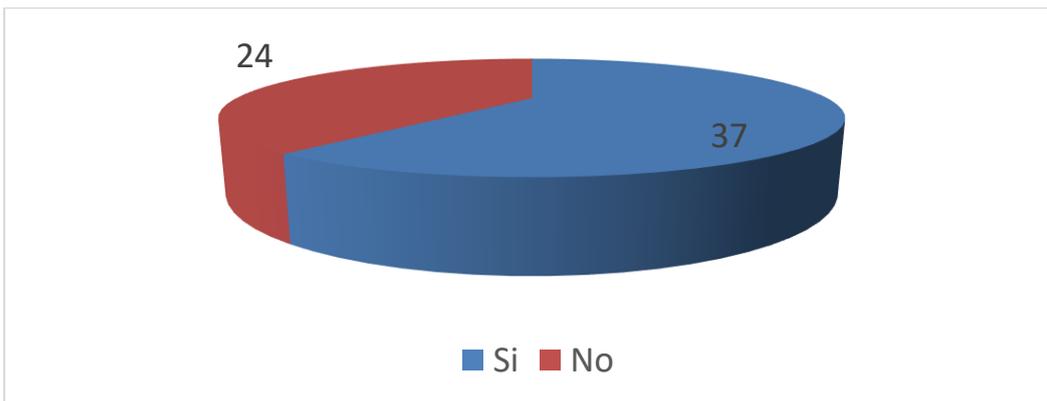
2) ¿Estaba usted al tanto de que hay una normativa que establece el límite máximo permitido de partículas respirables en el aire, y que esta tiene una aplicación a nivel nacional?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Si	29	48%
No	12	20%
Poco	20	32%
TOTAL	61	100%



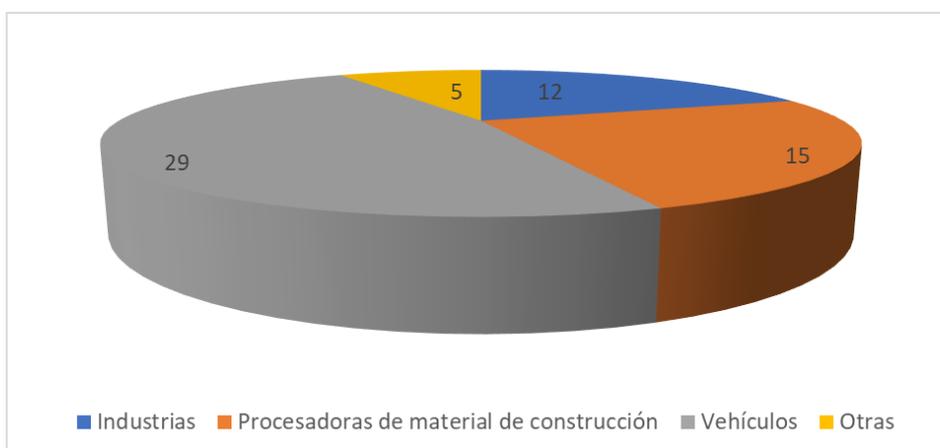
3) ¿Conoce fuentes de emisión?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Si conoce	37	61%
No conoce	24	39%
TOTAL	61	100%



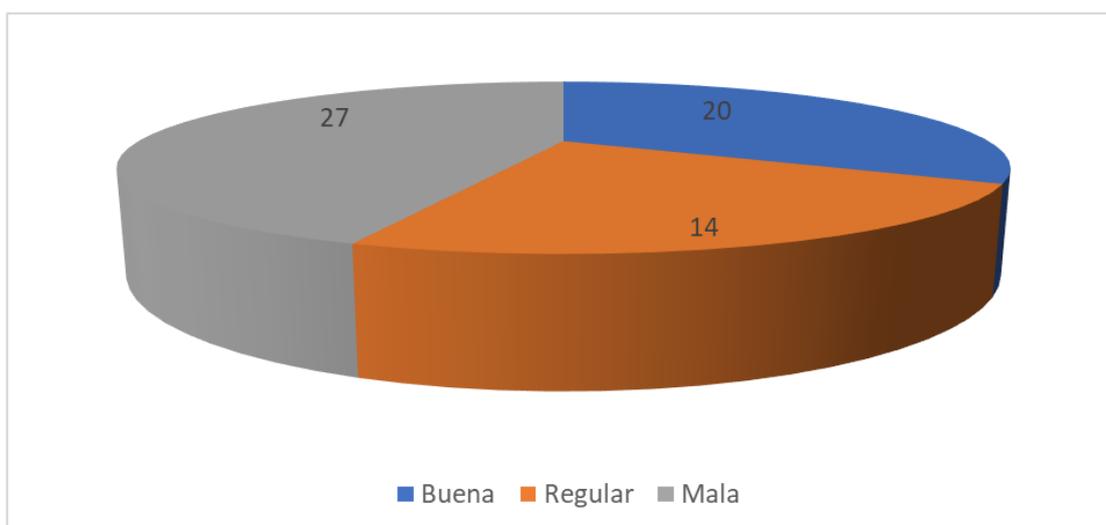
4) ¿Qué fuentes de emisión conoce?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Industrias	12	20%
Procesadoras de material de construcción	15	24%
Vehículos	29	47%
Otras	5	9%
TOTAL	61	100%



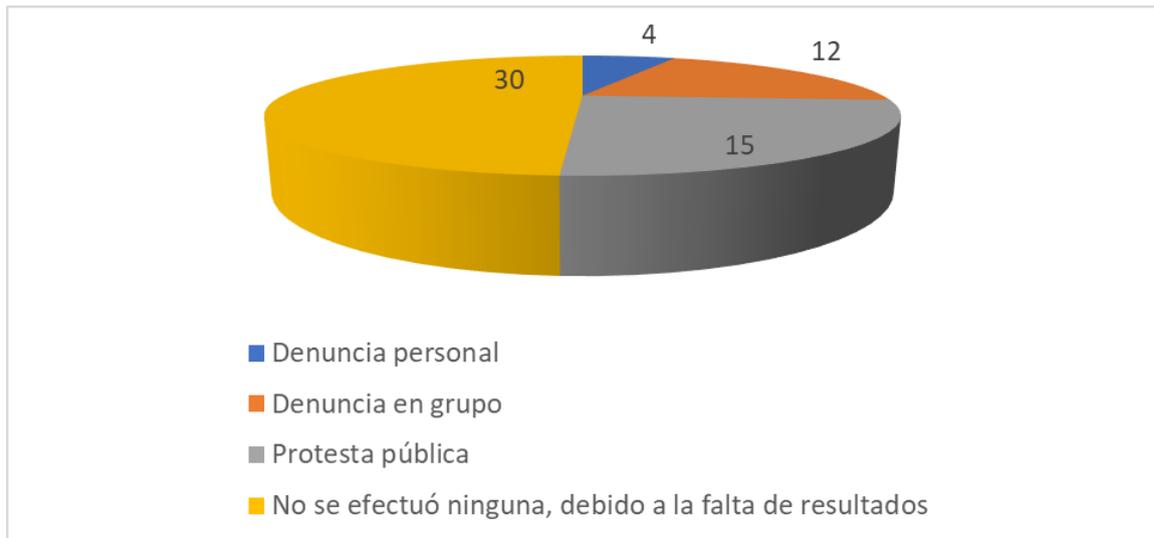
5) ¿Cómo calificaría usted la calidad del aire en su ciudad?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Buena	20	33%
Regular	14	23%
Mala	27	44%
TOTAL	61	100%



