

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación de partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de
Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito
de Simón Bolívar, 2023**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Bach: Silvia Candy VILLANUEVA CAJAHUAMAN

Bach: Jose Eduardo SANTIAGO PAUCAR

Asesor:

Mg. Anderson MARCELO MANRIQUE

Cerro de Pasco – Perú - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación de partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de
Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito
de Simón Bolívar, 2023**

Sustentada y Aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS
MIEMBRO

Mg. Rosario Marcela VASQUEZ GARCIA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 303-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Evaluación de partículas PM-10 y PM-2.5 en la
población de Paragsha como influencia de la empresa
minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar, 2023**

Apellidos y nombres de los tesistas

Bach. Silvia Candy, VILLANUEVA CAJAHUAMAN

Bach. Jose Eduardo, SANTIAGO PAUCAR

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. Anderson MARCELO MANRIQUE

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

7 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 11 de julio del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
SIDRO Ruben Edgar FAU
20154850348 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11.07.2025 16:20:36 -05:00

DEDICATORIA

A Dios, por darnos vida y permitirnos cumplir nuestra meta.

A nuestra familia, por su apoyo constante y su confianza que nos mantuvieron para alcanzar nuestro objetivo trazado como profesionales. Este logro también es de ustedes porque nunca dejaron de creer en nosotros.

AGRADECIMIENTO

A mi querido padre **Teodoro Villanueva**,
por brindarme su amor incondicional y
enseñarme la importancia de la
perseverancia y la dedicación para
alcanzar mis metas. Tu apoyo constante,
tus consejos y tu fe en mí han sido la
fuerza que me sostuvo en los momentos
más difíciles.

A mi amada madre **Delia Cajahuaman**,
que partió al cielo, pero cuya
concentración sigue viva en cada paso
que doy. Gracias por tu amor
incondicional, tus enseñanzas y tu fuerza,
que hoy son mi guía. Seguirás siendo mi
mayor inspiración para triunfar en la vida.

A mis hermanos: **Alex, Frey y Rusbel**
quienes siempre confiaron en mí, y me
motivaron a luchar por mis sueños.

A mi Madre **Mary Paucar Lopez** y mi
Hermano **Jhordy Aldair Santiago
Paucar**, por el apoyo y compartirme las
enseñanzas de la vida, y estar conmigo
sobre todas las cosas. Por Ustedes fue mi
mayor esfuerzo en mi vida universitaria y
actualmente en mi vida diaria.

A nuestros docentes universitarios que,
con su conocimiento y vocación, han
contribuido significativamente a nuestra
formación como profesionales.

RESUMEN

En el Centro Poblado de Paragsha del Distrito de Simón Bolívar se desconocía la calidad de aire y mucho más se desconocía si las partículas PM-10 y PM-2.5 se encuentra dentro o fuera de los estándares de calidad de aire en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, por lo que es de importancia conocer a fin de evaluar si la población de Paragsha está siendo afectado con las actividades de la empresa minera Cerro SAC.

El objetivo de la presente investigación es determinar la concentración de las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar, 2023.

Concluida la investigación se determinó que las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar en el año 2023 se encuentran dentro de los Estándares de Calidad para el Aire. De igual manera en base a la Resolución Ministerial N° 112 -2015-MINAM, Aprueban los índices de calidad de aire (ICA) donde en el primer artículo menciona lo siguiente la zona en estudio para la calidad del aire es aceptable y cumple con los Estándares de Calidad Ambiental, se puede realizar actividades al aire libre, como se indicó podrían estar dentro del ECA permitido, pero esta cantidad de partículas están presentes y con la caída de las precipitaciones y peso de las mismas partículas podrían acumularse en el suelo y de allí podría estar afectando a la salud de los pobladores del Centro Poblado de Paragsha.

Palabras claves: Centro Poblado de Paragsha, partículas PM-10 y PM-2.5, estándares de calidad para el aire y índices de calidad de aire.

ABSTRACT

In the Paragsha Population Center of the Simón Bolívar district, the air quality was unknown and much more unknown if the PM-10 and PM-2.5 particles are within or outside the air quality standards in the population of Paragsha as influence of the mining company Cerro SAC, so it is important to know in order to evaluate whether the population of Paragsha is being affected by the activities of the mining company Cerro SAC.

The objective of this investigation is to determine the presence of PM-10 and PM-2.5 particles in the population of Paragsha as an influence of the Cerro SAC mining company, Simón Bolívar district, 2023.

Once the investigation was completed, it was determined that the PM-10 and PM-2.5 particles in the population of Paragsha as an influence of the mining company Cerro SAC, district of Simón Bolívar in the year 2023 are within the quality standards for the air. Likewise, based on Ministerial Resolution No. 112 -2015-MINAM, they approve the air quality indices (AQI) where the first article mentions the following: the area under study for air quality is acceptable and complies with the Environmental Quality Standards, outdoor activities can be carried out, as indicated, they could be within the permitted ECA, but this amount of particles are present and with the fall in precipitation and the weight of the same particles could accumulate in the soil and There it could be affecting the health of the residents of the Paragsha Population Center..

Keywords: Paragsha Town Center, PM-10 and PM-2.5 particles, air quality standards and air quality indices.

INTRODUCCIÓN

La investigación es justificable ya que a la fecha se desconocía con veracidad la concentración de las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC. Para la evaluación se recurrió a fuentes de monitoreo de calidad ambiental, para ello se obtuvo información que brinda la Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental y otras instituciones, con lo cual evaluamos la calidad de aire en esta zona de Pasco.

La investigación es importante ya que con ello se determinó si hay impactos en la calidad de aire en la población de Paragsha y conducentes a tomar medidas de prevención ambiental.

La población de Paragsha y la empresa minera Cerro SAC quedan ubicados ambos en el distrito de Simón Bolívar, ubicado al Noreste de la capital de la provincia de Pasco que es el distrito de Chaupimarca, en esta zona la empresa minera tiene sus componentes como el Tajo Abierto Raúl Rojas y los botaderos de mineral de baja ley.

De acuerdo con Chávez (2007), una investigación se considera descriptiva cuando se enfoca en recopilar información sobre el estado actual de personas, objetos, situaciones o fenómenos, tal como se presentan en el momento de la observación. En este sentido, la presente investigación se enmarca dentro del enfoque descriptivo, ya que se identificaron los niveles de concentración de partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha, como resultado de la influencia de la empresa minera Cerro SAC, ubicada en el distrito de Simón Bolívar.

Los autores

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE MAPAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE IMÁGENES	
ÍNDICE DE GRAFICOS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación	3
1.3.	Formulación del problema.....	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos	3
1.4.1.	Objetivo general	3
1.4.2.	Objetivos específicos	3
1.5.	Justificación de la investigación	4
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	5
2.2.	Bases teóricas - científicas	9
2.3.	Definición de términos básicos	13
2.4.	Formulación de hipótesis	14
2.4.1.	Hipótesis general.....	14
2.4.2.	Hipótesis específicos.....	14
2.5.	Identificación de las variables	14
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	15

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	16
3.2.	Nivel de la investigación.....	16
3.3.	Métodos de investigación.....	17
3.4.	Diseño de la investigación	17
3.5.	Población y muestra	17
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	18
3.8.	Tratamiento estadístico	18
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	18

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	19
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	25
4.3.	Prueba de hipótesis.....	38
4.4.	Discusión de resultados	39

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE MAPAS

	Página.
Mapa 1. Ubicación del poblado de Paragsha.....	20

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Estándar de calidad de aire (ECA-Aire)	11
Tabla 2. Índice de calidad del aire para PM-10	11
Tabla 3. Índice de calidad del aire para PM-2.5	12
Tabla 4. Clasificación del estado de la calidad del aire	12
Tabla 5. Definición operacional de variables e indicadores	15
Tabla 6. Estación de monitoreo en el Centro Poblado de Paragsha	25
Tabla 7. Estación de monitoreo en el Centro Poblado de Paragsha	26
Tabla 8. Resultado de Concentraciones de PM10	31
Tabla 9. Resultado de Concentraciones de PM2.5	35

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Página.
Imagen 1. Vista de la población de Paragsha influenciado con los componentes de la empresa Cerro SAC	23
Imagen 2. Vista del botadero de la empresa Cerro SAC influenciado con la población de Paragsha.....	23
Imagen 3. Vista del Tajo Raúl Rojas de la empresa Cerro SAC influenciado con la población de Paragsha.....	24
Imagen 4. Vista de la ubicación de la estación de monitoreo - CA-SB-01	25
Imagen 5. Vista de la ubicación de la estación de monitoreo E-201	26

ÍNDICE DE GRAFICOS

	Página.
Gráfico 1. Resultados de Concentraciones de PM10	34
Gráfico 2. Resultados de Concentraciones de PM2.5	35
Gráfico 3. Resultados de Concentraciones de plomo en concentraciones de PM- 10.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Dirección y velocidad del viento en el Centro Poblado de Pargsha-2023.....	27
Figura 2. Dirección y velocidad del viento en el Centro Poblado de Pargsha-2023- Diurno (7h-11h)	28
Figura 3. Dirección y velocidad del viento en el Centro Poblado de Pargsha-2023- Vespertino (12h-18h).....	29
Figura 4. Dirección y velocidad del viento en el Centro Poblado de Pargsha-2023- Nocturno (19h-23h, 0h-6h).....	30
Figura 5. Imagen de los Resultado de calidad de aire en la zona de Paragsha – Julio del 2023	36

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La contaminación del aire constituye una problemática ambiental de escala mundial y un riesgo relevante para la salud humana, causando la muerte de millones de personas cada año, siendo las tasas más elevadas de mortalidad por esta causa registradas en países de ingresos bajos y medianos (OMPI, 2019).

La minería a cielo abierto es una actividad industrial que genera fuertes impactos ambientales, visuales, humanos y culturales, ya que consiste en la extracción de recursos no renovables ubicados bajo la superficie terrestre y cuyo nivel de afectación varía según el tipo de mineral extraído, provocando contaminación del aire al liberar grandes volúmenes de material particulado fino o “polvillo” tóxico compuesto por químicos pesados que pueden ser absorbidos por personas y animales (GEO INNOVA, 2016).

A nivel mundial, la calidad del aire continúa empeorando debido al incremento de las emisiones, lo que representa una amenaza para la salud humana y contribuye al cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la

contaminación y la generación de desechos, siendo que, según la Organización Mundial de la Salud, el 99% de la población respira aire contaminado y la exposición a esta contaminación causa aproximadamente 7 millones de muertes prematuras cada año, destacando entre los principales contaminantes el material particulado PM 2.5, cuyas diminutas partículas con un diámetro igual o menor a 2.5 micrómetros representan un grave riesgo para la salud al ingresar al cuerpo a través de la respiración y alcanzar el torrente sanguíneo, lo cual está vinculado con enfermedades como accidentes cerebrovasculares, afecciones cardíacas, problemas pulmonares y cáncer (ONU, 2024).

Los contaminantes más relacionados con los impactos en la salud humana y en el medio ambiente incluyen el material particulado PM-10 y PM-2.5, el ozono troposférico, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, siendo que a mayor concentración de estos elementos en el aire, más alto será el Índice de Calidad del Aire (ICA), una escala que va de 0 a 500 donde valores de 50 o menos indican condiciones seguras y cifras superiores a 100 se consideran perjudiciales para la salud, y según datos de la iniciativa IQAir en colaboración con el PNUMA, únicamente 38 de los 117 países y regiones evaluados alcanzaron en 2021 un promedio del ICA dentro de los rangos saludables (ONU, 2024).

De lo mencionado anteriormente en el centro poblado de Paragsha también se desconoce la calidad de aire, y mucho más se desconoce cómo se encuentran las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, por lo que es de importancia conocer a fin de evaluar si la población de Paragsha está siendo afectado con las actividades de la empresa minera Cerro SAC.

1.2. Delimitación de la investigación

El estudio se llevó a cabo en la zona alineada entre los botaderos de la empresa minera Cerro SAC y la comunidad de Paragsha, área en la que se observa un mayor impacto en la calidad del aire y, como consecuencia, en la salud de los habitantes del centro poblado de Paragsha.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la concentración de las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar, 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera las partículas PM-10 cumple con los estándares de calidad de aire en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar, 2023?
- ¿De qué manera las partículas PM-2.5 cumple con los estándares de calidad de aire en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar, 2023?
- ¿Cuál es la dirección del viento en la población de Paragsha?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la concentración de las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar, 2023

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el cumplimiento de los estándares de calidad de aire para las partículas PM-10 en la población de Paragsha como

influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar, 2023.

- Determinar el cumplimiento de los estándares de calidad para las partículas PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar, 2023.
- Identificar la dirección del viento en la población de Paragsha.

1.5. Justificación de la investigación

Justificación teórica

La investigación es justificable ya que a la fecha no se conocía con veracidad de la concentración de las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC.

Justificación Metodológica

Para la evaluación se recurrió a fuentes de monitoreo de calidad ambiental, para ello se obtuvo información que brinda la OEFA, SENAMHI y otras instituciones, con lo cual se evaluó la calidad de aire en esta zona de Pasco.

Justificación Ambiental

La investigación es de importancia ya que con ello se determinó si se tiene impacto en la calidad de aire en la población de Paragsha y para tomar medidas de prevención ambiental.

Justificación Social

La población del centro poblado de Paragsha se mantendrá informado para la toma de decisiones.

1.6. Limitaciones de la investigación

En la investigación hubo limitación de obtener información de la empresa Cerro SAC de sus fuentes de generación de partículas de PM-10 y PM-2.5.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Antecedentes Internacional

Según Rojano (2015), en su estudio sobre la concentración y relación de PST, PM-10 y PM-2.5 en comunidades cercanas a la minería a cielo abierto en el caso de la mina El Cerrejón en Colombia, se recogieron muestras de partículas suspendidas totales, PM-10 y PM-2.5 entre enero y junio de 2012 mediante muestreadores de alto volumen para PST y PM-10 y de bajo volumen para PM-2.5 con mediciones de 24 horas cada seis días, encontrándose que las concentraciones oscilaron entre 18,20 y 198,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PST, entre 11,96 y 100,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM-10, y entre 3,37 y 54,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM-2.5, siendo que los valores más altos se registraron en estaciones ubicadas en dirección del viento respecto a los tajos, observándose además relaciones PM10/PST entre 0,12 y 0,93 y PM2.5/PM10 entre 0,33 y 0,51, así como una correlación lineal significativa entre PST y PM10, mientras que no se halló correlación significativa entre PM-10 y PM-2.5, lo cual sugiere que las partículas suspendidas totales pueden ser predictoras de PM-10 en esta zona minera, pero las PM-10 no permiten estimar con certeza los niveles de PM-2.5,

reflejando también una notable variabilidad en las concentraciones según la ubicación de las estaciones respecto a los tajos de explotación.

Según Núñez (2018), en su estudio sobre la evaluación del impacto del material particulado en suspensión vinculado a la operación minera mediante la implementación de una red de monitoreo ambiental, se resalta que el control de dicho material es crucial en toda actividad minera debido a sus efectos adversos sobre la salud de los trabajadores, el entorno ambiental, las comunidades aledañas y la eficiencia operativa, siendo fundamental el seguimiento de tres tamaños de partículas – MP-1, PM-2.5 y PM-10 – cuyas dimensiones máximas se miden en micrómetros y representan un riesgo significativo por su capacidad de llegar a los alvéolos pulmonares y provocar enfermedades respiratorias como la silicosis, para lo cual en Minera Escondida se instaló una red de monitoreo capaz de registrar estos tamaños junto con variables como temperatura y humedad relativa, cuyos datos fueron analizados mediante herramientas de Aprendizaje Automático como Amazon Machine Learning, que permitió detectar tendencias, simular escenarios y observar un incremento considerable de partículas durante el turno nocturno debido a la inversión térmica que enfría rápidamente la superficie del rajo y el aire adyacente, atrapando una capa de aire caliente entre dos frías y evitando la dispersión del polvo, lo que expone a los trabajadores nocturnos a niveles de contaminación hasta diez veces mayores que en el turno diurno y afecta negativamente la operación minera al reducir la visibilidad, disminuir los viajes de transporte de material y provocar una caída en la producción diaria de al menos un 15%.

Roberto et al. (2013) titulada “Niveles de Partículas Suspendidas Totales (PST), PM-10 y PM-2.5 y su Relación en Lugares Públicos de la Ciudad Riohacha, Caribe Colombiano”, se llevó a cabo la medición de concentraciones de PST, PM10 y PM2.5 en la zona urbana de Riohacha

utilizando muestreadores de alto volumen para PST y PM-10 y un muestreador Partisol de bajo volumen para PM-2.5, instalados en seis estaciones de monitoreo, obteniéndose como resultado que los valores promedio de PM-10 estuvieron entre 19,47 y 43,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, las PST entre 27,38 y 86,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y las PM-2.5 con un promedio de 14,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, observándose además que la relación PM-10/PST osciló entre 0,50 y 0,68 con una fuerte correlación entre PST y PM-10 ($R = 0,795$), mientras que no se encontró una relación significativa entre PM-10 y PM-2.5 ($R = 0,035$), indicando que si bien las concentraciones de PST pueden ser indicativas de los niveles de PM-10 en el área urbana, no sucede lo mismo con las concentraciones de PM-2.5, siendo estas conclusiones coherentes con resultados reportados en otras zonas urbanas de Colombia.

Antecedente a nivel nacional

Según Licla (2021), en su estudio sobre la evaluación de la calidad del aire en el Proyecto de Explotación Cantera Camucha ubicado en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, región de Junín, se aplicó el método gravimétrico del Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de Aire (SINIA, 2019) para medir las concentraciones de material particulado PM-10 y PM-2.5 tanto a barlovento como a sotavento del área de explotación, encontrándose que los niveles registrados se mantuvieron dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, lo que indica que la calidad del aire no representa un riesgo ni para la salud de los trabajadores ni para el medio ambiente.