6) ¿Qué medidas ha tomado para reducir la contaminación del medio ambiente?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Denuncia personal	4	7%
Denuncia en grupo	12	20%
Protesta pública	15	24%
No se efectuó ninguna, debido a la falta de resultados	30	49%
TOTAL	61	100%



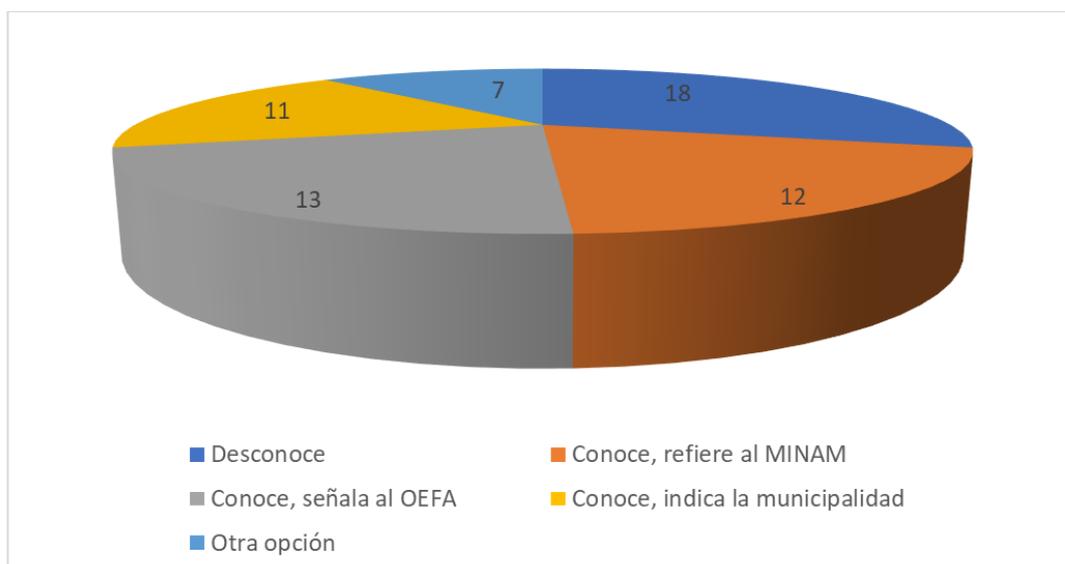
7) En caso de haber realizado una denuncia de manera individual o colectiva, ¿cómo se informó sobre el proceso a seguir?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Dentro de la municipalidad	5	9%
Dentro de la municipalidad	8	13%
A través del MINAM	5	8%
Por canales de comunicación	7	11%
Gracias a un individuo informado	7	12%
Por medio de un experto especializado	5	8%
A través de los líderes locales	6	10%
Ya tenía conocimiento previo	6	10%
Otra forma	12	19%
TOTAL	61	100%



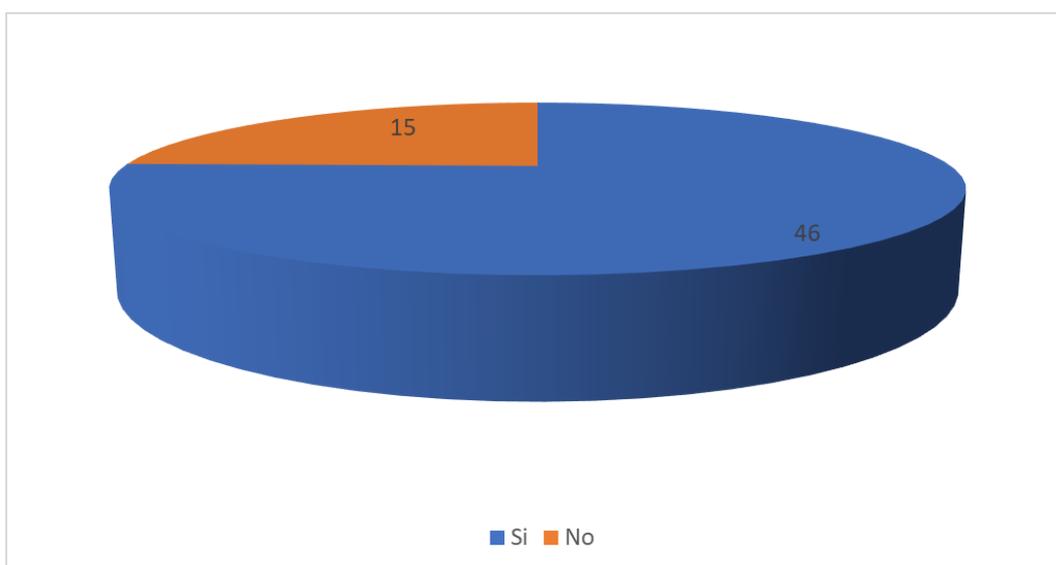
8) ¿Está informado sobre cuál es la entidad encargada de realizar la evaluación y supervisión de los contaminantes?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Desconoce	18	29%
Conoce, refiere al MINAM	12	20%
Conoce, señala al OEFA	13	21%
Conoce, indica la municipalidad	11	19%
Otra opción	7	11%
TOTAL	61	100%



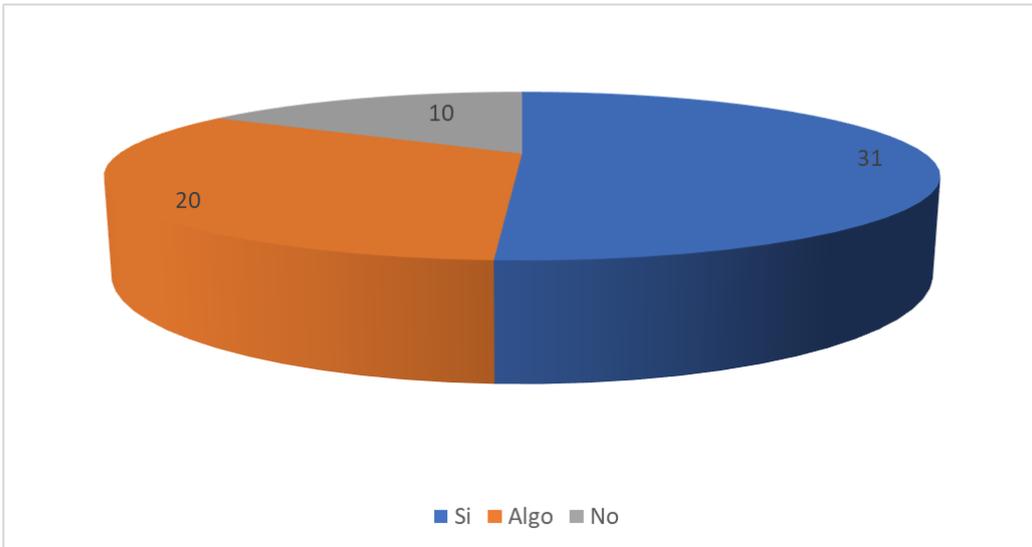
9) ¿Está al tanto de si la entidad mencionada ejerce la función de supervisar y regular a las compañías por sus emisiones de material particulado?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Si	46	76%
No	15	24%
TOTAL	61	100%



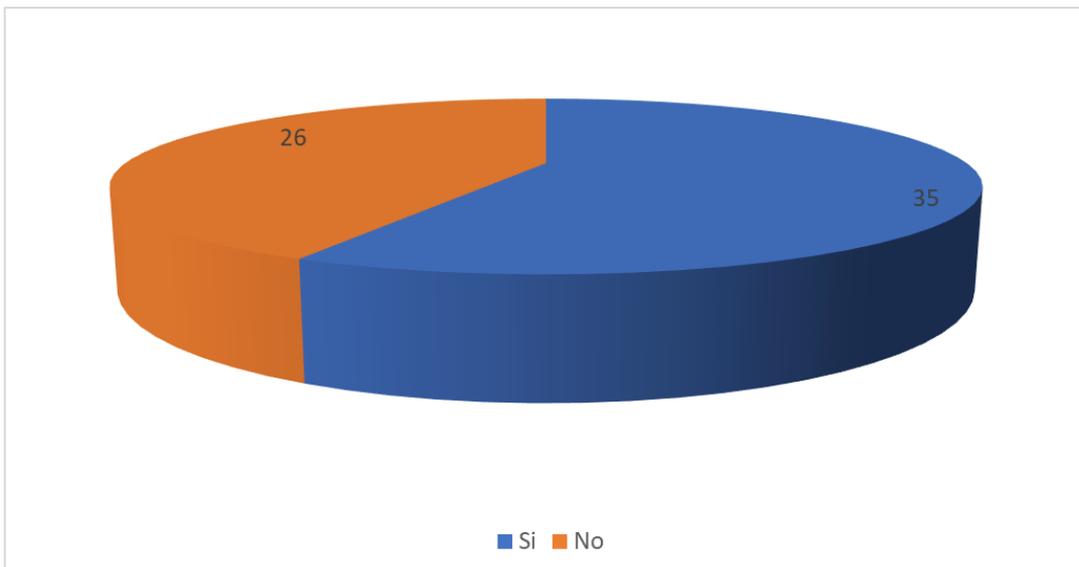
10) ¿Está usted informado sobre los derechos que las normativas le otorgan en relación a la calidad del ambiente?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Si	31	51%
Algo	20	33%
No	10	16%
TOTAL	61	100%



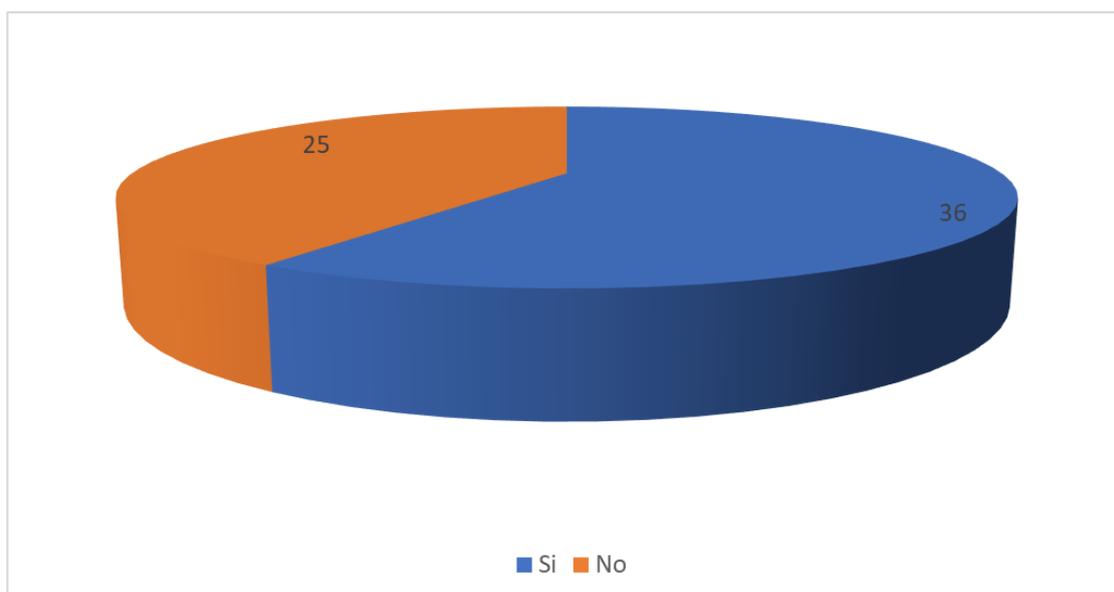
11) ¿Considera usted que las entidades de salud desempeñan adecuadamente su tarea de mantener un entorno ambiental sano?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Si	35	57%
No	26	43%
TOTAL	61	100%