Hermitaño (2018), en su estudio titulado “Evaluación del material particulado y su relación con las enfermedades respiratorias en el proceso de chancado y molienda en la compañía minera Casapalca S.A, provincia de Huarochirí, Lima 2017”, desarrolló una investigación descriptiva correlacional enmarcada en la línea de salud pública, ocupacional y ambiente que tuvo

como objetivo analizar la relación entre el material particulado (PM-10 y PM-2.5) y las enfermedades respiratorias en 143 trabajadores del proceso de chancado y molienda, realizando muestreos trimestrales de partículas a 150 metros de la planta procesadora y evaluando a los trabajadores con análisis estadístico mediante SPSS v.23.0 y prueba de correlación de Pearson, encontrando que las concentraciones de material particulado no superaron los estándares de calidad de aire y que el mayor porcentaje de incidencia de enfermedades respiratorias correspondió al personal de planta con un 67,8%, concluyendo que existe una relación estadísticamente significativa entre la exposición al material particulado y la aparición de enfermedades respiratorias en estos trabajadores.

Mosqueira (2019), en su tesis sobre la evaluación de partículas PM-10 y PM-2.5 durante la construcción de la carretera Chota – Cochabamba (Cajamarca), desarrollada entre abril y diciembre de 2012 y de abril a octubre de 2013 en cinco puntos de monitoreo (Chancadora Doñana, Plaza de Armas de Lajas, Chancadora Ajipampa, Cantera El Molino y Plaza de Armas de Cochabamba), utilizó el equipo HANDHELD 3016AQ para medir las concentraciones de material particulado generado por actividades como el movimiento de tierra, transporte de vehículos, maquinaria pesada y chancado de agregados, complementando los datos con información meteorológica del SENAMHI – Chota para evaluar el impacto de factores como temperatura, viento y precipitación, encontrando que aunque las concentraciones de PM-10 y PM-2.5 no superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en los puntos monitoreados, los niveles de PM-2.5 en la Plaza de Armas de Lajas, Chancadora Ajipampa, Cantera El Molino y Plaza de Cochabamba superaron el 50% de los ECA, destacándose en diciembre de 2012 concentraciones de PM-10 de 74,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Chancadora Ajipampa y 74,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Cantera El Molino, por encima del 50% del estándar, concluyendo que pese a no exceder

los límites permitidos, dichas concentraciones podrían implicar riesgos para la salud pública y el medio ambiente.

Antecedentes a nivel local

Robles (2019), en su estudio sobre la contaminación del aire por material particulado y su relación con enfermedades respiratorias en Cerro de Pasco entre 2010 y 2016, señala que desde el siglo XVII, cuando se descubrieron yacimientos mineros de plomo, cobre, zinc y plata en la zona, la población cercana comenzó a sufrir principalmente enfermedades respiratorias agudas, y con el objetivo de determinar la relación entre el material particulado menor a 10 micras generado por la actividad minera y las infecciones respiratorias agudas en los habitantes, se analizaron datos de cuatro estaciones de monitoreo, registros de 10,029 atenciones hospitalarias para menores de 5 años y adultos mayores de 50, y factores climáticos secos, encontrando correlaciones significativas con coeficientes de 0,36 ($p=0,0415$) para 2010 y 0,60 ($p=0,00$) para 2016 con un nivel de confianza del 95%, concluyendo que existe una relación significativa entre el material particulado generado por la minería y las enfermedades infecto respiratorias agudas en la población estudiada.

2.2. Bases teóricas - científicas

Calidad de aire

La calidad del aire trata de la composición del aire y de la idoneidad del éste para determinadas aplicaciones (Infoaire, 2021).

¿Qué factores determinan la calidad del aire?

El aire que respiramos está compuesto por una mezcla muy compleja que incluye cerca de mil compuestos diferentes y sus elementos principales son nitrógeno, oxígeno e hidrógeno, siendo estos tres esenciales para la existencia de la vida en la Tierra (Infoaire, 2021).

La calidad del aire depende de su composición, siendo la presencia o ausencia y concentración de diversas sustancias los factores principales que la determinan, por lo que se expresa a través de la concentración o intensidad de contaminantes, la cantidad de microorganismos y la apariencia física del aire, donde contaminantes como el dióxido de azufre y las partículas de polvo y suciedad son indicadores importantes, y la apariencia física puede evaluarse, por ejemplo, mediante la medición de la turbidez del aire (Infoaire, 2021).

Material Particulado

La quema de combustibles como carbón, gas, petróleo, madera en motores, hornos, estufas, calderos e incineradores libera partículas a la atmósfera, además estas también se generan en actividades como la construcción, fundiciones y la producción de cemento y cal, y debido a su composición pueden causar efectos perjudiciales para la salud como problemas respiratorios especialmente en personas asmáticas y con afecciones cardiovasculares, daños en el tejido pulmonar, mortalidad prematura e incluso cáncer; las partículas se clasifican según su diámetro en material particulado menor o igual a 10 micrómetros (PM-10) y material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros (PM2.5) (MINAM, 2015).

Estándar de calidad de aire

Mediante el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y en el primer artículo se especifica lo siguiente.

En el Artículo 1 se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, los cuales forman parte integral del presente Decreto Supremo como Anexo.

Tabla 1. Estándar de calidad de aire (ECA-Aire)

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m³]	Criterios de evaluación	Método de análisis ⁽¹⁾
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2.5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) ⁽²⁾	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	3000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	1000	Media aritmética móvil	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

NE: No Exceder.

⁽¹⁾ o método equivalente aprobado.

⁽²⁾ El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

Fuente: MINAM-2017

Índice de calidad de aire

Mediante el Resolución Ministerial N° 112 -2015-MINAM, Aprueban los índices de calidad de aire (ICA) donde en el primer artículo menciona lo siguiente.

El Artículo 1 dispone la publicación de la propuesta de Resolución Ministerial que establece el "Índice de Calidad del Aire - INCA", el cual forma parte integral de la presente resolución como Anexo.

Tabla 2. Índice de calidad del aire para PM-10

Material particulado (PM10) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m³)	Ecuación
0 – 50	0-75	$I (PM10) = [PM10] * 100/150$
51 – 100	76-150	
101 – 167	151-250	
>167	>250	

Fuente: Resolución ministerial 112-2015-MINAM

Tabla 3. Índice de calidad del aire para PM-2.5

Material particulado (PM2.5) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación
0 – 50	0 -12.5	$I(\text{PM2.5}) = [\text{PM2.5}] * 100/25$
51 – 100	12.6-25	
101 – 500	25.1-125	
>500	>125	

Fuente: Resolución ministerial 112-2015-MINAM

Tabla 4. Clasificación del estado de la calidad del aire

	Estado de la calidad del aire	Riesgo	Recomendaciones
	BUENA	La calidad del aire se considera satisfactoria y no representa ningún riesgo.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA para el aire. Puede realizar actividades al aire libre.
	MODERADA	Las personas de los grupos sensibles (niños, tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas) podrían experimentar algunos síntomas respiratorios adversos.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para los grupos vulnerables.
	MALA	Las personas de los grupos sensibles podrían experimentar daños a la salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.
	UMBRAL DE CUIDADO	Toda la población puede verse afectada en la salud.	Implementar estados de alerta.

Fuente: Resolución ministerial 112-2015-MINAM

Centro Poblado de Paragsha

El centro poblado de Paragsha antes comunidad y luego barrio de Paragsha, nace en los albores de la década de los 40 cuando los trabajadores mineros de La Cerro de Pasco Corporación asentados en este lugar empiezan a construir sus viviendas en las periferias de las minas Paragsha como centro poblado fue creado el 3 de diciembre de 1982 al amparo de la Ley Orgánica de Municipalidades (Ley 23853), y con Decreto Municipal 028-82-ACPP cuando era el alcalde provincial de esos Víctor Arias Vicuña. Después de una ardua

lucha con el distrito de Simón Bolívar, ya que este se oponía a la creación del Centro Poblado e inclusive nuestras nuevas autoridades elegidas en una reunión popular, encabezado por nuestro flamante primer alcalde Julián Ramírez Rivera (Luna, 2005).

Empresa Minera Cerro SAC

La empresa es denominada Empresa Administradora Cerro S.A.C produce minerales de Cobre (Cu), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Zinc (Zn), en la zona de estudio cercano tiene acumulado desmontes mineros, tránsito de vehículos pesados y livianos, tajo abierto y planta concentradora.

2.3. Definición de términos básicos

Ambiente:

Conjunto de todas las condiciones externas que afectan la vida, el crecimiento y la supervivencia de un organismo (Infoaire, 2021).

Contaminante:

Sustancia o forma de energía que se encuentra en un medio al que no corresponde o que está en una concentración superior a la natural en un entorno no contaminado (Infoaire, 2021).

Dispersión de los contaminantes:

Proceso mediante el cual un contaminante se desplaza hacia lugares alejados de su fuente original (Infoaire, 2021).

Estándar de calidad del aire:

La concentración máxima autorizada de una sustancia con posible toxicidad en un elemento del ambiente durante un periodo específico (Infoaire, 2021).

Exposición:

Relación entre un agente tóxico y un sistema biológico que representa la cantidad específica de agente químico o físico que alcanza al receptor (Infoaire, 2021).

Partícula:

Pequeña masa definida de materia sólida o líquida conocida como polvo, que consiste en partículas sólidas diminutas con un diámetro menor a 75 μm que se depositan por su propio peso aunque pueden permanecer suspendidas en el aire por un tiempo (Infoaire, 2021).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Las concentraciones de las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar no supera los Estándares de Calidad Ambiental del Aire.

2.4.2. Hipótesis específicos

- El cumplimiento de los estándares de calidad de aire para las partículas PM-10 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar no supera los Estándares de Calidad Ambiental del Aire.
- El cumplimiento de los estándares de calidad para las partículas PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar no supera los Estándares de Calidad Ambiental del Aire
- La dirección del viento en la población de Paragsha, distrito de Simón Bolívar es hacia el noreste de la población de Paragsha.

2.5. Identificación de las variables

Variable independiente

Concentración de las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha

Variable dependiente

Influencia de la empresa minera Cerro SAC.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 5. Definición operacional de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES E INDICADORES	INDICADORES
Variable Independiente Concentración de las partículas PM10 y PM-2.5 en la población de Paragsha	Material Particulado Debido a su composición, estas partículas causan efectos dañinos en la salud, provocando problemas respiratorios especialmente en personas asmáticas y con enfermedades cardiovasculares, además pueden dañar el tejido pulmonar, causar mortalidad prematura y en algunos casos cáncer, y según su tamaño se clasifican en material particulado con diámetro igual o menor a 10 micrómetros (PM-10) y material particulado con diámetro igual o menor a 2.5 micrómetros (PM2.5) (MINAM, 2015).	Dimensiones Independiente: ▪ Determinación de PM-10. ▪ Determinación de PM-2.5. ▪ Calidad de aire en centro poblado de Paragsha.	▪ Concentración de las partículas PM-10 y PM-2.5 ▪ Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire
Variable Dependiente Influencia de la empresa minera Cerro SAC	Empresa Minera Cerro SAC La Empresa Administradora Cerro S.A.C. se dedica a la extracción de minerales como cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), en el área de estudio cuenta con acumulación de desmontes mineros, circulación de vehículos pesados y ligeros, además de contar con un tajo abierto y una planta concentradora.	Dimensiones Dependiente: ▪ Determinación de fuentes de generación de material particulado.	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Según Chávez (2007), la investigación descriptiva se enfoca en recopilar información relacionada con el estado real de personas, objetos, situaciones o fenómenos tal como se presentan en el momento de la recolección, por lo que nuestra investigación es descriptiva al determinar la concentración de partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como resultado de la influencia de la empresa minera Cerro SAC en el distrito de Simón Bolívar

3.2. Nivel de la investigación

Según Carrasco (2016) el nivel de investigación social explicativa se refiere a la explicación de los factores que provocaron un problema social, la investigación está basada a este tipo de nivel de investigación ya que se explica de los factores de la evaluación de partículas PM-10 y PM-2.5 siendo un problema social en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC.

3.3. Métodos de investigación

Actividades de gabinete

- a. Identificación de certificación ambiental de la empresa Cerro SAC.
- b. Antecedentes de estudios de calidad de aire en el centro poblado de Paragsha.

Actividades de campo

Identificación de puntos de monitoreo de calidad de aire

- a. Evaluación en campo del impacto de calidad de aire teniendo como influencia la empresa minera Cerro SAC.

3.4. Diseño de la investigación

Según Chávez (2007), el diseño no experimental estudia objetos, situaciones, instituciones o individuos en su contexto sin manipular deliberadamente las condiciones ni las variables y consiste en observar los fenómenos tal como ocurren en su entorno natural para luego analizarlos, por lo tanto, nuestra investigación es no experimental ya que no se manipularon variables, solo se determinó la concentración de partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar.

3.5. Población y muestra

Población

El área de evaluación fue el Centro Poblado de Paragsha que tiene un área de 0.20 Km².

Muestra

La muestra está comprendida por la estación de monitoreo en el Centro Poblado de Paragsha, esta estación está en constante monitoreo por OEFA, estas estaciones de monitoreo están ubicados en la Calle Tacna al contorno de botaderos de Cerro SAC y Sector Paragsha - Colegio San Andrés - Yanahuanca.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Recopilación de información

Se utilizará el Portal Interactivo de Fiscalización Ambiental (PIFA) para la recolección de información.

Instrumentos

- Formatos de recolección de información
- GPS
- Aparato Fotográfico.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Generación de tablas
- Generación de gráficos estadísticos.

3.8. Tratamiento estadístico

Para el tratamiento estadístico se usó el programa Excel.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La investigación se realizó cumpliendo con las directivas y reglamentos dadas por grados y títulos de la facultad de ingeniería de la UNDAC.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

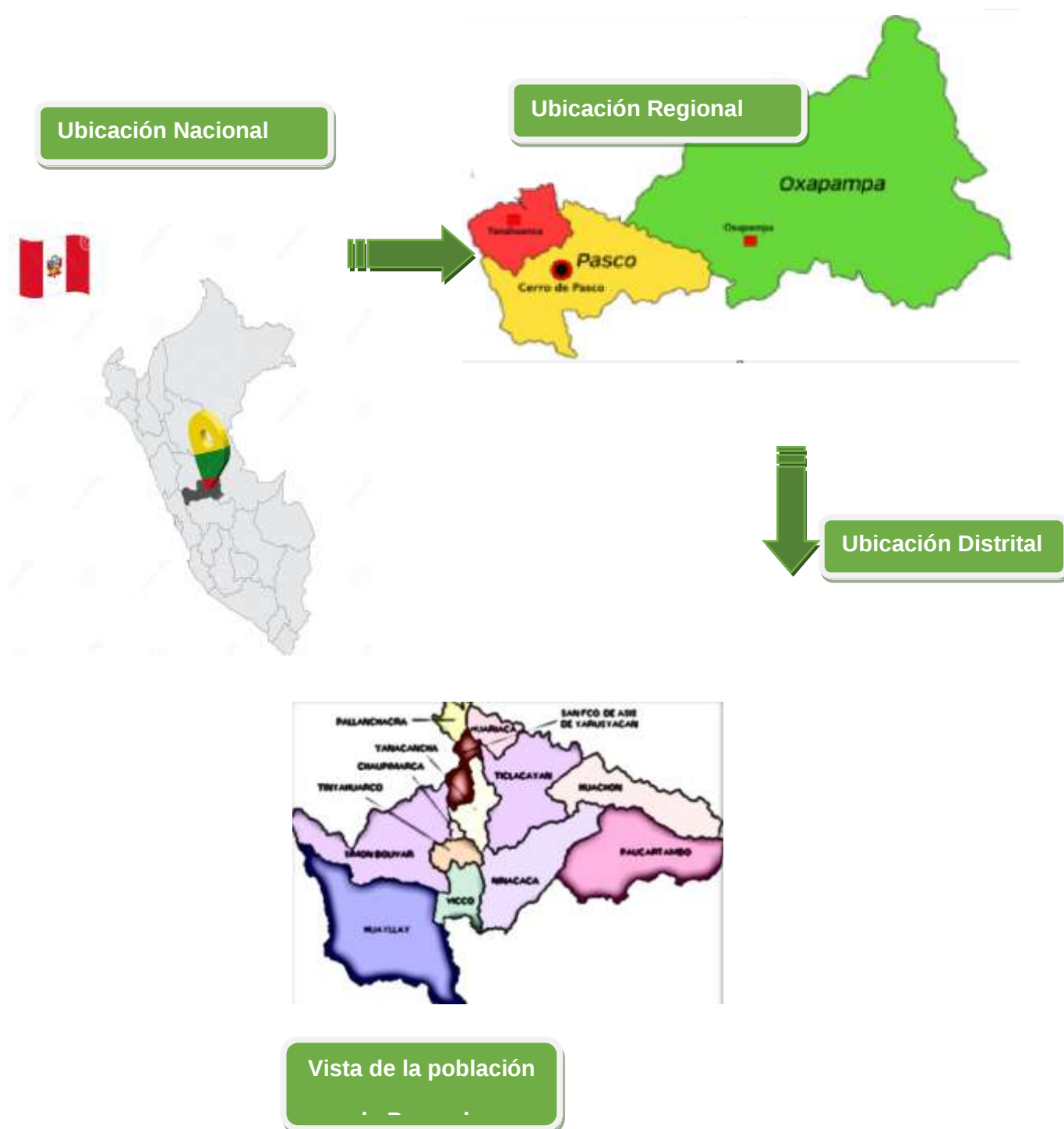
Ubicación de la zona a investigar

La población de Paragsha y la empresa minera Cerro SAC quedan ubicados ambos en el distrito de Simón Bolívar, ubicado al Noreste de la capital de la provincia de Pasco que es el distrito de Chaupimarca, en esta zona la empresa minera tiene sus componentes como el Tajo Abierto Raúl Rojas y los botaderos de mineral de baja ley.