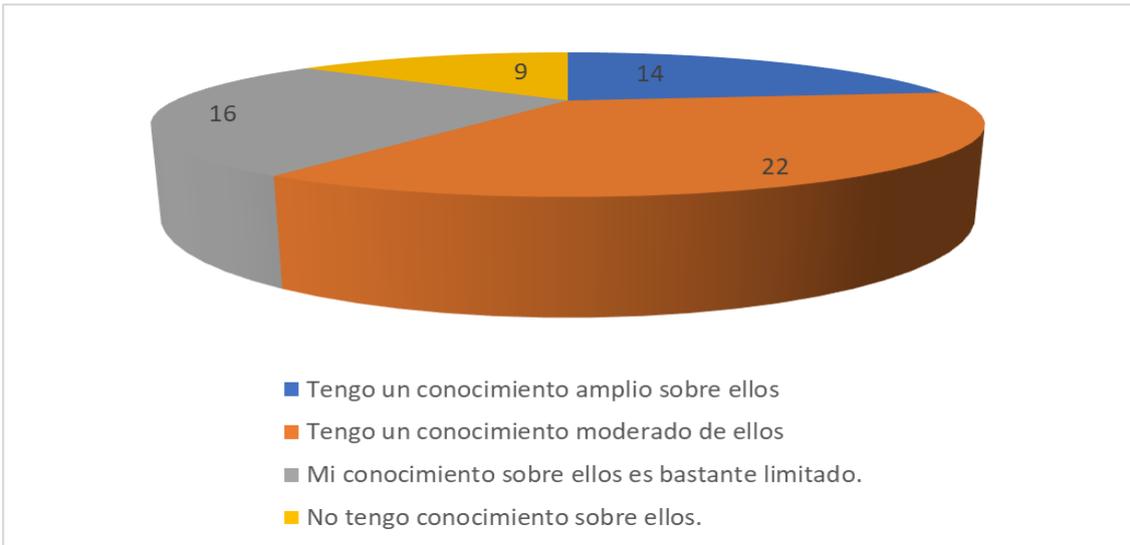
12) ¿Las entidades encargadas del medio ambiente desempeñan su función de garantizar un entorno saludable?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Si	36	59%
No	25	41%
TOTAL	61	100%



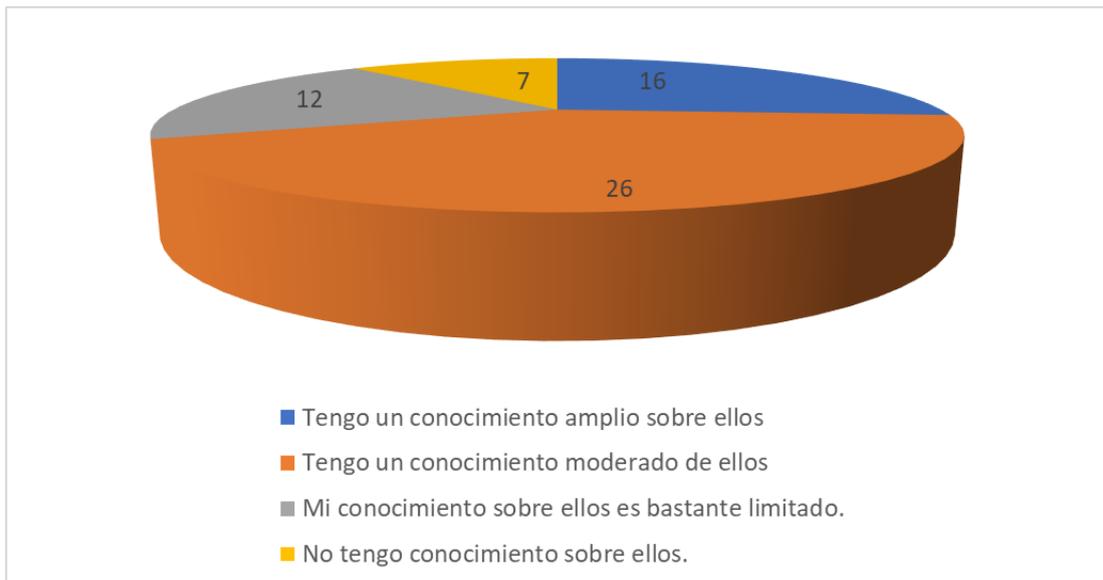
13) ¿Cómo evaluaría el nivel de comprensión que poseen usted y los integrantes de su familia u organización acerca de los impactos del material particulado en la contaminación?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Tengo un conocimiento amplio sobre ellos	14	23%
Tengo un conocimiento moderado de ellos	22	36%
Mi conocimiento sobre ellos es bastante limitado.	16	27%
No tengo conocimiento sobre ellos.	9	14%
TOTAL	61	100%



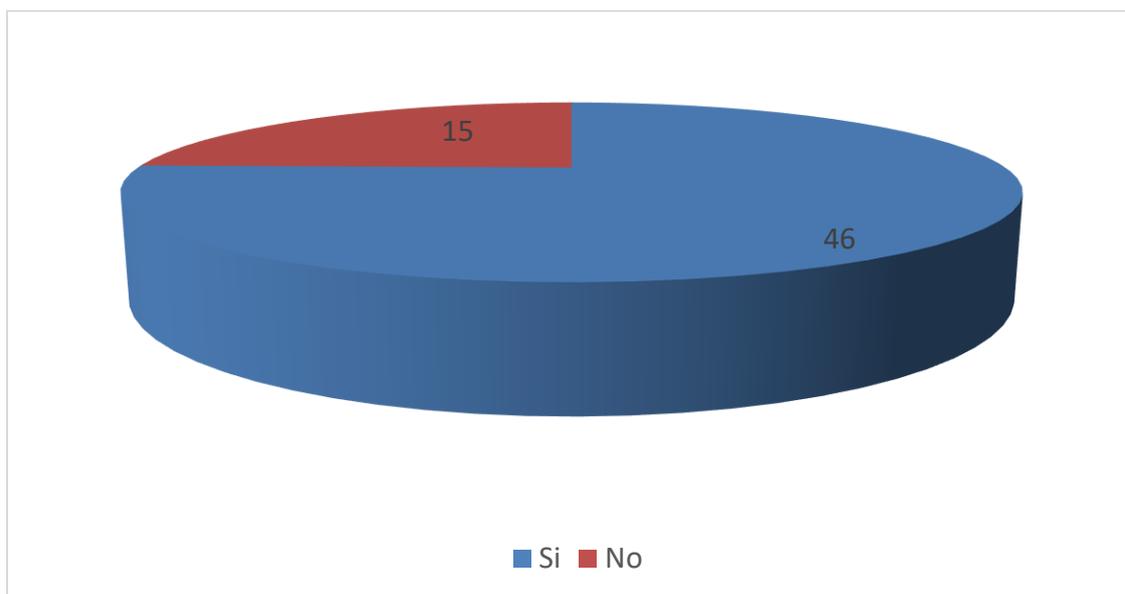
14) ¿Cómo evaluaría su nivel de conocimiento sobre sus derechos en relación a la contaminación?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Tengo un conocimiento amplio sobre ellos	16	26%
Tengo un conocimiento moderado de ellos	26	42%
Mi conocimiento sobre ellos es bastante limitado.	12	20%
No tengo conocimiento sobre ellos.	7	12%
TOTAL	61	100%



15) ¿Está al tanto de que en el proceso de creación de las normativas ambientales se incluye una fase de participación ciudadana, con el objetivo de integrar las opiniones y perspectivas de los habitantes?