Accesibilidad

Para llegar al lugar de la investigación desde la capital de la república la ciudad de Lima, se cuenta con carretera asfaltada de un solo carril en una distancia de 315 Km, llegando desde los distrito de Ate Vitarte, Chosica, San Mateo pertenecientes a la región de Lima, asimismo por Ticlio, La Oroya y Carhuamayo perteneciente a la región de Junín, y últimamente por los poblados de Villa de Pasco, Colquijirca, Cerro de Pasco y llegando al poblado de Paragsha todas estas últimas perteneciente a la región de Pasco.

Mapa 1. Ubicación del poblado de Paragsha





Fuente: Elaboración propia

Población de Paragsha

El Centro Poblado de Paragsha, tuvo sus inicios en la década de los 40, cuando los trabajadores mineros del Cerro de Pasco Corporación, establecidos en la zona, empezaron a construir sus hogares en las cercanías de las minas (Luna, 2008).

Oficialmente constituido el 3 de diciembre de 1982 bajo la Ley Orgánica de Municipalidades (Ley 23853) y el Decreto Municipal 028-82-ACPP durante el mandato del alcalde provincial Víctor Arias Vicuña, Paragsha. Con el tiempo, el centro poblado ha experimentado un notable crecimiento, impulsado tanto por el esfuerzo comunitario como por el apoyo de los gobiernos distritales, provinciales y regionales teniendo infraestructuras como el mercado y la municipalidad de Paragsha (Luna, 2008).

Ubicación del Centro Poblado de Paragsha: Se encuentra en el distrito de Simón Bolívar, dentro del núcleo urbano de la ciudad de Pasco, hacia el oeste.

Extensión: Ocupa un área total de 131,675.59 m² (Luna, 2008).

Límites:

- **Al Norte:** Limita con el Pueblo Joven José Carlos Mariátegui y el asentamiento humano 27 de noviembre.

- **Al Sur:** Colinda con Stock piles Volcan y la Comunidad de Rancas.
- **Al Este:** Limita con el tajo abierto Raúl Rojas y el Distrito de Chaupimarca.
- **Al Oeste:** Limita con el Pueblo Joven José Carlos Mariátegui.

División territorial: Nuestro Centro Poblado de Paragsha está estructurado por calles y dos avenidas principales:

- Avenida 28 de julio
- Avenida Tacna
- Calle Ayacucho
- Calle Tarma
- Calle Grau
- Calle Arica
- Calle Huancavelica
- Avenida El Minero
- Campamento San Andrés

Población: Paragsha alberga aproximadamente el 25% de la población total del distrito, con cerca de 4000 habitantes, esta según el INEI del último censo del 2017.

En la siguiente imagen se muestra la población y al frente influenciado por los componentes de la empresa Cerro SAC.

Imagen 1. Vista de la población de Paragsha influenciado con los componentes de la empresa Cerro SAC



Fuente: Elaboración Propia

Componentes mineros de la empresa minera Cerro SAC

Los componentes de la empresa Cerro SAC está conformada por:

- Mina subterránea
- Tajo abierto Raúl Rojas
- Plantas concentradoras en Paragsha y San Expedito
- Depósito de relaves en Ocroyoc
- Depósitos de desmonte en Rumiallana, Hanancocha y Miraflores
- Línea de conducción de relaves desde la Planta Paragsha hasta la Relavera Ocroyoc
- Área industrial Cerro de Pasco-Paragsha
- Planta de neutralización
- Stock Piles de Piritas
- Campamentos y otros componentes relacionados con las operaciones.

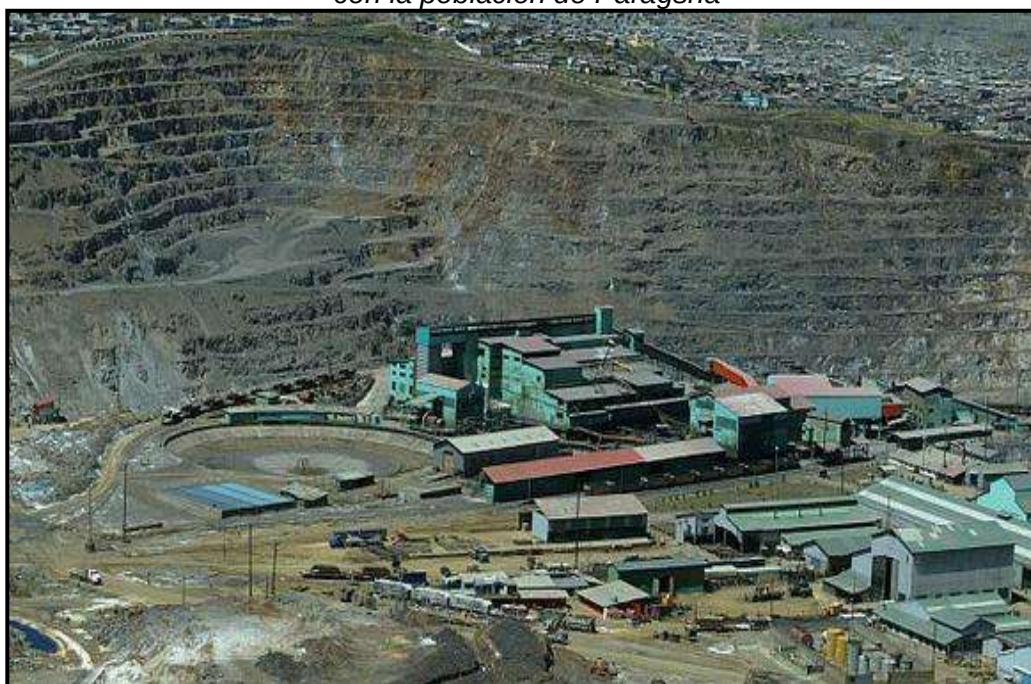
Todos estos componentes generan material particulado de PM-10 y PM-2.5 lo cual podrían estar afectando en la calidad de aire e influye en la calidad de la de vida de la población de Paragsha.

Imagen 2. Vista del botadero de la empresa Cerro SAC influenciado con la población de Paragsha



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 3. Vista del Tajo Raúl Rojas de la empresa Cerro SAC influenciado con la población de Paragsha



Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA-2023

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Estación de monitoreo

Para el monitoreo de calidad de aire específicamente los parámetros PM-10, se tomó como fuente de la estación del organismo de evaluación y fiscalización ambiental (OEFA) ubicado en la calle Tacna del Centro Poblado de Paragsha tal como se detalla a continuación en la tabla:

Tabla 6. Estación de monitoreo en el Centro Poblado de Paragsha

Estación	Descripción			Coordenadas UTM WGS-1982 ZONA 18 L	
				Norte	Este
CA-SB-01	Calle Tacna al	contorno de botaderos de Cerro SAC.		8819608	3619608

Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA-2023

Para más detalle de la ubicación de la estación de monitoreo se visualiza en la siguiente imagen:

Imagen 4. Vista de la ubicación de la estación de monitoreo - CA-SB-01



Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA-2023

Para el monitoreo de calidad de aire específicamente los parámetros PM-2.5, se tomó de la fuente IQair. ubicado Sector Paragsha.- Colegio San Andrés - Yanahuanca tal como se detalla a continuación en la tabla:

Tabla 7. Estación de monitoreo en el Centro Poblado de Paragsha

Estación	Descripción	Coordenadas UTM WGS-1982 ZONA 18 L	
		Norte	Este
E-201	Sector Paragsha.- Colegio San Andrés - Yanahuanca.	8819989.96	361307.84

Fuente: IQair y Cerro SAC

Imagen 5. Vista de la ubicación de la estación de monitoreo E-201



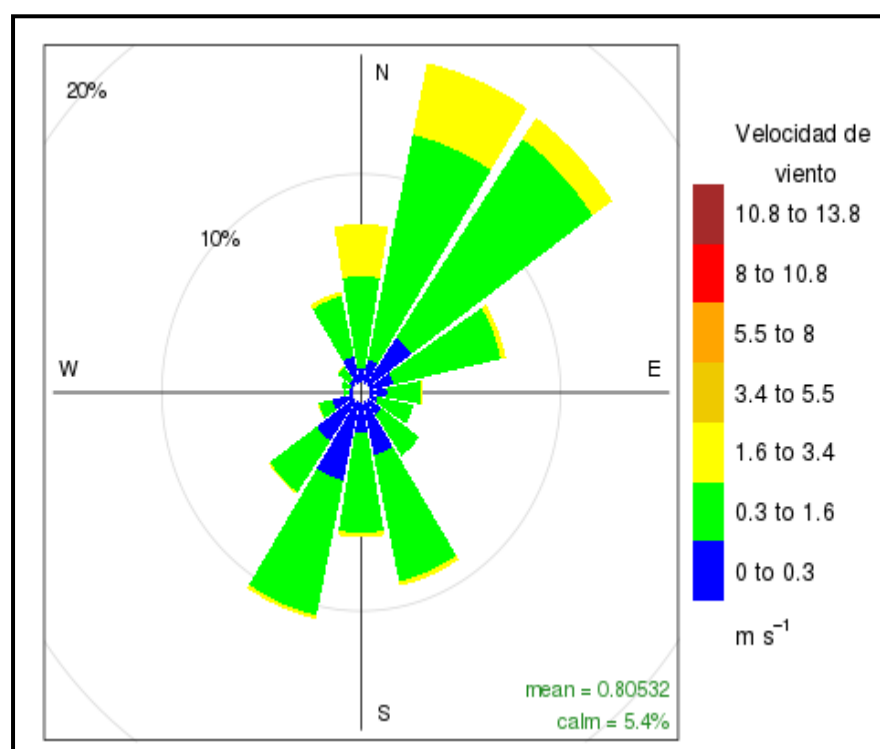
Fuente: Empresa Minera CERRO SAC.

Dirección del viento

En base a la fuente de la estación del organismo de evaluación y fiscalización ambiental (OEFA) y específicamente el portal interactivo de fiscalización ambiental (PIFA), se tiene los siguientes resultados y interpretación:

Dirección del viento en el año 2023 durante todo el día

Figura 1. Dirección y velocidad del viento en el Centro Poblado de Pargsha-2023



Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA-2023

La figura muestra la distribución porcentual de la dirección y velocidad del viento según la escala de Beaufort, representados en un diagrama polar. La rosa indica la procedencia y dispersión de los contaminantes.

Escala de Beaufort:

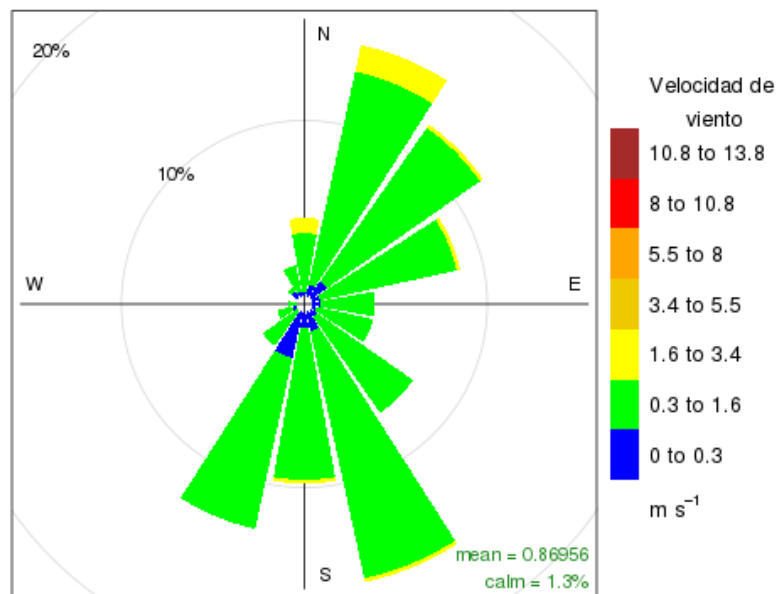
- [0 a 0.3> (azul): Calma.
- [0.3 a 1.6> (verde): Ventolina.
- [1.6 a 3.4> (amarillo): Brisa ligera.

- [3.4 a 5.5> (oro): Brisa suave.
- [5.5 a 8.0> (anaranjado): Brisa moderada.
- [8.0 a 10.8> (rojo): Brisa fresca.
- [10.8 a 13.8> (marrón): Brisa fuerte.

Por lo tanto, en base a los resultados se evidencia durante al año 2023 la predominancia del viento es al Noreste, seguido de Sureste teniendo vientos con velocidades de 0.1 m/s a 3.4 m/s por lo que se tiene vientos con calma hasta brisa ligera.

Dirección del viento en el año 2023 - Diurno (7h-11h)

Figura 2. Dirección y velocidad del viento en el Centro Poblado de Pargsha-2023- Diurno (7h-11h)



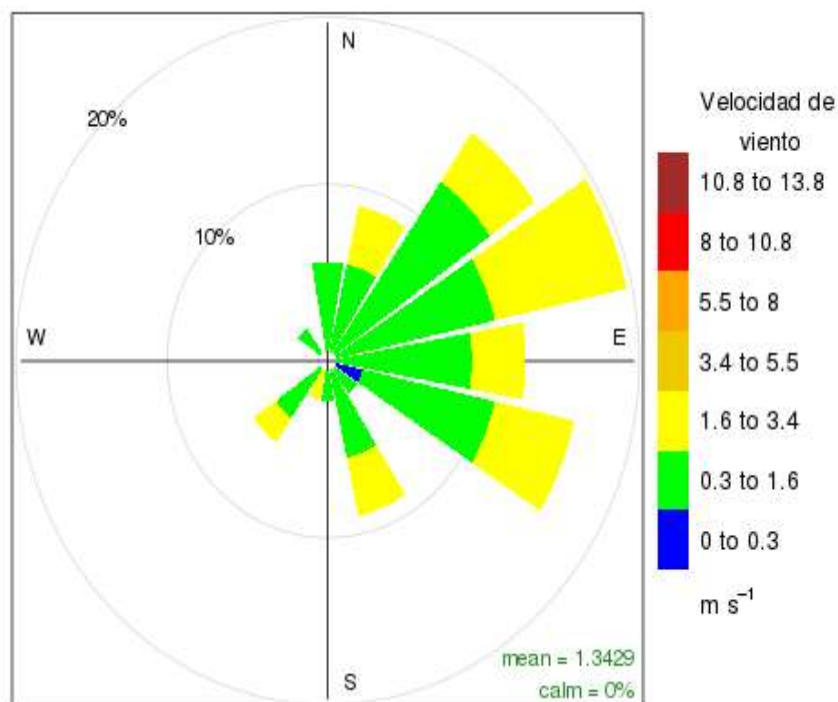
Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA-2023

La figura muestra la distribución porcentual de la dirección y velocidad del viento según la escala de Beaufort, los resultados se evidencian durante al año 2023 en horas de la mañana desde 7 horas hasta las 11 horas la predominancia del viento es al Sureste, seguido al Noreste teniendo vientos

con velocidades de 0.1 m/s a 3.4 m/s por lo que se tiene vientos con calma hasta brisa ligera.

Dirección del viento en el año 2023 – Vespertino (12h-18h)

Figura 3. Dirección y velocidad del viento en el Centro Poblado de Pargsha-2023- Vespertino (12h-18h)

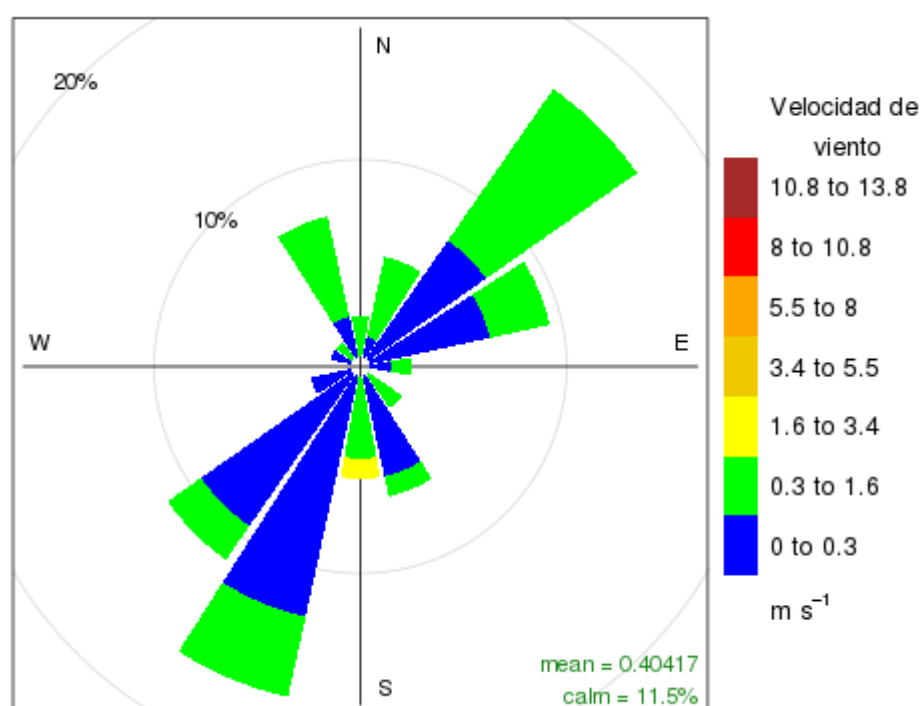


Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA-2023

La figura muestra la distribución porcentual de la dirección y velocidad del viento según la escala de Beaufort, los resultados se evidencian durante al año 2023 en horas desde las 12 horas hasta 18 horas el viento predomina hacia el Noreste seguido hacia el Sureste, teniendo vientos con velocidades de 0.1 m/s a 3.4 m/s por lo que se tiene vientos con calma hasta brisa ligera. Pero se puede observar también que lo viendo son mayormente de 3.4 m/s.

Dirección del viento en el año 2023 – Nocturno (19h-23h, 0h-6h)

Figura 4. Dirección y velocidad del viento en el Centro Poblado de Pargsha-2023- Nocturno (19h-23h, 0h-6h)



Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA-2023

La figura muestra la distribución porcentual de la dirección y velocidad del viento según la escala de Beaufort, los resultados se evidencian durante al año 2023 en horas desde las 19 horas hasta las 6 horas el viento predomina hacia el Suroeste seguido hacia el Noreste, teniendo vientos con velocidades de 0.1 m/s a 3.4 m/s por lo que se tiene vientos con calma hasta brisa ligera.

Resultados de calidad de aire

Resultados de calidad de partículas PM-10

Los resultados mostrados a continuación corresponden a los resultados de concentración de PM-10 de los 12 meses del año 2023.

Tabla 8. Resultado de Concentraciones de PM10

MES	Fecha Inicio	Fecha Final	Tiempo o periodo de muestreo en minutos (t)	Flujo de muestreo, en m ³ /min (Qa)	Volumen de muestreo en m ³ (Va)*	ΔPeso (μg)**	Concentración de partículas (μg/m ³)
ENERO	21/01/2023 18:00	22/01/2023 17:00	1380	1.122	1547.71	17000	11.0
	22/01/2023 17:25	23/01/2023 16:25	1380	1.118	1542.43	10000	6.5
	23/01/2023 16:45	24/01/2023 15:45	1380	1.122	1547.83	19000	12.3
	24/01/2023 16:30	25/01/2023 15:30	1380	1.124	1551.68	17000	11.0
	25/01/2023 16:10	26/01/2023 15:10	1380	1.125	1552.42	14000	9.0
FEBRERO	14/02/2023 14:45	15/02/2023 13:45	1380	1.119	1544.68	34000	22.0
	15/02/2023 14:00	16/02/2023 13:00	1380	1.124	1551.52	32000	20.6
	16/02/2023 18:00	17/02/2023 17:00	1380	1.123	1549.97	36000	23.2
	17/02/2023 17:20	18/02/2023 16:20	1380	1.123	1549.65	28000	18.1
	18/02/2023 16:40	19/02/2023 15:40	1380	1.124	1550.60	31000	20.0
MARZO	7/03/2023 13:00	8/03/2023 12:00	1380	1.122	1547.74	14000	9.0
	8/03/2023 16:30	9/03/2023 15:30	1380	1.125	1551.99	11000	7.1
	9/03/2023 15:40	10/03/2023 14:40	1380	1.122	1548.33	10000	6.5
	10/03/2023 15:40	11/03/2023 14:40	1380	1.121	1547.39	9000	5.8
	11/03/2023 16:10	12/03/2023 15:10	1380	1.123	1550.34	11000	7.1
	21/04/2023 15:20	22/04/2023 14:20	1380	1.130	1559.85	28000	18.0

ABRIL	22/04/2023 15:00	23/04/2023 14:00	1380	1.133	1563.6 4	22000	14.1
	23/04/2023 15:30	24/04/2023 14:30	1380	1.130	1559.7 8	31000	19.9
	24/04/2023 14:50	25/04/2023 13:50	1380	1.129	1558.4 7	28000	18.0
	25/04/2023 16:00	26/04/2023 15:00	1380	1.128	1556.7 9	27000	17.3
MAYO	26/05/2023 15:15	27/05/2023 14:15	1380	1.131	1561.1 2	17000	10.9
	27/05/2023 14:50	28/05/2023 13:50	1380	1.308	1805.1 1	15000	8.3
	28/05/2023 16:00	29/05/2023 15:00	1380	1.131	1560.3 7	24000	15.4
	29/05/2023 16:20	30/05/2023 15:20	1380	1.130	1560.0 8	18000	11.5
	30/05/2023 17:00	31/05/2023 16:00	1380	1.130	1559.9 9	23000	14.7
JUNIO	22/06/2023 10:00	23/06/2023 09:00	1380	1.129	1558.2 4	40000	25.7
	23/06/2023 09:25	24/06/2023 08:25	1380	1.133	1563.4 9	56000	35.8
	24/06/2023 08:40	25/06/2023 07:40	1380	1.245	1717.9 6	57000	33.2
	22/06/2023 10:00	23/06/2023 09:00	1380	1.129	1558.2 4	40000	25.7
JULIO	17/07/2023 14:00	18/07/2023 13:00	1380	1,133	1563,2 6	46000	29,4
	18/07/2023 13:20	19/07/2023 12:20	1380	1,221	1684,8 8	38000	22,6
	19/07/2023 12:40	20/07/2023 11:40	1380	1,132	1562,3 6	25000	16,0
	20/07/2023 13:10	21/07/2023 12:10	1380	1,130	1558,9 9	28000	18,0
	21/07/2023 13:20	22/07/2023 12:20	1380	1,131	1561,4 2	32000	20,5
	17/07/2023 14:00	18/07/2023 13:00	1380	1,133	1563,2 6	46000	29,4
AGOSTO	24/08/2023 08:45	25/08/2023 07:45	1380	1.103	1522.2 1	72000	47.3
	25/08/2023 08:10	26/08/2023 07:10	1380	1.108	1528.7 6	65000	42.5
	26/08/2023	27/08/2023	1380	1.107	1527.1	46000	30.1

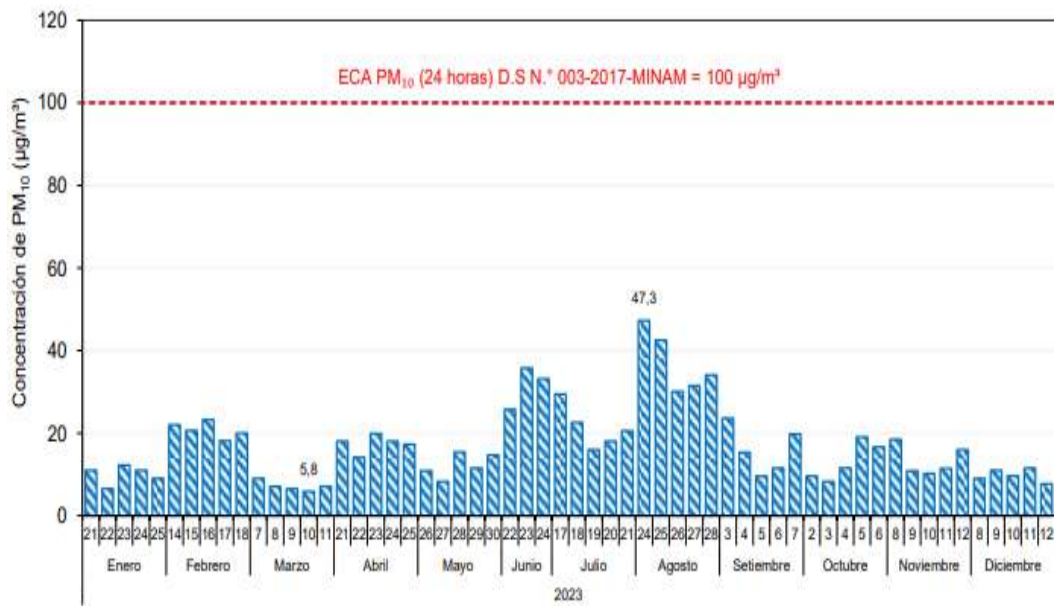
	12:00	11:00			1		
	27/08/2023 11:10	28/08/2023 10:10	1380	1.106	1525.7 3	48000	31.5
	28/08/2023 10:20	29/08/2023 09:20	1380	1.105	1524.9 0	52000	34.1
	24/08/2023 08:45	25/08/2023 07:45	1380	1.103	1522.2 1	72000	47.3
SETIEMBRE	3/09/2023 13:35	4/09/2023 12:35	1380	1,135	1566,6 5	37000	23,6
	4/09/2023 13:10	5/09/2023 12:10	1380	1,133	1564,0 1	24000	15,3
	5/09/2023 12:15	6/09/2023 11:15	1380	1,134	1565,1 1	15000	9,6
	6/09/2023 11:50	7/09/2023 10:50	1380	1,133	1563,4 8	18000	11,5
	7/09/2023 11:10	8/09/2023 10:10	1380	1,135	1565,7 0	31000	19,8
	3/09/2023 13:35	4/09/2023 12:35	1380	1,135	1566,6 5	37000	23,6
OCTUBRE	1/10/2023 11:25	2/10/2023 10:25	1380	1.138	1570.4 5	15000	9.6
	2/10/2023 10:35	3/10/2023 09:35	1380	1.139	1571.6 6	13000	8.3
	3/10/2023 09:40	4/10/2023 08:40	1380	1.137	1568.4 6	18000	11.5
	4/10/2023 08:50	5/10/2023 07:50	1380	1.141	1575.0 8	30000	19.0
	5/10/2023 08:40	6/10/2023 07:40	1380	1.136	1567.3 7	26000	16.6
	1/10/2023 11:25	2/10/2023 10:25	1380	1.138	1570.4 5	15000	9.6
NOVIEMBRE	8/11/2023 09:25	9/11/2023 08:25	1380	1.137	1569.3 0	29000	18.5
	9/11/2023 08:35	10/11/2023 07:35	1380	1.136	1568.3 5	17000	10.8
	10/11/2023 08:35	11/11/2023 07:35	1380	1.138	1570.1 8	16000	10.2
	11/11/2023 08:50	12/11/2023 07:50	1380	1.140	1573.8 0	18000	11.4
	12/11/2023 09:25	13/11/2023 08:25	1380	1.135	1566.5 6	25000	16.0
	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	11
	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	10

DICIEMB RE	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	12
	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	8
	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	9

*ND= No se tiene datos

Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA-2023

Gráfico 1. Resultados de Concentraciones de PM10



Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA-2023

Interpretación de resultados:

Como se detalla en la tabla 7 y gráfico 1 las concentraciones diarias de PM-10 durante el año 2023, revelando variaciones entre 5.8 µg/m³, registrado el 10 de marzo, y 47.3 µg/m³, observado el 24 de agosto. Ninguna de estas mediciones superó el estándar de calidad ambiental (ECA) para el aire, establecido en 100 µg/m³. Pero teniendo en cuenta los estándares de calidad de aire (ECA-Aire) la media aritmética anual es de 50 µg/m³, en base a ello el resultado aritmético en la tabla 7 es de 14 µg/m³.

Resultados de calidad de partículas PM-2.5

Los resultados mostrados a continuación corresponden a los resultados de concentración de PM-2.5 del año 2023.

Tabla 9. Resultado de Concentraciones de PM2.5

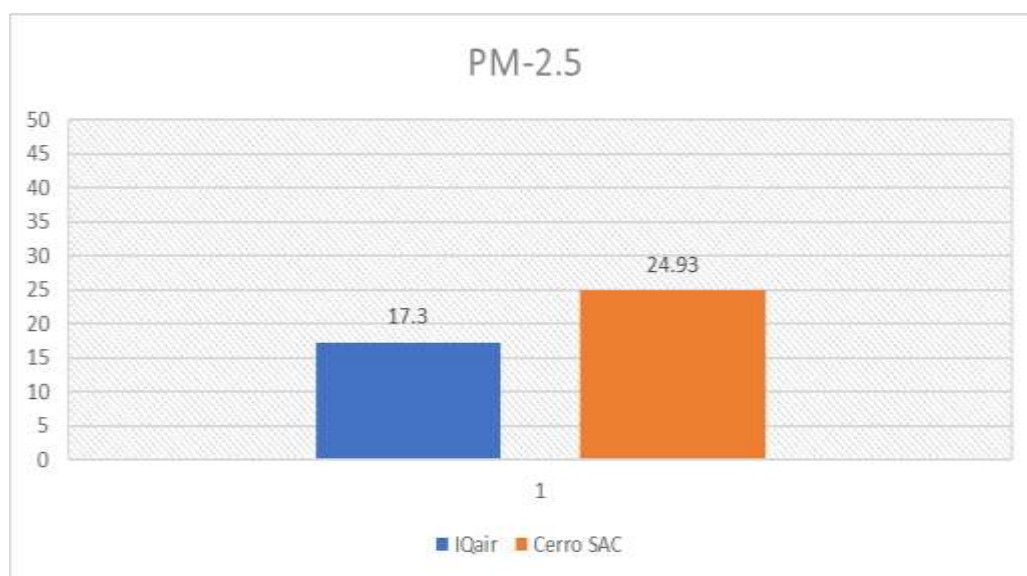
Estación	Descripción	Resultados de calidad de aire 2.5	
		IQair*	Cerro SAC**
E-201	Sector Paragsha.- Colegio San Andrés - Yanahuanca.	17.3 ug/m ³	24.93 ug/m ³

*IQair: Calidad del aire en el mundo
(<https://www.iqair.com/es/peru/pasco/cerro-de-pasco>) – mes de Julio del 2023.

** Cerro SAC año - 2015

Fuente: IQair y Cerro SAC

Gráfico 2. Resultados de Concentraciones de PM2.5



Fuente: IQair y Cerro SAC

Figura 5. Imagen de los Resultado de calidad de aire en la zona de Paragsha – Julio del 2023



Fuente: IQAir

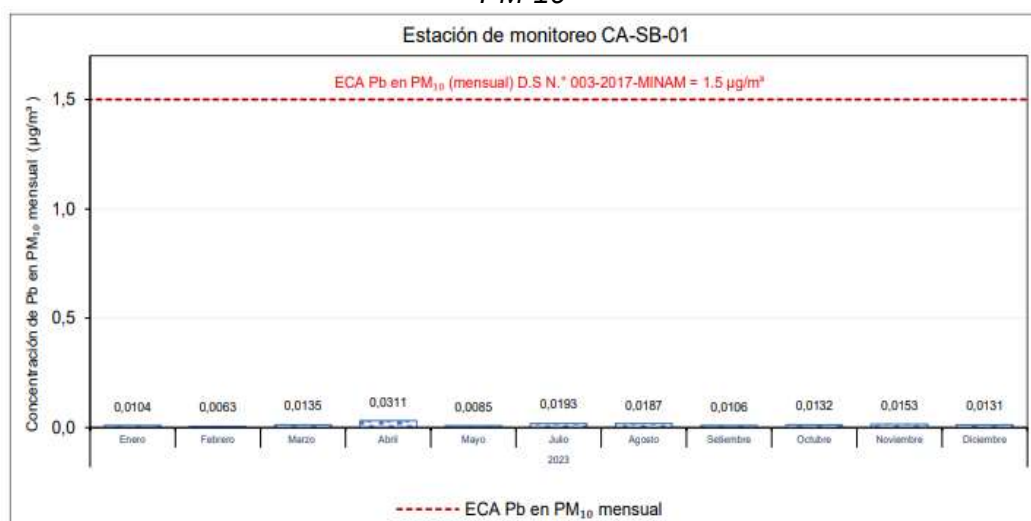
Interpretación de resultados:

Como se detalla en la tabla 9 y gráfico 2 las concentraciones de PM-2.5 durante el año 2023, de acuerdo a los resultados de la fuente IQair (Calidad del aire en el mundo) los resultados en el mes de Julio del 2023 determinan que se tubo $17.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con respecto a los resultados de la Empresa Minera Cerro SAC indica que el resultado $24.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ninguna de estas mediciones superó el estándar de calidad ambiental (ECA) para el aire, establecido en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pero teniendo en cuenta los estándares de calidad de aire (ECA-Aire) la media aritmética anual es de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en base a este último el resultado de la empresa Cerro SAC indicaría si es aritmético estaríamos en riesgo de impacto de lo permitido teniendo el resultado con $24.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Por otro lado, los problemas ambientales desde el funcionamiento de la empresa Cerro SAC con influencia en la población con problemas de plomo en sangre es por ello que presentamos los siguientes resultados a continuación

de la concentración de plomo en las partículas de PM-10, teniendo los siguientes resultados por fuentes del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) del año 2023.

Gráfico 3. Resultados de Concentraciones de plomo en concentraciones de PM-10



Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA-2023

Interpretación de resultados:

En el gráfico 3 se presentan las concentraciones mensuales de Plomo (Pb) en PM-10, de enero a diciembre de 2023 calculada a partir de las concentraciones de 24 horas a condiciones ambientales, con un valor máximo de 0,0311 µg/m³, los cuales no excedieron el valor de los ECA para aire de 1,5 µg/m³.

En la población de Paragsha como se indicó anteriormente los problemas ambientales desde el funcionamiento de la empresa Cerro SAC con influencia en la población con problemas de plomo en sangre, presentamos los resultados de metales presentes en el suelo esto realizado en el 2022 por Sourse Internacional, donde podemos observar específicamente los resultados se tiene el siguiente párrafo:

“El suelo recreativo del parque infantil en Paragsha en la calle Huancavelica presenta 3 veces más arsénico, 4 veces más cobre y 2 veces

más plomo que el patio de la escuela de Carhuamayo. Además, los niveles de arsénico y plomo en el parque de Paragsha superan del 90% y del 114% los niveles ECA establecidos para suelo en jardines, lo que representa un incumplimiento severo de la normativa al representar serios riesgos para el ecosistema y la salud humana”.

Estos resultados demuestran que los metales presentes en el suelo son acumulativos, por lo que la concentración de los resultados presentes de PM-10 y PM-2.5 vistas anteriormente son acumulativos en el suelo y de allí está generando efectos a los pobladores de Paragsha.

La concentración de las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar no supera los Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

4.3. Prueba de hipótesis

Nuestra hipótesis inicial de nuestra investigación fue:

“La concentración de las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar no supera los Estándares de Calidad Ambiental para Aire”.