Respuesta	Encuestados	Porcentaje
Si	46	76%
No	15	24%
TOTAL	61	100%



V. DISCUSIÓN

Respecto al objetivo de estudio de evaluar la cantidad de material particulado (PM10) en zonas altamente congestionados por el tráfico en el distrito de Usicayos, Provincia de Carabaya, Puno; se obtuvo mediante los resultados que, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, las mediciones de PM10 en la estación del Parque Recreacional Barrios Altos mostraron concentraciones de 175, 183 y 181 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, superando el límite de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la normativa de calidad del aire según el D.S. N.º 074-2001 PCM.

Así también en el trabajo de Al Thani et al., (2020, p.1), evaluaron las emisiones de partículas de todos los vehículos pesados diésel y obtuvieron que los autos modernos y más nuevos tienen instalada una tecnología eficaz de reducción de las PM de escape, donde las emisiones de PM10 de escape tienen una contribución modesta; por lo que su generación de contaminación es mínima.

Al comparar estos resultados con el Índice de Calidad del Aire (ICA), se observó que el nivel de riesgo correspondía al color rojo en todas las ocasiones, indicando una calidad del aire deficiente. Esta clasificación implica que la calidad del aire es inadecuada, con posibles efectos negativos en la salud de grupos vulnerables.

Además, las condiciones ambientales se ven agravadas por elementos como altas temperaturas (por encima de 25°C), niveles bajos de humedad relativa (inferiores al 80%) y velocidades de viento insuficientes para dispersar las partículas en el aire (menos de 2 m/s).

Así también los resultados obtenidos son respaldados por Beddows et al., (2021, p.3), Breuer et al., (2020, p.1), los cuales en sus estudios presentaron emisiones elevadas de MP por congestión vehicular; siendo así que Breuer et al., (2020, p.1) menciona que los vehículos diésel emiten el 71% de las partículas, frente al 29% de los vehículos de gasolina.

Con respecto al primero objetivo específico, de evaluar y comprender como las condiciones ambientales influyen en la cantidad del material particulado en las áreas altamente congestionados por el tráfico, se identifican varios factores clave que contribuyen a la elevada concentración de partículas suspendidas en áreas urbanas. Estos incluyen calles sin pavimentar, la ausencia de limpieza y mantenimiento adecuado, y la combustión incompleta en vehículos motorizados, generalmente debido al uso de combustibles de baja calidad o al mantenimiento deficiente de los vehículos.

Además, la re-suspensión de partículas ya depositadas en las carreteras, exacerbada por vehículos de alta velocidad y gran tonelaje, también es una causa importante. Según Moragues (2013), aparte de estos elementos, hay condiciones ambientales como temperaturas elevadas, humedad baja y escasa o nula velocidad del viento que promueven la presencia de partículas en el aire y la cantidad y el peso de estas partículas también tienen una influencia importante.

Respecto al segundo objetivo de estudio de determinar el volumen de tráfico vehicular en las áreas altamente congestionados que serán objetos de muestreo y explorar posibles soluciones viables para mantener o reducir la cantidad de material particulado (PM10); se obtuvo que los resultados derivados de las investigaciones, al ser contrastados con la situación actual, muestran que en los lugares de muestreo donde los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) son sobrepasados y se identifica una calidad del aire deficiente en relación con el PM10, existe una conexión directa con zonas de tráfico intenso, que involucran tanto vehículos livianos como pesados.

Ello es similar a lo obtenido en el estudio de Harrison et al., (2021, p.1), quien afirma que las partículas de PM por congestión vehicular incrementan y se ha comprobado que la adopción de vehículos eléctricos de batería tiene un impacto mínimo en la cantidad total de emisiones de partículas procedentes del tráfico rodado.

Ello es respaldado por Wong et al., (2019, p.1), además menciona que se deben aplicar modelos de receptores más complejos para reducir la cantidad de material particulado (PM10).

Por su parte Bohm et al., (2022, p.2), menciona que los modelos demuestran que las normativas destinadas a reducir las emisiones que se centran específicamente en los grandes contaminadores tienen mucho más éxito que las que restringen la circulación debido a una selección descuidada de vehículos.

Estos lugares suelen ser carreteras de alta velocidad, donde se alcanzan velocidades de hasta 110 Km/h, y carecen de mantenimiento regular, lo que facilita la erosión hídrica y la acumulación de partículas en los bordes de las vías. Estas partículas son luego dispersadas por el viento o incluso por procesos de deflación; además, se observa que las calles cercanas suelen ser tramos no pavimentados y en su mayoría carecen de sistemas de alcantarillado y drenaje, lo que contribuye al arrastre de partículas minerales del suelo hacia las carreteras de mayor tránsito, empeorando aún más la situación.

En las estaciones restantes, que son la plaza Libertad Usicayos y el tramo cercano al I.E.S. Simon Bolivar en el Distrito de Usicayos, las mediciones de PM10 realizadas durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, registraron niveles inferiores a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Este valor se encuentra bajo el límite establecido por las normativas nacionales sobre calidad del aire, según lo especificado en el Decreto Supremo N.º 074-2001 PCM. Además, al comparar estos datos con el índice de calidad del aire, se nota un nivel de riesgo identificado por el color verde, lo que señala una calidad de aire moderada y típicamente aceptable. No obstante, es posible que personas pertenecientes a grupos vulnerables, como niños, ancianos, mujeres embarazadas y aquellos con afecciones respiratorias o cardíacas crónicas, puedan experimentar ciertos síntomas respiratorios en estas circunstancias.

Los hallazgos de este estudio se ven respaldados por los datos obtenidos a través de una encuesta aplicada, cuyos resultados revelan información crucial. Se encontró que el material particulado PM10 podría causar problemas de salud, especialmente en aquellos pertenecientes a grupos más vulnerables. Además, se observa una escasa intervención de las autoridades en las zonas afectadas.

Los principales contribuyentes a la generación de estos contaminantes son identificados como el tráfico vehicular, que representa el 47% de las fuentes. Otros factores incluyen las condiciones de las rutas de tránsito y sus alrededores. Estos elementos, en conjunto, facilitan la acumulación y concentraciones elevadas de PM10 en zonas de tráfico intenso dentro del distrito de Usicayos.