Concluida la investigación se pudo determinar que la concentración de las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar no supera los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, pero también se determinó la cantidad no supera los ECA pero éstas podrían sedimentar en el suelo y son acumulativas, esta acumulación podrían estar afectando al suelo y casas donde se ubica la población y ser un medio de contacto y afectación a la población.

Por otro lado, en el tema de la dirección del viento, en base a los resultados se evidencia durante al año 2023 la predominancia del viento es al

Noreste, seguido de Sureste teniendo vientos con velocidades de 0.1 m/s a 3.4 m/s por lo que se tiene vientos con calma hasta brisa ligera.

4.4. Discusión de resultados

- Es de importancia la evaluación de la calidad de aire en la población de Paragsha esto se debe a que en la actualidad tenemos problemas de concentración de plomo en la sangre que pasan los límites permitidos en los pobladores susceptibles como niños y ancianos principalmente.
- Para determinar si la población está siendo afectada es importante conocer la dirección de viento en base a ello los resultados evidencia durante al año 2023 la predominancia del viento es al Noreste, seguido de Sureste teniendo vientos con velocidades de 0.1 m/s a 3.4 m/s por lo se tiene vientos con calma hasta brisa ligera, pero como se puede ver en los resultados se tiene vientos en algunas oportunidades hacia el sureste que estos podrían afectar llevando partículas de PM_{10} o $PM_{2.5}$ a la población y sus viviendas en Paragsha.
- En los resultados monitoreados y evaluados de las concentraciones diarias de PM_{10} durante el año 2023 realizado por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), revelan variaciones entre $5.8 \mu g/m^3$, registrado el 10 de marzo, y $47.3 \mu g/m^3$, observado el 24 de agosto. Ninguna de estas mediciones superó el estándar de calidad ambiental (ECA) para el aire, establecido en $100 \mu g/m^3$. Pero teniendo en cuenta los estándares de calidad de aire (ECA-Aire) la media aritmética anual es de $50 \mu g/m^3$, en base a ello el resultado aritmético en la tabla 7 es de $14 \mu g/m^3$, como se indicó podrían estar dentro del ECA permitido, pero como se menciona es esta cantidad de partículas están presentes y con la ayuda de las lluvias y peso de la misma partícula podría acumulándose en el suelo.

- En los resultados monitoreados y evaluados de las concentraciones diarias de PM-2.5 durante el año 2023 realizado por el organismo mundial denominado IQair y Cerro SAC, de acuerdo a los resultados de la fuente IQ air (Calidad del aire en el mundo) los resultados en el mes de Julio del 2023 determina que se tubo $17.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con respecto a los resultados de la Empresa Minera Cerro SAC indica que el resultado $24.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ninguna de estas mediciones superó el estándar de calidad ambiental (ECA) para el aire, establecido en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pero teniendo en cuenta los estándares de calidad de aire (ECA-Aire) la media aritmética anual es de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en base a este último el resultado de la empresa Cerro SAC indicaría si es aritmético estaríamos en riesgo de impacto de lo permitido teniendo el resultado con $24.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De igual forma como se indicó podrían estar dentro del ECA permitido, pero como se menciona es esta cantidad de partículas están presentes y con precipitaciones y peso de la misma partícula podría acumulándose en el suelo.

CONCLUSIONES

- Finalizado la investigación concluimos que las partículas PM-10 y PM-2.5 en la población de Paragsha como influencia de la empresa minera Cerro SAC, distrito de Simón Bolívar en el año 2023 se encuentran dentro de los estándares de calidad para el aire.
- En base a la Resolución Ministerial N° 112 -2015-MINAM, Aprueban los Índices de Calidad de Aire (ICA) donde en el primer artículo menciona lo siguiente la zona en estudio para la calidad del aire es aceptable y cumple con los Estándares de Calidad Ambiental, se puede realizar actividades al aire libre.
- La dirección de viento predomina hacia el Noreste, seguido de Sureste teniendo vientos con velocidades de 0.1 m/s a 3.4 m/s por lo que se tiene vientos con calma hasta brisa ligera, pero como se puede ver en los resultados se tiene vientos en algunas direcciones al Sureste oportunidades que estos podrían afectar llevando partículas de PM-10 o PM-2.5 a la población y sus viviendas en Paragsha.
- En los resultados monitoreados y evaluados de las concentraciones diarias de PM-10 durante el año 2023 realizado por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), revela variaciones entre 5.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrado el 10 de marzo, y 47.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, observado el 24 de agosto. Ninguna de estas mediciones superó el estándar de calidad ambiental (ECA) para el aire, establecido en 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pero teniendo en cuenta los estándares de calidad de aire (ECA-Aire) la media aritmética anual es de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en base a ello el resultado aritmético en la tabla 7 es de 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como se indicó podrían estar dentro del ECA permitido, pero como se menciona es esta cantidad de partículas están presentes y con la ayuda de las lluvias y peso de la misma partícula podría acumulándose en el suelo.

- En los resultados monitoreados y evaluados de las concentraciones diarias de PM-2.5 durante el año 2023 realizado por el organismo mundial denominado IQair y Cerro SAC, de acuerdo a los resultados de la fuente IQ air (Calidad del aire en el mundo) los resultados en el mes de Julio del 2023 determina que se tubo 17.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con respecto a los resultados de la Empresa Minera Cerro SAC indica que el resultado 24.93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ninguna de estas mediciones superó el estándar de calidad ambiental (ECA) para el aire, establecido en 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pero teniendo en cuenta los estándares de calidad de aire (ECA-Aire) la media aritmética anual es de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en base a este último el resultado de la empresa Cerro SAC indicaría si es aritmético estaríamos en riesgo de impacto de lo permitido teniendo el resultado con 24.93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De igual forma como se indicó podrían estar dentro del ECA permitido, pero como se mencionó en esta cantidad de partículas están presentes y con las precipitaciones y peso de la misma partícula podría acumulándose en el suelo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las autoridades de Salud y al Ministerio del Ambiente los estándares de calidad ambiental para el aire se deben bajar lo estandarizado ya que se evidencia que cumple con los estándares de calidad ambiental para el aire, se tiene efectos más susceptibles en la población de Paragsha en el distrito de Simón Bolívar.
2. La empresa minera Cerro SAC debe realizar trabajos de riego en sus componentes mineros a fin de reducir mucho más su concentración de material particulado de lo ya detectado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrasco (2016) Niveles de Investigación científica de donde se puede extraer de la siguiente página web: <https://www.aacademica.org/cporfirio/17.pdf>
- INEI. (2017). *Calidad de aire*. Perú.
- Instituto de calidad ambiental. (2023). *Estandar de calidad ambiental*. Perú.
- GEO INNOVA. (2016). *Minería a cielo abierto y sus impactos en el medio ambiente*.
- Hermitaño Alexander. (2018). *Evaluación del material particulado y su relación con las enfermedades respiratorias en el proceso de chancado y molienda en la compañía minera Casapalca S.A, provincia de Huarochiri, Lima 2017*. Huanuco-Perú: Universidad de Huanuco.
- Infoaire. (2021). *Calidad de aire*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.
- Luna Maycol. (2005). *Creacion Del Centro Poblado de Paragsha*. Pasco.
- Licla Luis. (2021). *Evaluación de la Calidad de Aire en el Proyecto de Explotación Cantera Camucha, distrito de Morococha, provincia de Yauli, Junín*. Junin-Perú: Rev. Inst. investig. Fac. minas metal. cienc. geogr de la Universidad Nacional San Marcos.
- Chávez (2007). Metodología de la Investigación de donde se puede extraer de la siguiente página web: <https://virtual.urbe.edu/tesispub/0101511/cap03.pdf>.
- MITECO. (2022). *Evaluación de la calidad del aire* . España: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Mosqueira Hugo (2019) en su investigación “*Evaluación de las partículas PM₁₀ y PM_{2.5} en la construcción de la carretera Chota - Cochabamba (Cajamarca)*”.
- MINAM . (2015). *Material particulado*. Perú: Resolución Ministerial N° 112 -2015-MINAM.
- Núñez Rodrigo. (2018). *Evaluación del efecto de material particulado en suspensión orientando a la operación mina a partir de la implementación de una red de monitoreo ambiental en minería* . Chile: Universidad de Chile .

OEFA. (2013). Que es el OEFA. Perú.

OMPI. (2019). Combatir la contaminación del aire causada por la minería. España:
Organismo Muldial de la Propiedad Intelectual.

ONU. (2024). ¿Cómo se mide la calidad del aire? ONU Programa para el emdio
ambiente.

OPS. (2018). Calidad del aire. Estados Unidos.

Roberto, Rojano., Angulo, Luis y Restrepo Gloria (2013) “Niveles de Partículas
Suspendidas Totales (PST), PM10 y PM2.5 y su Relación en Lugares Públicos
de la Ciudad Riohacha, Caribe Colombiano”

Robles Eder. (2019). La contaminación del aire por el material particulado y su
relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de
Pasco (2010 y 2016). Cerro de Pasco-Perú: Universidad Nacional Mayor de
San Marcos.

Rojano Roberto. (2015). Concentración y relación de PST, PM10 y PM2.5 en
poblaciones cercanas a minería a cielo abierto: Caso Cerrejón Colombia.
Venezuela: Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de
Venezuela.

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. (2019). *Reglamento de publicacion*.
Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

ANEXOS

ANEXO 01

Evidencia de resultados de OEFA-2023

 Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	REPORTE DE EVALUACIÓN AMBIENTAL	 Firmado digitalmente por: JULCA CRUZ Richard Teodoro FAU 20521288789 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 02/04/2024 20:28:37-0500
--	---	--

Título del estudio : Evaluación ambiental de seguimiento de la calidad del aire en el área de influencia de la unidad minera Cerro de Pasco ubicada en el centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, de enero a diciembre de 2023.

Fecha de ejecución : Del 01 enero al 31 de diciembre de 2023

Expediente de evaluación : 2020-02-0002

Código de acción:

0007-1-2023-417
0006-2-2023-417
0008-3-2023-417
0002-4-2023-417
0014-5-2023-417
0015-6-2023-417
0009-7-2023-417
0016-8-2023-417
0002-9-2023-417
0001-10-2023-417
0005-11-2023-417
0005-12-2023-417

Tipo de evaluación : Programada

Fecha de aprobación : 31 de marzo de 2024 Reporte N° : REAS-014-2024-STECC

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tabla 1.1. Información general respecto de la actividad realizada

a.	Zona evaluada	Centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco
b.	Unidades fiscalizables en la zona de estudio o actividades económicas	Unidad minera Cerro de Pasco
c.	Problemática identificada	Presunta contaminación atmosférica por actividades de la unidad minera Cerro de Pasco
d.	Periodo de ejecución	Del 01 enero al 31 de diciembre de 2023

Tabla 1.2. Listado de profesionales

N.°	Nombres y Apellidos	Profesión	Actividad desarrollada
1	Richard Teodoro Julca Cruz	Ingeniero químico	Gabinete
2	Andrés Daniel Brios Abanto	Ingeniero ambiental y de recursos naturales	Gabinete
3	Mariella Rossana Atala Alvarez	Ingeniero ambiental	Gabinete
4	Saul Alejandro Soto Custodio	Ingeniero ambiental	Gabinete y campo

2. METODOLOGÍA

2.1. Protocolo de monitoreo

 Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	REPORTE DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DE SEGUIMIENTO
---	---

Tabla 2.1. Protocolo de monitoreo

Matriz	Protocolo	Sección	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Aire	Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire	Todo el documento	Perú	Minam	Decreto Supremo N.° 010-2019-MINAM	2019

2.2. Ubicación de estaciones de monitoreo

Tabla 2.2. Estación de monitoreo

N.°	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Altitud (m s. n. m.)	Descripción
		Este (m)	Norte (m)		
1	CA-SB-01	361188	8819605	4258	Al costado del Parque Infantil Ecológico del centro poblado Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco. Aproximadamente a 100 m de los Stock Piles.

2.3. Equipos, materiales y metodologías de análisis

Tabla 2.3. Equipos utilizados en el monitoreo

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Certificado de calibración
Metales en PM ₁₀	Muestreador manual de alto volumen (HiVol) de material particulado	Thermo Scientific	No indica	P10321X	ALF02-021021
PM ₁₀ Metales en PM ₁₀	Muestreador manual de alto volumen de material particulado	Thermo Scientific	HI VOL	P9314X	LFA – 112022 FC: 05/12/2022
PM ₁₀ Metales en PM ₁₀	Muestreador manual de alto volumen de material particulado	Thermo Scientific	HI VOL	P9307X	LFA-312023 FC: 20/11/2023
- Velocidad de viento - Dirección de viento - Temperatura ambiente - Humedad relativa - Precipitación - Presión barométrica	Estación meteorológica	Campbell Scientific	CR6	2590	- LM – 6852023 (09-08-2023) - LM – 6882023 (09-08-2023) - LM – 6872023 (09-08-2023) - LM – 6862023 (09-08-2023) - LM – 6842023 (09-08-2023)

Los certificados de calibración del monitor de partículas y estación meteorológica se encuentran en el Anexo 4

Tabla 2.4. Métodos de análisis de aire

Parámetro	Método	Técnica Empleada
Material particulado con diámetro menos a 10 micras (PM ₁₀) (filtro de cuarzo), Alto Volumen	Norma técnica peruana: NTP 900.030:2018. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM ₁₀ en la atmósfera	Gravimetría

Parámetro	Método	Técnica Empleada
Metales en PM ₁₀	EPA Compendium Method IO-3.5:1999. Determination of Metals in Ambient Particulate matter using Inductively Coupled Plasma/mass spectroscopy (ICP/MS)(Validado).	ICP/MS
Velocidad de viento	Método automático	-
Dirección de viento		
Temperatura ambiente		
Humedad relativa		
Precipitación		
Presión barométrica		

Fuente: Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, Decreto Supremo N.° 010-2019-MINAM.

(-): No aplica

2.4. Criterios de evaluación

En la Tabla 2.4 se presentan los estándares de calidad ambiental para aire, para los parámetros de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀) y plomo (Pb), las cuales se encuentran establecidas en el Decreto Supremo N.° 003-2017-MINAM. Asimismo, se presentan los estándares de calidad ambiental para aire para los parámetros de material particulado con diámetro menor a 10 micras Arsénico (As), Cadmio (Cd) y Cromo (Cr) en PM₁₀, las cuales se encuentran establecidas en el Decreto Supremo N.° 011-2023-MINAM

Tabla 2.5. Estándares de calidad ambiental (ECA) para aire.

Parámetro	Periodo	Formato del estándar		Método de análisis	Norma
		Valor (µg/m³)	Criterios de evaluación		
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	No exceder más de 7 veces al año	Separación inercial / filtración (gravimetría) Separación inercial / filtración (gravimetría)	D.S. N.º 003-2017-MINAM "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias"
	Anual	50	Media aritmética anual		
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	No exceder más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (espectrofotometría de absorción atómica)	
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales		
Arsénico (As) en PM ₁₀	24 horas	0,3	No exceder	Método para PM ₁₀ (espectrofotometría de absorción atómica)	
Cadmio (Cd) en PM ₁₀	24 horas	0,09	No exceder	Método para PM ₁₀ (espectrofotometría de absorción atómica)	
Cromo (Cr) en PM ₁₀	24 horas	0,5	No exceder	Método para PM ₁₀ (espectrofotometría de absorción atómica)	

Los ECA para aire no consideran concentraciones de metales en PM_{10} , para un periodo de 24 horas; por lo que, se tomó la guía de calidad del aire de Canadá (*Ontario's Ambient Air Quality Criteria*) como estándares de referencia para los parámetros de metales evaluados como se detalla en la tabla 2.6. Las notas de esta norma indican que las concentraciones expresadas en $\mu g/m^3$ se encuentran a condiciones de 10 °C y 760 mmHg.

Tabla 2.6. Estándares de calidad de aire de Canadá

CASRN	Contaminante	AAQC ($\mu g/m^3$)	Tiempo promedio (h)
7440-36-0	Antimonio y compuestos de antimonio	25	24
7784-42-1	Arsénico y compuestos de arsénico	0,3	24
7440-41-7	Berilio y compuestos de berilio	0,01	24
7440-42-8	Boro	120	24
7440-43-9	Cadmio y compuestos de cadmio	0,025	24
7440-48-4	Cobalto	0,1	24
7440-50-8	Cobre	50	24
7440-47-3	Cromo y compuestos	0,5	24
15438-31-0	Hierro (metálico)	4	24
7439-92-1	Plomo y compuestos de plomo	0,5	24
7439-96-5	Manganeso y compuestos de manganeso	0,2	24
7439-97-6	Mercurio (Hg)	2	24
7439-98-7	Molibdeno	120	24
7440-02-0	Níquel y compuestos de níquel	0,1	24
7782-49-2	Selenio	10	24
7440-22-4	Plata	1	24
7440-24-6	Estroncio	120	24
7440-31-5	Estaño	10	24
7440-32-6	Titanio	120	24
7440-61-1	Uranio y compuestos de uranio	0,15	24
7440-62-2	Vanadio	2	24
7440-66-6	Zinc	120	24

CASRN: Chemical Abstracts Services Registry Number o Número de Registro CAS.

Fuente: Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards (AAQC) – diciembre 2020

<https://files.ontario.ca/mecp-air-quality-criteria-list-en-2020-05-01.pdf>

3. RESULTADOS DE MONITOREO Y ANALISIS

3.1 ESTACION DE MONITOREO CA-SB-01

Se presentan los resultados de monitoreo de las concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}) y los valores de los parámetros meteorológicos obtenidos en la estación de monitoreo SA-SB-01, ubicada en el Centro Poblado de Paragsha, perteneciente al Distrito de Simón Bolívar.