VI. CONCLUSIONES

- Durante los períodos de monitoreo llevados a cabo en octubre, noviembre y diciembre, se registraron valores promedio de partículas con diámetros inferiores a 10 μm (PM10) de 179.66, 133.33 y 106.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los tres puntos evaluados con alto tráfico vehicular en el distrito de Usicayos, identificados como el Parque Recreacional Barrios Altos, la Plaza Liberta Usicayos y el área cercana al I.E.S. Simon Bolivar, respectivamente.
- En la zona de inicio del monitoreo, el Parque Recreacional Barrios Altos, se constató de manera continua que los niveles de PM10 sobrepasaron los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). De acuerdo con el INCA, esto refleja una deficiente calidad del aire, identificada por el color rojo en su escala. Estos niveles altos parecen estar influenciados por la intensa circulación vehicular y condiciones ambientales propicias, particularmente la velocidad del viento que superó los 2 m/s en todas las mediciones.
- La aplicación de estrategias de monitoreo para identificar a tiempo situaciones donde las concentraciones de PM10 alcancen o excedan los límites fijados por la normativa nacional (ECA) es crucial. Esto implica la realización de labores de limpieza y mantenimiento en las arterias viales principales, los sistemas de desagüe, el pavimento de calles adyacentes, la instalación de aceras y bordillos, así como la creación y preservación de espacios verdes en zonas despejadas, todas estas acciones colaborarían en controlar o disminuir la presencia de esta sustancia contaminante.

VII. RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo seguimientos periódicos cada mes, aumentando los lugares o puntos de observación.
- Considerar que hay momentos específicos del día (horas pico) en la zona estudiada donde el flujo de vehículos es más intenso.
- Escoger áreas o puntos seguros para no comprometer la integridad de los equipos y materiales usados en el seguimiento.
- Implementar herramientas como encuestas y entrevistas de manera continua para comprender mejor las preocupaciones de la comunidad respecto a temas relevantes, como la contaminación.
- Asegurar que se realicen las inspecciones técnicas de vehículos de manera regular, como lo exigen las autoridades competentes, para controlar más eficazmente las emisiones atmosféricas, en particular de vehículos antiguos.
- En los sectores de transporte e industrial, se debe reemplazar progresivamente el combustible tradicional no refinado por alternativas menos contaminantes como el gas natural.
- Conservar la higiene de las vías públicas, acelerar el proceso de pavimentación y la edificación de aceras, además de promover la siembra de árboles y el incremento de espacios ajardinados en áreas urbanas del distrito de Morales, con la meta de disminuir la cantidad de partículas PM-10 en el aire y ofrecer un entorno más saludable, lo que contribuiría a mejorar la calidad de vida de los residentes en las regiones afectadas.
- Impulsar la creación de políticas públicas por parte de entidades como el Ministerio de Transporte, las autoridades locales y el OEFA, para gestionar el entorno mediante la supervisión de partículas en áreas con un riesgo alto.
- Estimular la creación de convenios entre instituciones educativas, entidades locales y administraciones regionales para fomentar la ejecución de proyectos con impacto tanto académico como social.

REFERENCIAS

- AL-THANI, Hanadi, et al. Evaluation of particulate matter emissions from non-passenger diesel vehicles in Qatar. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2020, vol. 70, no 2, p. 228-242. <https://doi.org/10.1080/10962247.2019.1704939>
- Aliaga-Martínez, M. P., & Ruiz-Cruz, A. L. (2021). Contaminación del aire con material particulado (PM10 y PM2.5) por el uso de productos pirotécnicos durante Navidad y Año Nuevo en Lima Metropolitana, 2017-2021. Repositorio UNAC.
- ALVES, C. A., et al. Chemical profiling of PM10 from urban road dust. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 634, p. 41-51. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.338>
- ATKINSON, R. W., et al. Epidemiological time series studies of PM2.5 and daily mortality and hospital admissions: a systematic review and meta-analysis. *Thorax*, 2014, vol. 69, no 7, p. 660-665. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2013-204492>
- BEDDOWS, David CS; HARRISON, Roy M. PM10 and PM2.5 emission factors for non-exhaust particles from road vehicles: Dependence upon vehicle mass and implications for battery electric vehicles. *Atmospheric Environment*, 2021, vol. 244, p. 117886. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117886>
- BÖHM, Matteo; NANNI, Mirco; PAPPALARDO, Luca. Gross pollutants and vehicle emissions reduction. *Nature Sustainability*, 2022, vol. 5, no 8, p. 699-707. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00903-x>
- BREUER, Janos Lucian, et al. The impact of diesel vehicles on NOx and PM10 emissions from road transport in urban morphological zones: A case study in North Rhine-Westphalia, Germany. *Science of the total environment*, 2020, vol. 727, p. 138583. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138583>
- BRUSSELAERS, Nicolas; MACHARIS, Cathy; MOMMENS, Koen. The health impact of freight transport-related air pollution on vulnerable population groups. *Environmental Pollution*, 2023, vol. 329, p. 121555. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121555>

- CAPORALE, Guglielmo Maria; GIL-ALANA, Luis A.; CARMONA-GONZÁLEZ, Nieves. Particulate matter 10 (PM 10): persistence and trends in eight European capitals. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2021, vol. 14, p. 1097-1102. <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01002-0>
- CHAO, Ling, et al. Particulate matter and inflammatory skin diseases: from epidemiological and mechanistic studies. *Science of The Total Environment*, 2023, p. 167111. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167111>
- Chávarry, O. (2023). La contaminación del aire en el Perú. Lima: Universidad de Lima.
- CROFT, Daniel P., et al. Associations between source-specific particulate matter and respiratory infections in New York state adults. *Environmental science & technology*, 2019, vol. 54, no 2, p. 975-984. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04295>
- DUARTE, Ana L., et al. Spatiotemporal assessment of particulate matter (PM10 and PM2. 5) and ozone in a Caribbean urban coastal city. *Geoscience Frontiers*, 2022, vol. 13, no 1, p. 101168. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101168>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2023, March 23). Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés). US EPA.
- Fang, L., Liu, W., Yu, H., & Chen, X. (2003). Characterization of PM10 in urban air of Beijing, China. *Atmospheric Environment*, 37(10), 1821-1829. (Fang et al., 2003)
- Fang, L., Zhang, J., & Zhang, X. (2003). Characteristics and source apportionment of particulate matter in urban and rural areas of Shenyang, China. *Atmospheric Environment*, 37(23), 3841-3850.
- FITZ, Dennis R., et al. Real-time PM10 emission rates from paved roads by measurement of concentrations in the vehicle's wake using on-board sensors part 1. SCAMPER method characterization. *Atmospheric environment*, 2020, vol. 230, p. 117483. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117483>
- GENG, Mingming, et al. Assessing the impact of water-sediment factors on water quality to guide river-connected lake water environment improvement. *Science of The Total Environment*, 2024, vol. 912, p. 168866. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168866>

- GONZALEZ RODRIGUEZ, Laureano, et al. A review of sedimentation rates in freshwater reservoirs: recent changes and causative factors. *Aquatic Sciences*, 2023, vol. 85, no 2, p. 60. <https://doi.org/10.1007/s00027-023-00960-0>
- GON RYOU, Hyoung; HEO, Jongbae; KIM, Sun-Young. Source apportionment of PM10 and PM2.5 air pollution, and possible impacts of study characteristics in South Korea. *Environmental pollution*, 2018, vol. 240, p. 963-972. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.066>
- Grandes ciudades con crisis de calidad del aire (2010-2023).
- HASSAN, Ather, et al. Evaluation of adverse effects of particulate matter on human life. *Heliyon*, 2021, vol. 7, no 2. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05968>
- HARRISON, Roy M., et al. Non-exhaust vehicle emissions of particulate matter and VOC from road traffic: A review. *Atmospheric Environment*, 2021, vol. 262, p. 118592. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118592>
- HOPKE, Philip K., et al. Global review of recent source apportionments for airborne particulate matter. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 740, p. 140091. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140091>
- KYUNG, Sun Young; JEONG, Sung Hwan. Particulate-matter related respiratory diseases. *Tuberculosis and respiratory diseases*, 2020, vol. 83, no 2, p. 116. <https://doi.org/10.4046/trd.2019.0025>
- LAKSHMANAN, Sandhiya, et al. Region-wise and state-wise synthesis of vehicular emissions in India and their mitigation due to vehicular emissions standards. *Science of The Total Environment*, 2023, vol. 900, p. 165838. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165838>
- LAVIGNE, Éric, et al. Fine particulate matter concentration and composition and the incidence of childhood asthma. *Environment international*, 2021, vol. 152, p. 106486. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106486>
- Mészáros, E. (1999). *Atmospheric aerosol: Formation, properties, and health effects*. Oxford University Press.
- MERAZ, M., et al. Statistical persistence of air pollutants (O3, SO2, NO2 and PM10) in Mexico City. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2016, vol. 427, p. 202-217. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2015.02.009>

- Ministerio de Educación del Perú (2023). La salud en el Perú. Educación Ambiental. Recuperado de: <https://www.minedu.gob.pe/educacion-ambiental>
- MOURSI, Ahmed Samy, et al. An IoT enabled system for enhanced air quality monitoring and prediction on the edge. *Complex & Intelligent Systems*, 2021, vol. 7, no 6, p. 2923-2947. <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00476-w>
- MUKHERJEE, Arideep; AGRAWAL, Madhoolika. World air particulate matter: sources, distribution and health effects. *Environmental chemistry letters*, 2017, vol. 15, p. 283-309. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0611-9>
- NAN, Nan, et al. Overview of PM2.5 and health outcomes: focusing on components, sources, and pollutant mixture co-exposure. *Chemosphere*, 2023, vol. 323, p. 138181. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138181>
- PIO, Casimiro, et al. Impact of biomass burning and non-exhaust vehicle emissions on PM10 levels in a mid-size non-industrial western Iberian city. *Atmospheric Environment*, 2022, vol. 289, p. 119293. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119293>
- PRYOR, Jack T.; COWLEY, Lachlan O.; SIMONDS, Stephanie E. The physiological effects of air pollution: particulate matter, physiology and disease. *Frontiers in Public Health*, 2022, vol. 10, p. 882569. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.882569>
- PUCP (2023). “El gran emisor contaminante en Lima y en el país en general, es el transporte”. Recuperado de: <https://www.pucp.edu.pe/>
- Políticas de gestión ambiental (1990-2023).
- QADIR, Sikandar Abdul, et al. Navigating the complex realities of electric vehicle adoption: A comprehensive study of government strategies, policies, and incentives. *Energy Strategy Reviews*, 2024, vol. 53, p. 101379. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101379>
- RAMÍREZ, Omar, et al. Chemical composition and source apportionment of PM10 at an urban background site in a high–altitude Latin American megacity (Bogota, Colombia). *Environmental Pollution*, 2018, vol. 233, p. 142-155. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.045>

- SALAS BLAS, Edwin. Diseños preexperimentales en psicología y educación: una revisión conceptual. *Liberabit*, 2013, vol. 19, no 1, p. 133-141. ISSN 1729-4827. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272013000100013
- SANTIBÁÑEZ-ANDRADE, Miguel, et al. Particulate matter (PM10) destabilizes mitotic spindle through downregulation of SETD2 in A549 lung cancer cells. *Chemosphere*, 2022, vol. 295, p. 133900. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133900>
- SCHRAUFNAGEL, Dean E. The health effects of ultrafine particles. *Experimental & molecular medicine*, 2020, vol. 52, no 3, p. 311-317. <https://doi.org/10.1038/s12276-020-0403-3>
- SIRJANI, Elham; MAHMOODABADI, Majid; CERDÀ, Artemi. Sediment transport mechanisms and selective removal of soil particles under unsteady-state conditions in a sheet erosion system. *International Journal of Sediment Research*, 2022, vol. 37, no 2, p. 151-161. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2021.09.006>
- SUMAN, M. Air quality indices: A review of methods to interpret air quality status. *Mater. Today Proc.*, 2020, vol. 34, p. 863-868. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.141>
- TRIPATHI, Abhishek Kumar, et al. Integrated smart dust monitoring and prediction system for surface mine sites using IoT and machine learning techniques. *Scientific Reports*, 2024, vol. 14, no 1, p. 7587. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58021-x>
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (2023, January 19). Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés). <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (2023, enero 19). Efecto del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente. <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>

- VIA, Marta, et al. Towards a better understanding of fine PM sources: Online and offline datasets combination in a single PMF. *Environment international*, 2023, vol. 177, p. 108006. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108006>
- VONGRUANG, Patipat; LAWONGYER, Patsanun; PIMONSREE, Sittichai. Assessing the impact of air pollution on short-term hospital visits for respiratory diseases in Lampang, a city heavily affected by biomass burning in Mainland Southeast Asia: Sex and age considerations. *Atmospheric Pollution Research*, 2024, p. 102159. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2024.102159>
- WANG, Huanqin, et al. Review on recent progress in on-line monitoring technology for atmospheric pollution source emissions in China. *Journal of Environmental Sciences*, 2023, vol. 123, p. 367-386. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.06.043>
- WENG, Zhixiong, et al. Effect of cleaner residential heating policy on air pollution: A case study in Shandong Province, China. *Journal of Environmental Management*, 2022, vol. 311, p. 114847. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114847>
- WOO, Sang-Hee, et al. Comparison of total PM emissions emitted from electric and internal combustion engine vehicles: An experimental analysis. *Science of The Total Environment*, 2022, vol. 842, p. 156961. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156961>
- WONG, Yee Ka, et al. Estimating contributions of vehicular emissions to PM_{2.5} in a roadside environment: A multiple approach study. *Science of the total environment*, 2019, vol. 672, p. 776-788. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.463>
- XU, Junshi, et al. Exploring the triple burden of social disadvantage, mobility poverty, and exposure to traffic-related air pollution. *Science of The Total Environment*, 2024, p. 170947. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170947>
- YAN, Caiqing, et al. Identification of PM_{2.5} sources contributing to both Brown carbon and reactive oxygen species generation in winter in Beijing, China. *Atmospheric Environment*, 2021, vol. 246, p. 118069. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118069>