3.1.1 Parámetros meteorológicos

En la Tabla 3.1 se presenta el resumen de resultados máximos, mínimos y promedios mensuales de los parámetros meteorológicos, tales como: presión atmosférica, precipitación, temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento, del 01 de enero al 31 de diciembre de 2023. Los registros horarios de dichos parámetros se encuentran en el anexo 3 del presente reporte (Tablas 3.1 Datos horarios meteorológicos).

De los registros meteorológicos mensuales en la estación CA-SB-01, se visualiza que la presión barométrica varió de 455,4 mmHg la menor y la mayor fue de 461,3 mmHg registradas los meses de enero y julio respectivamente, en cuanto a la precipitación, el registro máximo se presentó desde en el mes de noviembre con un valor de 12,4 mm y la temporada seca correspondería al mes de julio con un valor máximo de 0,3 mm, la temperatura se registró entre una mínima de -5,3°C en junio y una máxima de 15,6 °C en

octubre, la humedad relativa varió entre 11,5 % la mínima ocurrido en junio y julio mientras que la máxima fue de 95,5 % en mayo, la velocidad del viento se registró el mayor valor de 2,9 m/s en febrero y julio de 2023.

Tabla 3.1 Parámetros meteorológicos mensuales de la estación CA-SB-01 de enero a diciembre de 2023

Mes	Valores	Presión atmosférica (mmHg)	Precipitación (mm)**	Temperatura ambiental (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	Mínimo	455,4	0,0	-0,1	39,2	0,0
	Máximo	459,5	5,7	13,3	94,6	2,7
	Promedio	457,6	73,7	5,1	77,8	0,8
Febrero	Mínimo	455,8	0,0	1,1	50,0	0,0
	Máximo	460,2	4,7	15,5	94,6	2,9
	Promedio	457,8	111,6	5,7	79,8	0,9
Marzo	Mínimo	456,2	0,0	0,6	35,4	0,0
	Máximo	460,1	5,2	12,5	93,8	2,8
	Promedio	458,1	126,9	5,5	77,6	0,7
Abril	Mínimo	455,6	0,0	-0,8	35,4	0,0
	Máximo	460,5	4,8	13,7	95,3	2,5
	Promedio	458,3	62,3	5,6	76,4	0,7
Mayo	Mínimo	457,4	0,0	-2,0	40,9	0,0
	Máximo	460,7	1,4	11,6	95,5	2,6
	Promedio	459,0	7,6	4,9	79,7	0,7
Junio	Mínimo	457,4	0,0	-5,3	11,5	0,0
	Máximo	460,6	5,2	12,6	94,8	2,6
	Promedio	459,1	13,2	4,2	67,6	0,8
Julio	Mínimo	457,1	0,0	-5,0	11,5	0,0
	Máximo	461,3	0,3	14,5	95,0	2,9
	Promedio	459,1	0,6	4,8	68,4	0,9
Agosto *	Mínimo	-	-	-	-	-
	Máximo	-	-	-	-	-
	Promedio	-	-	-	-	-
Setiembre	Mínimo	457,2	0,0	-2,0	30,1	0,0
	Máximo	460,8	4,7	13,6	95,2	2,7
	Promedio	458,9	63,7	5,6	74,7	0,8
Octubre	Mínimo	455,9	0,0	0,5	37,5	0,0
	Máximo	460,6	7,7	15,6	95,3	2,4
	Promedio	458,7	81,9	6,4	76,3	0,8
Noviembre	Mínimo	456,0	0,0	0,9	24,4	0,0
	Máximo	460,2	10,2	13,4	95,0	2,5
	Promedio	458,2	115,7	6,4	76,5	0,8
Diciembre	Mínimo	456,4	0,2	1,3	52,5	0,0
	Máximo	460,6	12,4	13,8	95,5	2,7
	Promedio	458,5	115,5	6,6	80,3	0,7

*Estación meteorológica en periodo de calibración.

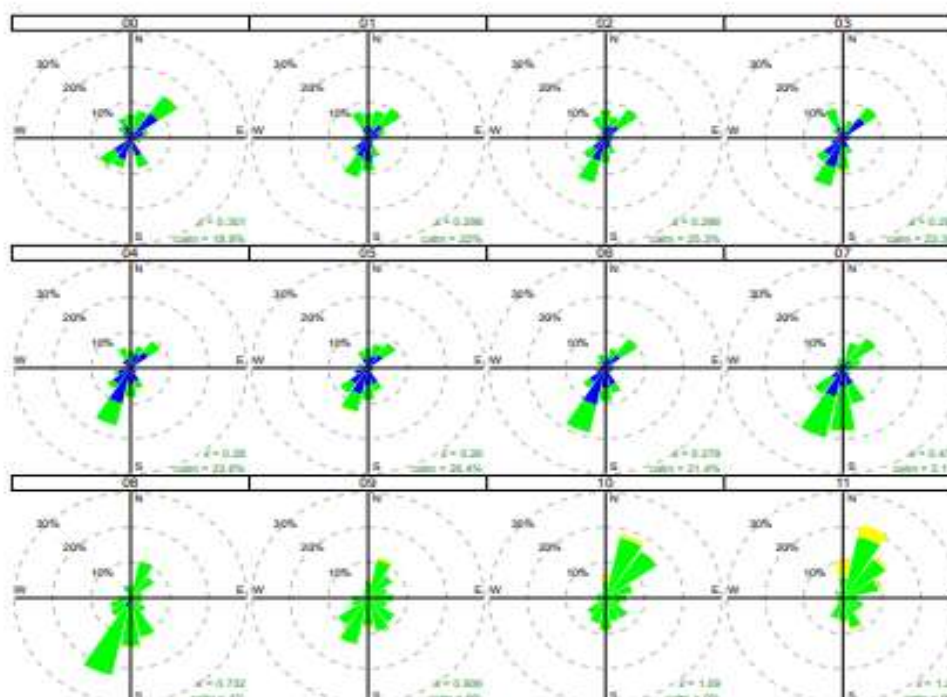
**Nota para los valores de precipitación se considera el valor de acumulado a cambio del valor de promedio.

En la Tabla 3.2 se presenta la media meteorológica anual a partir de los registros mensuales (enero a diciembre de 2023), se observa que el registro promedio de presión atmosférica en el periodo de tiempo mencionado fue 458,3 mmHg, la precipitación tuvo un acumulado de 673,1 mm, la temperatura varió de -1,2°C a 13,6°C, el máximo valor de la humedad relativa fue de 94,9 % y la velocidad del viento presentó el máximo valor de 2.7 m/s.

año	Valores	Presión atmosférica (mmHg)***	Precipitación (mm)	Temperatura ambiental (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)
2023	Mínimo	456,4	0,0	-1,2	31,6	0,0
	Máximo	460,5	5,0	13,6	94,9	2,7
	Promedio	458,3	673,1	5,5	75,9	0,8

***Nota para el valor de precipitación se considera el valor de acumulado a cambio del valor de promedio.

En la Figura 3.1 se presenta las rosas de los vientos horario obtenidas en la estación CA- SB-01. Se observa que desde las 02:00 horas hasta las 07:00 horas se tienen vientos predominantes de sur suroeste (SSW), con vientos de tipo calma y ventolina, a partir de las 10:00 horas hasta las 18:00 horas la dirección y velocidad cambian observándose predominancias de nor noreste (NNE) norte (N) y nor este (NE), denotando vientos de tipo ventolina y brisa ligera, seguidamente desde las 19:00 horas hasta las 23:00 horas la velocidad del viento baja, manteniendo las predominancias de nor noreste (NNE) norte (N) y nor este (NE) presentando una leve aparición de vientos provenientes del sur suroeste (SSW) el cual se mantiene hasta las 07:00 horas.



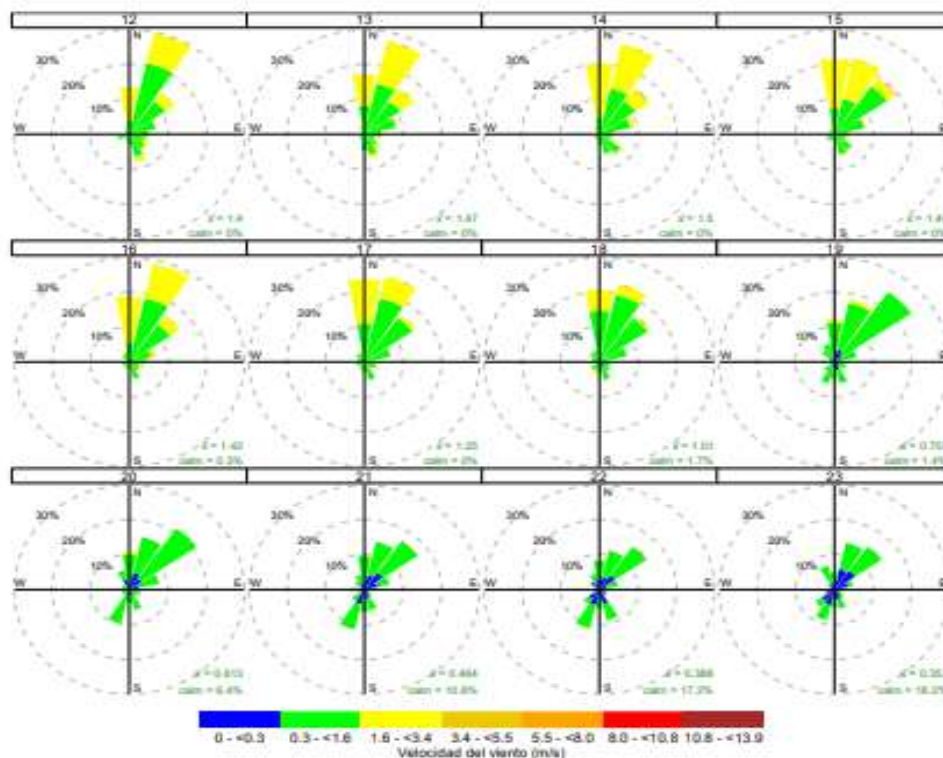


Figura 3.1 Diagramas de rosas de vientos horario de la estación de monitoreo ambiental CA-SB-01 de enero a diciembre de 2023.

Nota: Vientos del tipo calma (azul), ventolina (verde), brisa ligera (amarilla) y brisa suave (mostaza)

En la Figura 3.2 se presenta las rosas de los vientos mensuales de enero a diciembre obtenidas en la estación CA-SB-01. Se observa que en los meses evaluados las predominancias de los vientos se mantuvieron en nor noroeste (NNE), noreste (NE) y norte (N), denotado con vientos del tipo calma, ventolina y brisa ligera, mientras que en el mes de diciembre se observa una predominancia de sur sureste (SSE), con vientos del tipo calma, ventolina y brisa ligera.

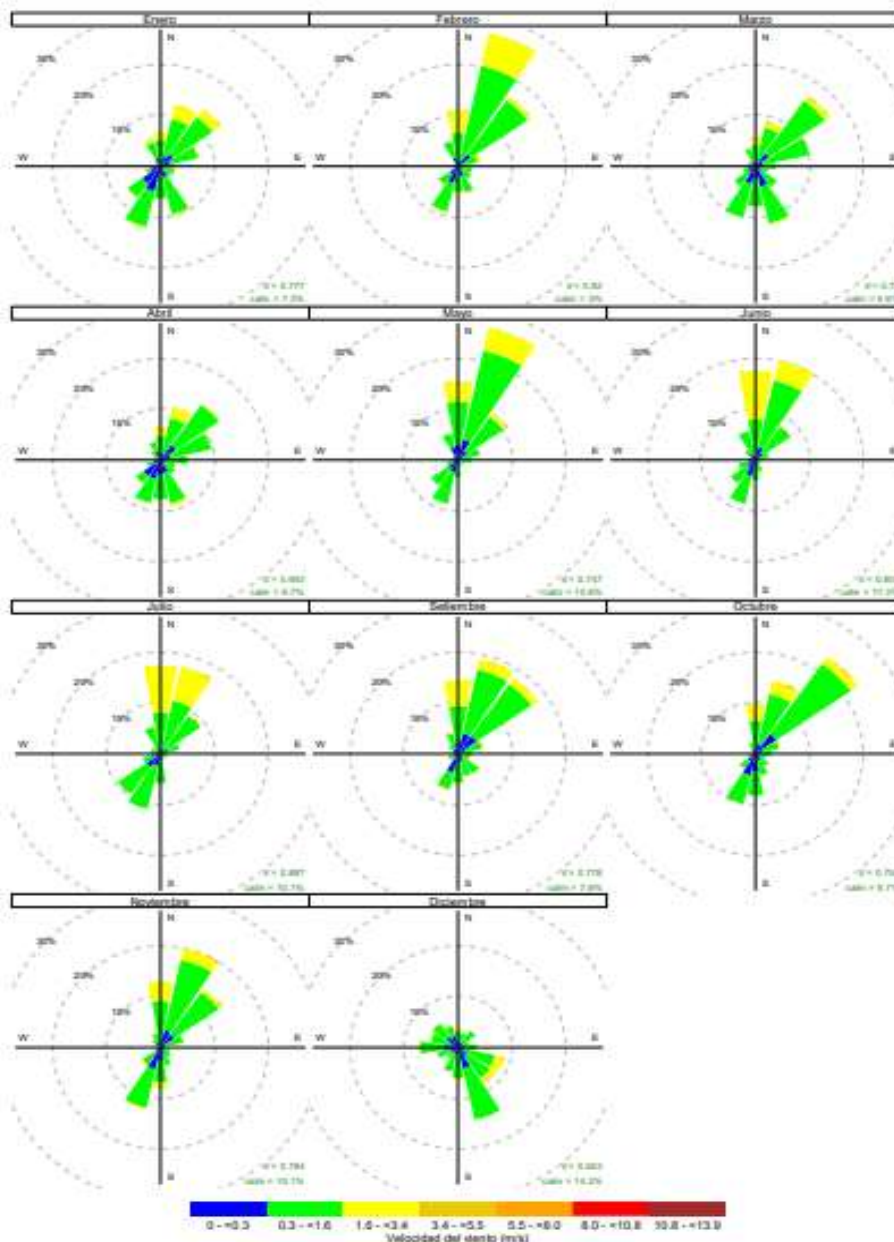


Figura 3.2 Diagramas de rosas de viento mensual de la estación de monitoreo ambiental CA-SB-01 de enero a diciembre de 2023.

Nota: Vientos del tipo calma (azul), ventolina (verde), brisa ligera (amarilla) y brisa suave (mostaza)

En la figura 3.3 se presenta la rosa de los vientos para los meses de enero a diciembre de 2023, georreferenciada y superpuesta a la estación de monitoreo CA-SB-01. Se observa que la predominancia de los vientos fue de nor noroeste (NNE), norte (N), noreste (NE) y sur suroeste (SSW), con frecuencias de 16%, 15%, 14% y 10% con vientos del tipo calma, ventolina y brisa ligera.



Figura 3.3 Diagramas de rosa de viento de la estación de monitoreo ambiental CA-SB-01, enero - diciembre de 2023.

Nota: Vientos del tipo calma (azul), ventolina (verde) y brisa ligera (amarilla).

3.1.2 concentraciones de material particulado con diámetro menor a 10 micras PM₁₀

En la Figura 3.4 se presentan las concentraciones de 24 horas de PM₁₀ de enero a diciembre de 2023 y se observa que oscilaron en un rango de 5,8 µg/m³ registrado el 10 de marzo a 47,3 µg/m³ registrado el 24 de agosto, los cuales no excedieron el valor del estándar de calidad ambiental (ECA) para aire de 100 µg/m³. El detalle del registro de concentraciones se presenta en el Anexo 3 (Tablas 3.5 Concentración de PM₁₀ y el volumen muestreado de metales).

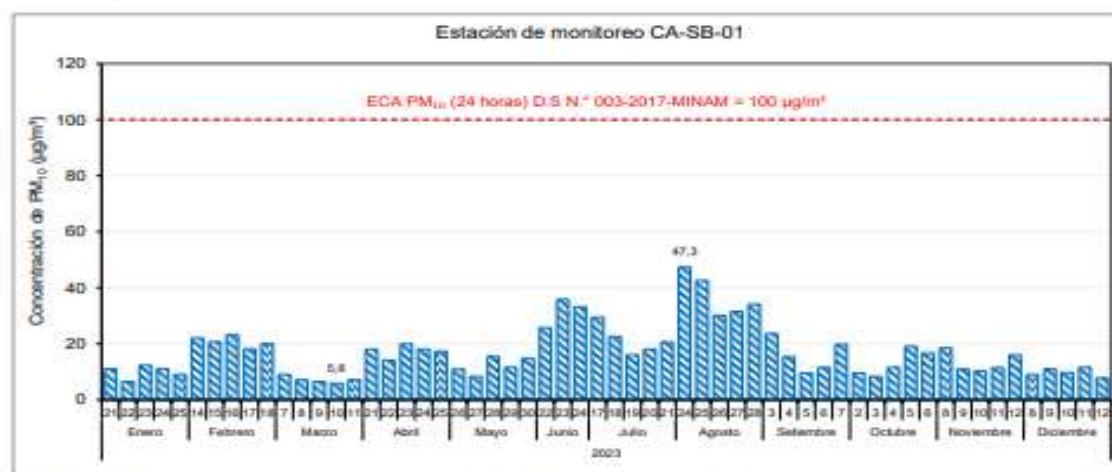


Figura 3.4 Concentración de 24 horas de PM₁₀ de enero a diciembre de 2023 en la estación de monitoreo Paragsha CA-SB-01.

En la Figura 3.5 se presentan las concentraciones de los promedios mensuales de PM_{10} de enero a diciembre de 2023 en la estación de monitoreo CA-SB-01 y se observa que los promedios en los meses monitoreados las concentraciones oscilaron en un rango de $7,1 \mu g/m^3$ registrado en marzo a $37,1 \mu g/m^3$ registrado en agosto.

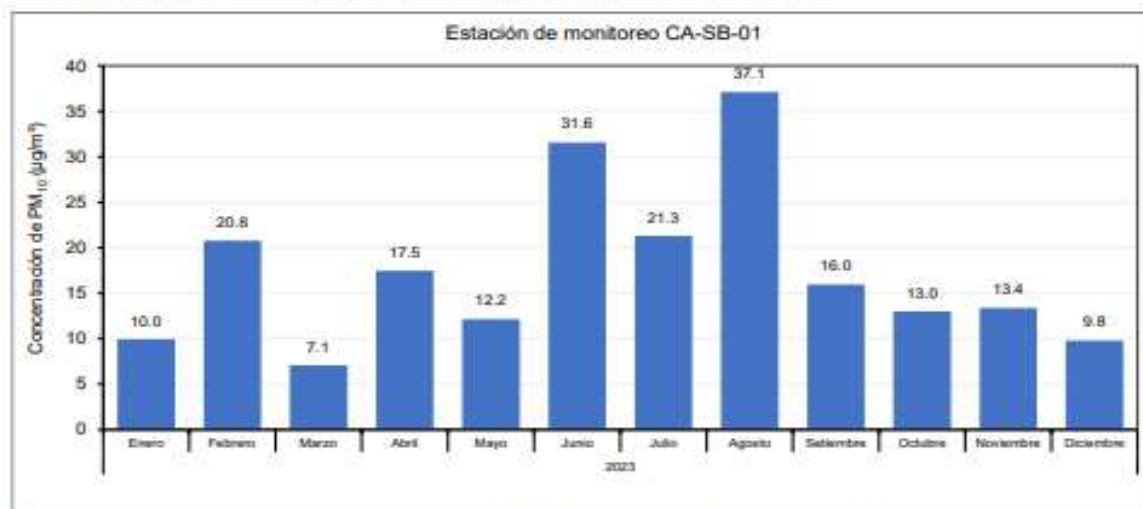


Figura 3.5 Promedios mensuales de PM_{10} de enero a diciembre de 2023 en la estación de monitoreo Paragsha (CA-SB-01).

En la Figura 3.6 se presenta la concentración media anual de PM_{10} en la estación de monitoreo CA-SB-01 en 2023, arrojando un valor de $17,5 \mu g/m^3$. Se observa que la concentración de promedio anual no excedió el valor de los ECA para PM_{10} ($50 \mu g/m^3$ Anual).

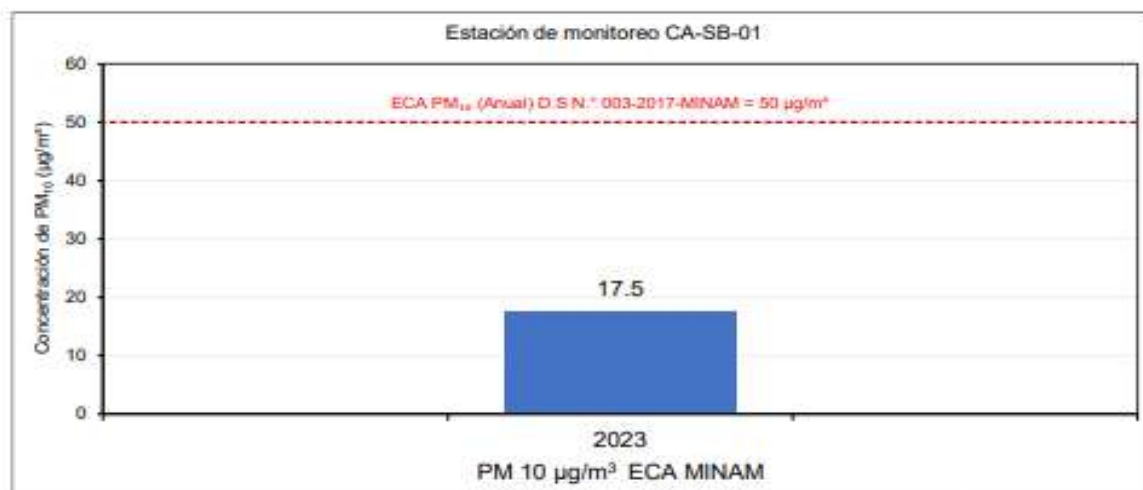


Figura 3.6 Promedio anual de PM_{10} en la estación de monitoreo Paragsha (CA-SB-01) en 2023.

3.1.3 Concentraciones de metales en PM_{10}

En la Figura 3.7 se presentan las concentraciones de 24 horas de plomo (Pb) en PM_{10} a condiciones ambientales, registradas de enero a diciembre de 2023. Se observa que los días monitoreados las concentraciones oscilaron en un rango de $0,0024 \mu g/m^3$ a $0,0460 \mu g/m^3$, registrado el 27 de mayo y 24 de abril de 2023 respectivamente. El detalle del

registro de concentraciones se presenta en el Anexo 3 (Tablas 3.6 Concentración de metales en PM_{10} a condiciones ambientales).

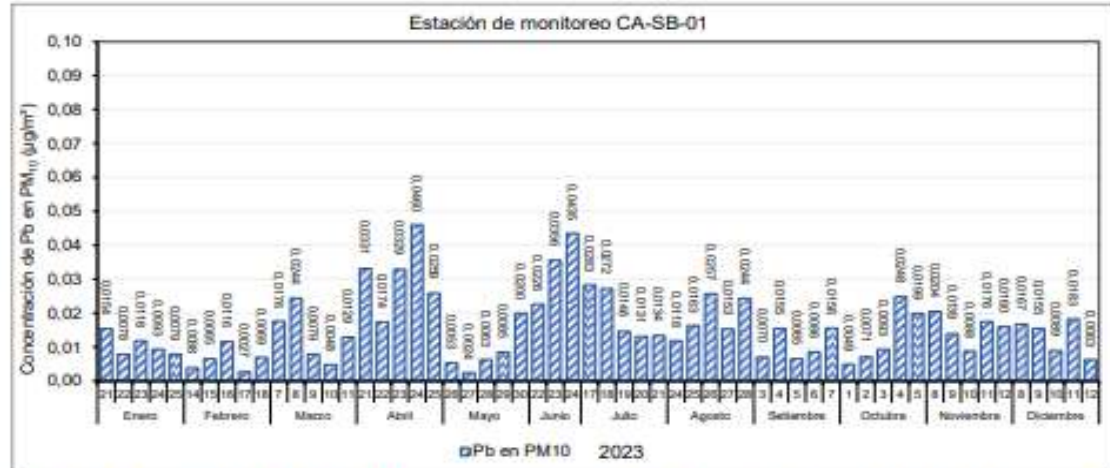


Figura 3.7 Concentración de 24 horas de plomo (Pb) en PM_{10} a condiciones ambientales, de enero a diciembre de 2023, en la estación de monitoreo de Paragsha (CA-SB-01).

En la figura 3.8 se presentan las concentraciones mensuales de plomo (Pb) en PM_{10} , de enero a diciembre de 2023 calculada a partir de las concentraciones de 24 horas a condiciones ambientales, con un valor máximo de 0,0311 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los cuales no excedieron el valor de los ECA para aire de 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El detalle del registro de concentraciones se presenta en el Anexo 3 (Tabla 3.6. Concentración de plomo mensual a condiciones ambientales).

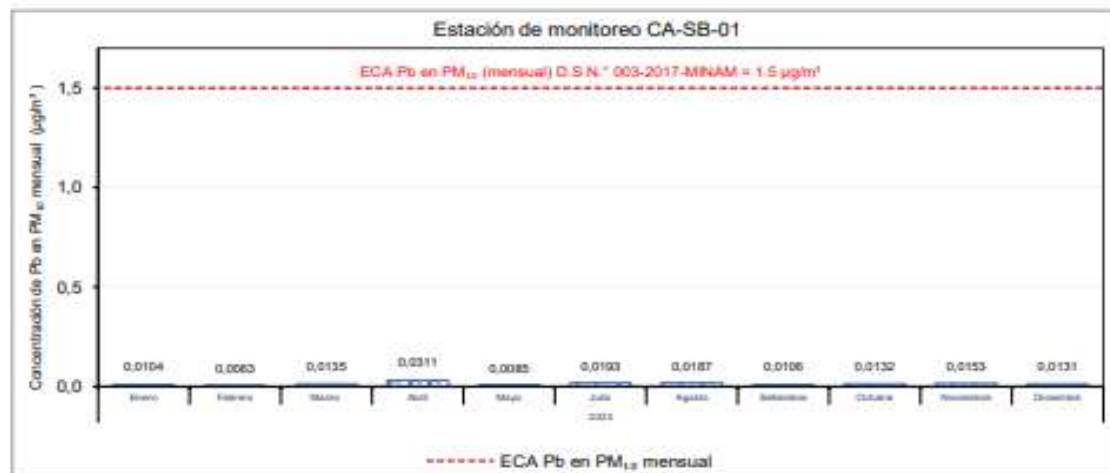


Figura 3.8 Concentración de plomo (Pb) en PM_{10} mensual a condiciones ambientales, de enero a diciembre de 2023, en la estación de monitoreo de Paragsha (CA-SB-01).

En la Figura 3.9 se presenta la media de concentraciones anual de Pb en PM_{10} calculada a partir de los promedios mensuales a condiciones ambientales en 2023. El valor máximo fue de 0,0146 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los cuales no excedieron el valor de los ECA anual para plomo (Pb) en PM_{10} de 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

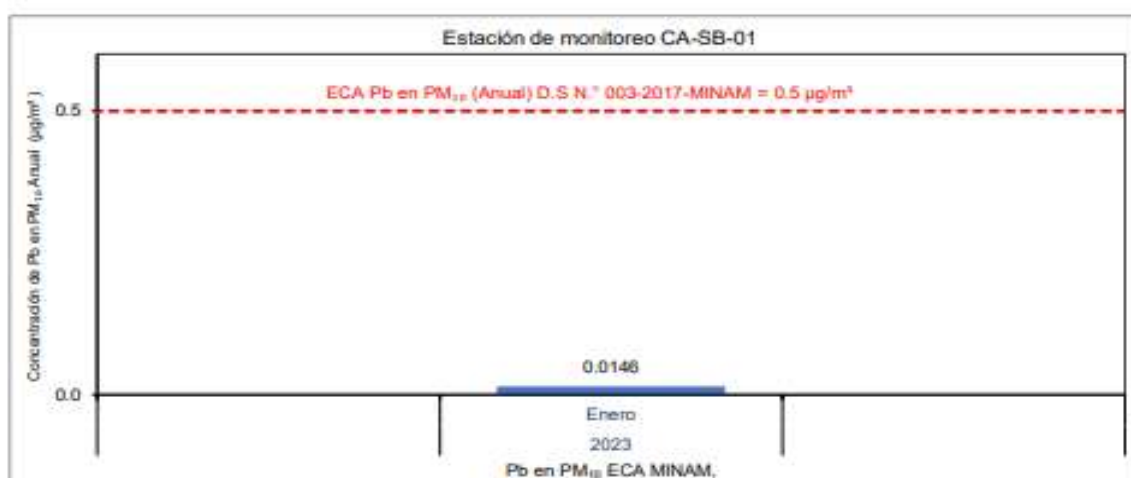


Figura 3.9 Media de concentración anual de plomo (Pb) en PM_{10} , en 2023, en la estación de monitoreo de Paragsha (CA-SB-01).

En los siguientes gráficos se representan las concentraciones de Arsénico (As), Cadmio (Cd) y Cromo (Cr) en PM_{10} a condiciones ambientales de enero a diciembre de 2023, comparadas con los ECA para aire (D.S. 011-2023-MINAM) de $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, los cuales no excedieron los valores establecidos en la presente norma.

En la figura 3.10 se presentan las concentraciones diarias de 24 horas de Arsénico (As) en PM_{10} , de enero a diciembre, con un valor máximo de $0,0053 \mu\text{g}/\text{m}^3$, los cuales no excedieron el valor de los ECA para aire de $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El detalle del registro de concentraciones se presenta en el Anexo 3 (Tabla 3.6. Concentración de plomo mensual a condiciones ambientales).

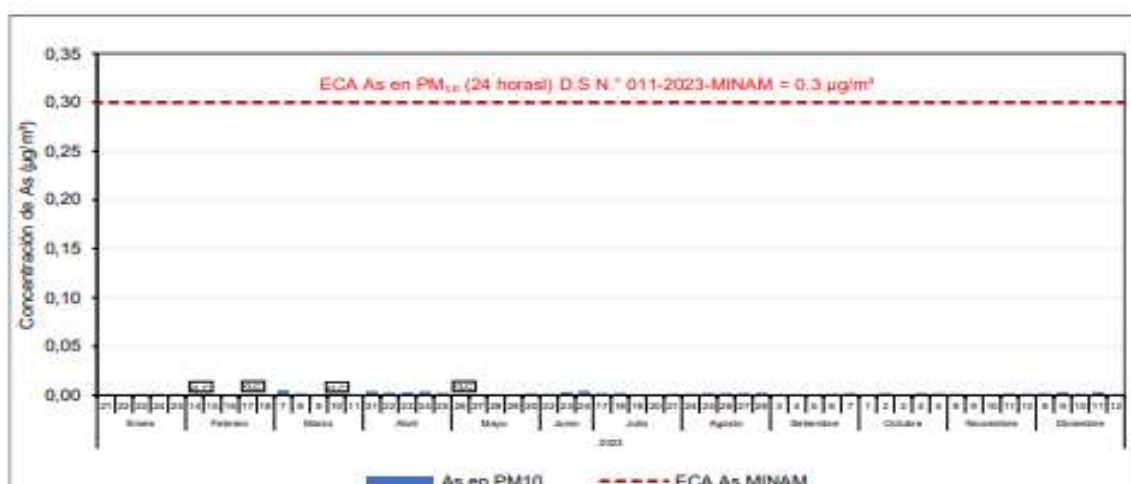


Figura 3.10 Concentración de arsénico (As) en PM_{10} mensual a condiciones ambientales, de enero a diciembre de 2023, en la estación de monitoreo de Paragsha (CA-SB-01).

<LC: menor al límite de cuantificación

En la figura 3.11 se presentan las concentraciones diarias de 24 horas de Cadmio (Cd) en PM_{10} , de enero a diciembre, con un valor máximo de $0,0033 \mu\text{g}/\text{m}^3$, los cuales no excedieron el valor de los ECA para aire de $0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$, es preciso mencionar que para el periodo evaluado solo se obtuvieron tres datos de $0,0026 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30/05/2023), $0,0033 \mu\text{g}/\text{m}^3$

(22/06/2023) y $0,0025 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (11/11/2023). El detalle del registro de concentraciones se presenta en el Anexo 3 (Tabla 3.6. Concentración de plomo mensual a condiciones ambientales).

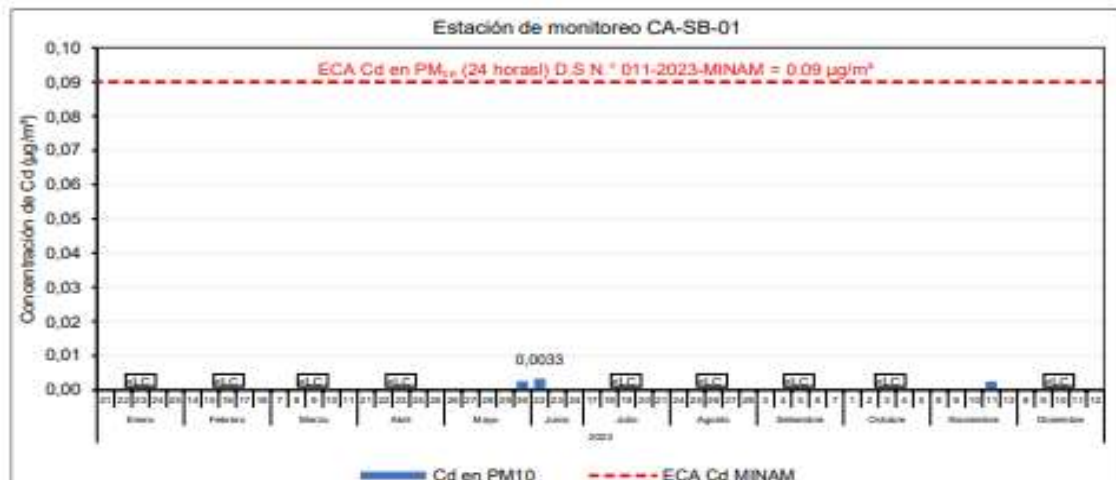


Figura 3.11 Concentración de cadmio (Cd) en PM_{10} mensual a condiciones ambientales, de enero a diciembre de 2023, en la estación de monitoreo de Paragsha (CA-SB-01).
<LC: menor al límite de cuantificación

En la figura 3.12 se presentan las concentraciones diarias de 24 horas de Cromo (Cr) en PM_{10} , de enero a diciembre, con un valor máximo de $0,0022 \mu\text{g}/\text{m}^3$, los cuales no excedieron el valor de los ECA para aire de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, es preciso mencionar que para el periodo evaluado solo se obtuvieron nueve datos de $0,0010 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (23/01/2023), $0,0023 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (16/02/2023), $0,0011 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (26/08/2023), $0,0011 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (04/09/2023), $0,0022 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (02/10/2023), $0,00103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (05/10/2023), $0,00160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (09/11/2023), $0,00105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (11/11/2023) y $0,00168 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (11/12/2023). El detalle del registro de concentraciones se presenta en el Anexo 3 (Tabla 3.6. Concentración de plomo mensual a condiciones ambientales).