- YANG, Shubo; JAHANGER, Atif; HOSSAIN, Mohammad Razib. How effective has the low-carbon city pilot policy been as an environmental intervention in curbing pollution? Evidence from Chinese industrial enterprises. *Energy Economics*, 2023, vol. 118, p. 106523. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106523>
- YUAN, Feng, et al. Dynamic characteristics of particulate matter resuspension due to human activities in indoor environments: A comprehensive review. *Journal of Building Engineering*, 2023, vol. 79, p. 107914. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107914>

ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTA DIRIGIDA A LOS PEATONES QUE TRANSITAN POR LOS LUGARES DE ALTA CONGESTIÓN VEHICULAR EN EL DISTRITO DE - USICAYOS

I. CARACTERIZACIÓN DEL INFORMANTE

1. Ciudad dónde vive:

2. Sexo:
Hombre ()
Mujer ()

- 3.Cuál es el último año de enseñanza que usted cursó y aprobó:
Básica incompleta ()
Básica completa ()
Media completa ()
Media incompleta ()
Superior ()

4. ¿Usted trabaja actualmente?
¿SI, En qué?.....
No trabaja

5. A qué organización pertenece:

6. Cargo que ocupa:

II. CONOCIMIENTO DEL PROBLEMA Y LA NORMATIVA ACTUAL RELACIONADA

1. ¿Está informado acerca de si las partículas en suspensión en el aire afectan la salud?
Sí, aunque desconoce cuál es ()
Sí, sin asociarlo a problemas respiratorios ()
Sí, y lo vincula con problemas respiratorios ()

2. ¿Estaba usted al tanto de que hay una normativa que establece el límite máximo permitido de partículas respirables en el aire, y que esta tiene una aplicación a nivel nacional?
Si ()
No ()
Poco. ()

3. ¿Conoce fuentes de emisión?
Si conoce. ()
No conoce. ()

4. ¿Qué fuentes de emisión conoce?
Industrias. ()
Procesadoras de material de construcción. ()
Vehículos. ()
Otras. ()

III. CONOCIMIENTO DEL ROL CIUDADANO

5. ¿Cómo calificaría usted la calidad del aire en su ciudad?
Buena. ()
Regular. ()
Mala. ()

6. ¿Qué medidas ha tomado para reducir la contaminación del medio ambiente?
- | | |
|--|-----|
| Denuncia personal | () |
| Denuncia en grupo | () |
| Protesta pública | () |
| No se efectuó ninguna, debido a la falta de resultados | () |
7. En caso de haber realizado una denuncia de manera individual o colectiva, ¿cómo se informó sobre el proceso a seguir?
- | | |
|---------------------------------------|-----|
| Dentro de la municipalidad | () |
| Dentro de una organización de salud. | () |
| A través del MINAM. | () |
| Por canales de comunicación. | () |
| Gracias a un individuo informado. | () |
| Por medio de un experto especializado | () |
| A través de los líderes locales | () |
| Ya tenía conocimiento previo | () |
| Otra forma | () |
8. ¿Está informado sobre cuál es la entidad encargada de realizar la evaluación y supervisión de los contaminantes?
- | | |
|---------------------------------|-----|
| Desconoce | () |
| Conoce, refiere al MINAM | () |
| Conoce, señala al OEFA | () |
| Conoce, indica la municipalidad | () |
| Otra opción | () |
9. ¿Está al tanto de si la entidad mencionada ejerce la función de supervisar y regular a las compañías por sus emisiones de material particulado?
- | | |
|-----|-----|
| SI. | () |
| NO. | () |

10. ¿Está usted informado sobre los derechos que las normativas le otorgan en relación a la calidad del ambiente?
- Si. ()
- Algo. ()
- No. ()
11. ¿Considera usted que las entidades de salud desempeñan adecuadamente su tarea de mantener un entorno ambiental sano?
- Si ()
- No ()
12. ¿Las entidades encargadas del medio ambiente desempeñan su función de garantizar un entorno saludable?
- Si. ()
- No. ()
13. ¿Cómo evaluaría el nivel de comprensión que poseen usted y los integrantes de su familia u organización acerca de los impactos del material particulado en la contaminación?
- Tengo un conocimiento amplio sobre ellos ()
- Tengo un conocimiento moderado de ellos ()
- Mi conocimiento sobre ellos es bastante limitado. ()
- No tengo conocimiento sobre ellos ()
14. ¿Cómo evaluaría su nivel de conocimiento sobre sus derechos en relación a la contaminación?
- Tengo un conocimiento amplio sobre ellos ()
- Tengo un conocimiento moderado de ellos ()
- Mi conocimiento sobre ellos es bastante limitado. ()
- No tengo conocimiento sobre ellos. ()

15. ¿Está al tanto de que en el proceso de creación de las normativas ambientales se incluye una fase de participación ciudadana, con el objetivo de integrar las opiniones y perspectivas de los habitantes?

Si. ()

No. ()

Feedback Studio - Google Chrome
ev.turmitn.com/app/carta/es/?lang=es&u=1089032488&cs=1&ro=10380=2446723193

feedback studio YESI CALSINA GUERRA Evaluación de la Cantidad de Material Particulado (PM10) en Áreas de Alta Congestión Vehicular en el Distrito de Usicayos, Provincia de Caraba... /100 1 de 21

 **Universidad César Vallejo**
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Evaluación de la Cantidad de Material Particulado (PM10) en Áreas de Alta Congestión Vehicular, Usicayos, Provincia de Carabaya, Puno- 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:
Calsina Guerra, Yesi (orcid.org/0009-0007-9059-148X)
Casani Castro, Hermilio Silvio (orcid.org/0009-0009-9659-3798)

ASESOR:
Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (orcid.org/0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:
Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA - PERÚ
2023

Resumen de coincidencias

14 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés

Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe	3 %
2	Entregado a Universidad...	2 %
3	repositorio.unf.edu.pe	<1 %
4	www.jne.gob.pe	<1 %
5	www.nationalgeograph...	<1 %
6	hdl.handle.net	<1 %
7	www.sapiensman.com	<1 %
8	www.researchgate.net	<1 %
9	repositorio.unal.edu.co	<1 %
10	www.dsaile.gob.ec	<1 %
11	Entregado a Universidad...	<1 %

Página: 1 de 56 Número de palabras: 10538 Versión solo texto del informe Alta resolución Activado

12:42 6/09/2024