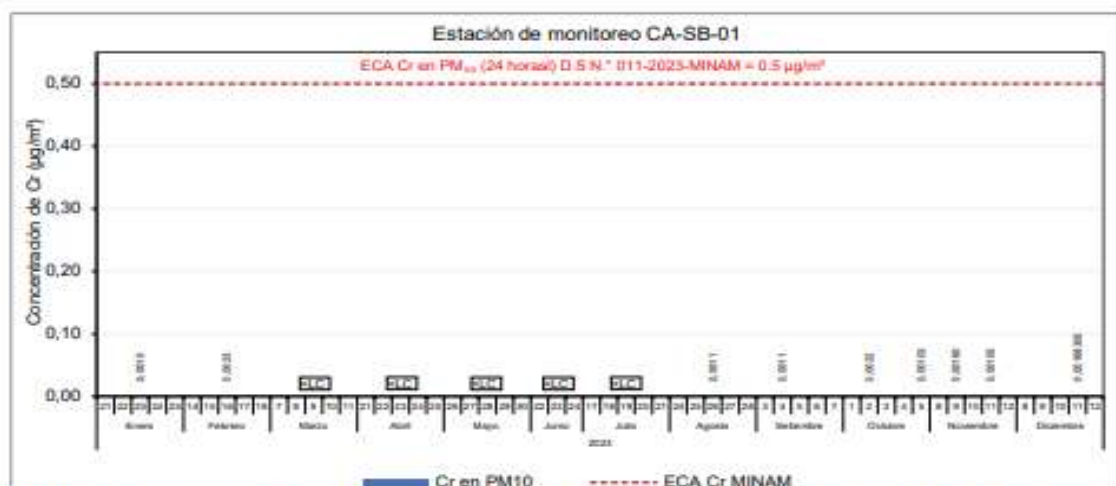


Figura 3.12 Concentración de cromo (Cr) en PM_{10} mensual a condiciones ambientales, de enero a diciembre de 2023, en la estación de monitoreo de Paragsha (CA-SB-01).
<LC: menor al límite de cuantificación

3.1.4 Concentraciones de metales en PM₁₀ comparada referencialmente

Las concentraciones de metales¹ en PM₁₀ a 10°C y 1 atmósfera de marzo a diciembre 2023 como: antimonio (Sb), berilio (Be), boro (B), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), estroncio (Sr), hierro (Fe), manganeso (Mn), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), selenio (Se), titanio (Ti), vanadio (V) y zinc (Zn), no excedieron los valores establecidos en la norma canadiense *Air Ambient Quality Criteria* (AAQC), comparadas referencialmente. Las concentraciones de metales en PM₁₀ obtenidas, se muestran en el Anexo 3 (Tablas 3.8. Concentración de metales en PM₁₀ a temperatura de 10°C).

En la Figura 3.13 se presentan las concentraciones de 24 horas de plomo (Pb) en PM₁₀ de enero a diciembre de 2023 a 10°C y 1 atmósfera y se observa que las concentraciones de Plomo (Pb) oscilaron en un rango entre 0.0039 µg/m³ y 0.0753 µg/m³, los cuales no excedieron el valor del estándar canadiense referencial² de 0,5 µg/m³. El detalle del registro de concentraciones se presenta en el Anexo 3 (Tablas 3.8. Concentración de metales en PM₁₀ a temperatura de 10°C)

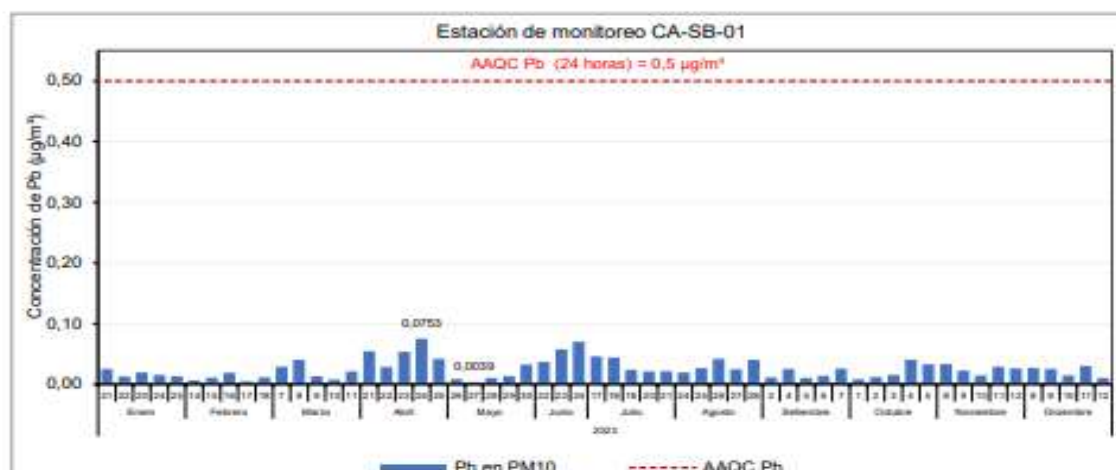


Figura 3.13 Concentración de 24 horas de plomo (Pb) en PM₁₀ a temperatura de 10°C y 1 atm. de enero a diciembre de 2023, en la estación de monitoreo de Paragsha (CA-SB-01).

3.1.5 gráficos de cajas de concentración de material particulado

En la Figura 3.14 se presenta el diagrama de cajas para la concentración diaria del material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), como resultado de los periodos de la evaluación ambiental de enero a diciembre de 2023.

De acuerdo con el diagrama, se puede observar el comportamiento de los registros de material particulado, teniendo variabilidad en las distribuciones de las medianas para cada mes. En los meses de marzo y abril se puede apreciar un comportamiento atípico en las concentraciones de PM₁₀, mientras que en los meses de junio y agosto se denota las concentraciones más altas en el periodo de tiempo evaluado, estas representaciones concuerdan con las temporadas de ausencia de lluvias, es preciso mencionar que en los

¹ Para fines del presente informe tanto los metales como metaloides se les denominarán metales

² Norma de Calidad de Aire de Canadá (*Ontario's Ambient Air Quality Criteria*)

meses de marzo se tuvo un acumulado de 126,9 mm, siendo la más alta dentro del periodo de enero a mayo, lo cual denota que la temporada de lluvias tiene una influencia directa en el registro de los valores del material particulado, además se aprecia que en los meses de enero a mayo y octubre a noviembre las concentraciones de PM_{10} se registraron por debajo de los $25 \mu g/m^3$, además en diciembre las concentraciones fluctuaron en $10 \mu g/m^3$ con un acumulado total de lluvias de 115,5 mm, los cuales denotan meses donde hubo mayores acumulados en cuanto a las precipitaciones.

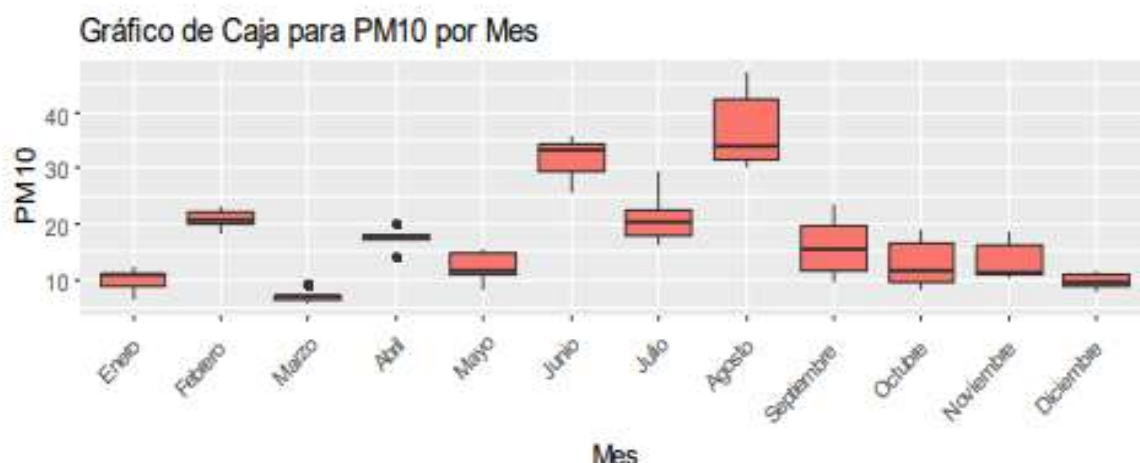


Figura 3.14 Gráfico de cajas de concentración diarias de PM_{10} de enero a diciembre de 2023 en la estación de monitoreo CA-SB-01.

En la Figura 3.15 se presenta el diagrama de cajas para las concentraciones diarias de plomo (Pb) en el material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}), como resultado de los periodos de la evaluación ambiental de enero a diciembre de 2023.

De acuerdo con el diagrama, se puede observar el comportamiento de los registros de plomo (Pb) en PM_{10} . En los meses de febrero, abril y mayo, se puede apreciar un comportamiento atípico en las concentraciones de plomo (Pb) en PM_{10} denotando concentraciones de $0,0116 \mu g/m^3$, $0,0460 \mu g/m^3$ y $0,0200 \mu g/m^3$ fuera de las medianas mensuales para los meses mencionados, mientras que en el mes de junio se denota las concentraciones más altas por mes en el periodo de tiempo evaluado con concentraciones de que varían desde los $0,0226 \mu g/m^3$ hasta los $0,0435 \mu g/m^3$, cabe resaltar que para los datos del mes de agosto la mediana se expresó en $0,0160 \mu g/m^3$ y su concentración más alta fue de $0,0257 \mu g/m^3$ el cual representa concentraciones bajas con respecto a las concentraciones de material particulado PM_{10} analizado en el mismo mes según la gráfica anterior en el que en agosto se tienen las concentraciones más altas de material particulado en el periodo de enero a diciembre de 2023.

Gráfico de Caja para Pb por Mes

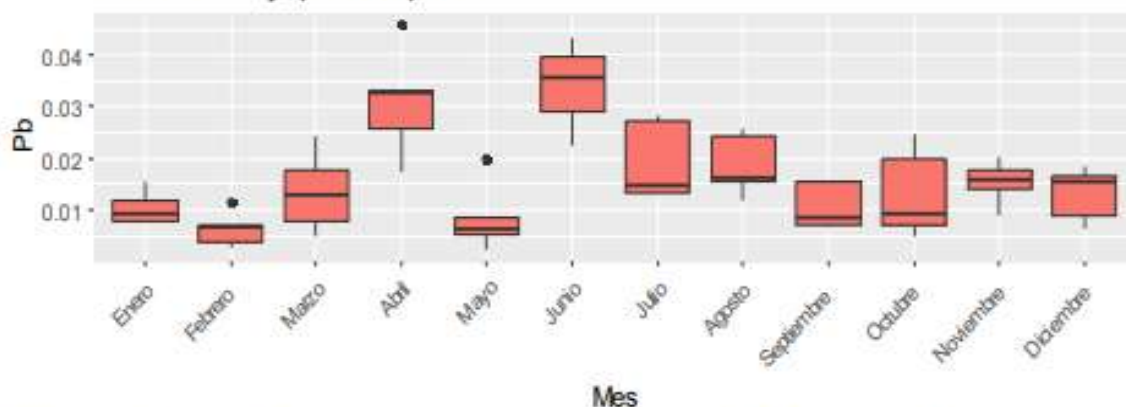


Figura 3.15 Gráfico de cajas de concentración diarias de Plomo (Pb) en PM_{10} de enero a diciembre de 2023 en la estación de monitoreo CA-SB-01.

En la Figura 3.16 se presenta la gráfica de calendario para la concentración diaria de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}), como resultado del periodo de la evaluación ambiental de enero a diciembre de 2023, en la estación de monitoreo CA-SB-01.

La grafica representa la evolución en el tiempo del material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}), asimismo nos permite identificar con facilidad los días en donde se presentaron mayores las concentraciones, las cuales se aprecian con diferentes tonalidades de color y se observa el desarrollo de las concentraciones, su estacionalidad y distribución según los datos diarios obtenidos de enero a diciembre 2023. Durante el periodo evaluado se puede observar que no hubo excedencias en el ECA para aire PM_{10} $100 \mu g/m^3$ en 24 horas, siendo la concentración más alta en el mes de agosto con un registro de $47.3 \mu g/m^3$.



Figura 3.16 Grafica de calendario para concentraciones diarias de PM_{10} registradas en la estación de monitoreo CA-SB-01, de enero a diciembre de 2023.

En la Figura 3.17 se presenta la gráfica de calendario para la concentración diaria de plomo (Pb) en (PM_{10}), como resultado del periodo de la evaluación ambiental de enero a diciembre de 2023, en la estación de monitoreo CA-SB-01.

La grafica representa las concentraciones diarias de plomo (Pb) en PM₁₀, se observa el desarrollo de las concentraciones su estacionalidad y distribución según los datos diarios obtenidos de enero a diciembre 2023. Durante el periodo evaluado se puede observar que la concentración más alta fue de 0,0460 µg/m³ registrada en el mes de abril, estos registros no se comparan con el ECA para aire debido a que la normativa no contempla concentraciones de plomo (Pb) en PM₁₀ para periodos de 24 horas.

concentracion de Pb en PM₁₀ diario

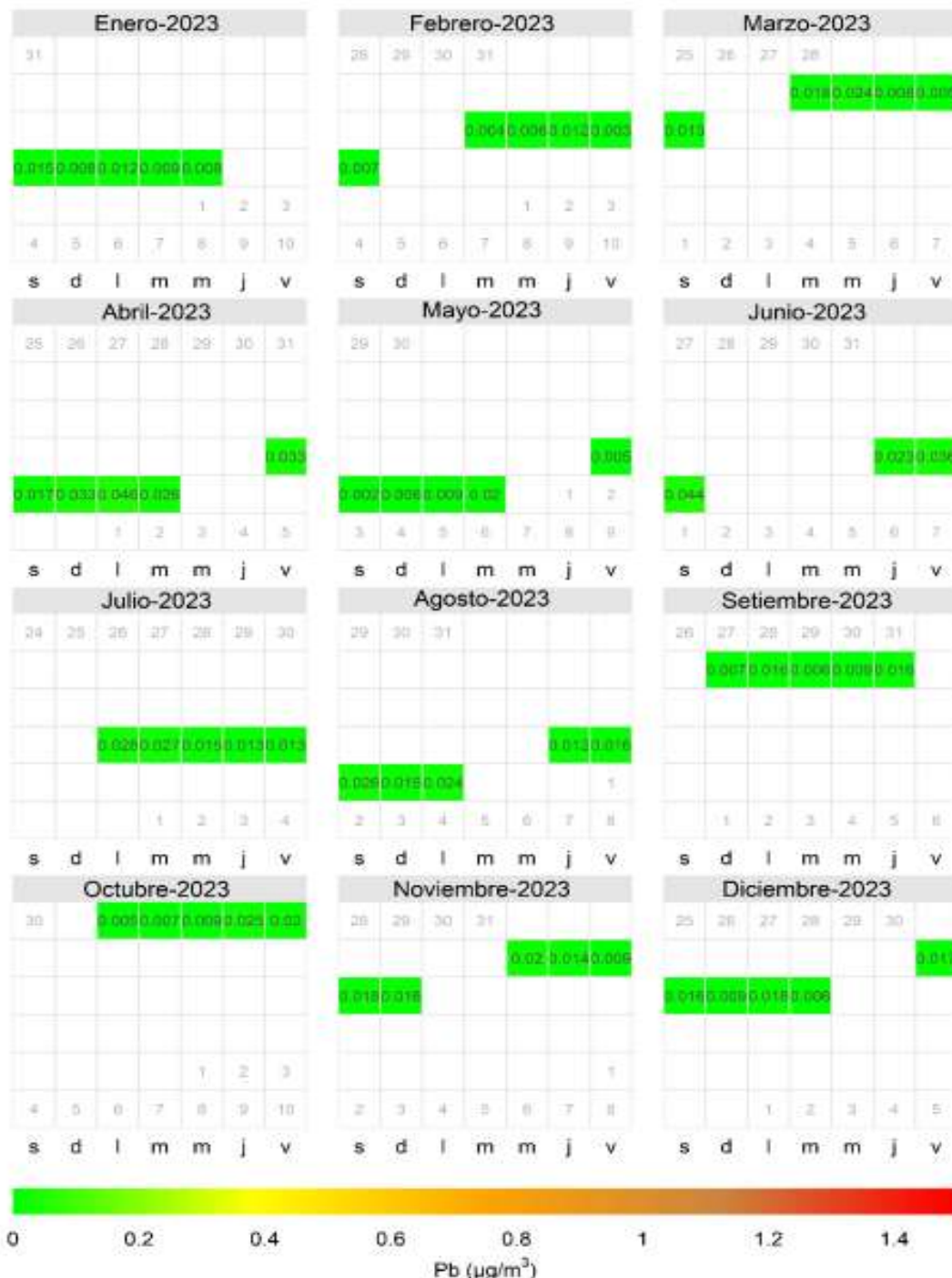


Figura 3.17 Grafica de calendario para concentraciones diarias de Plomo (Pb) en PM₁₀ registradas en la estación de monitoreo CA-SB-01, de enero a diciembre de 2023.

3.1.6 Gráfico de comparación de Plomo en PM_{10} 2019 – 2023

En la figura 3.18 se presentan las concentraciones mensuales de plomo (Pb) en PM_{10} obtenidas desde julio de 2019 a diciembre de 2023, calculadas a partir de las concentraciones de 24 horas a condiciones ambientales, con un valor máximo de $0,0536 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado en octubre de 2020 y un valor mínimo de $0,0042 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado en noviembre de 2021, los cuales no excedieron el valor de los ECA para aire de $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. la información se encuentra alojada en el archivo drive Reportes EAS Y EAF/ EAS Cerro de Pasco: https://drive.google.com/drive/folders/1PmmfsfxvPG7fzdUVa7_VWQioHol8FLfk

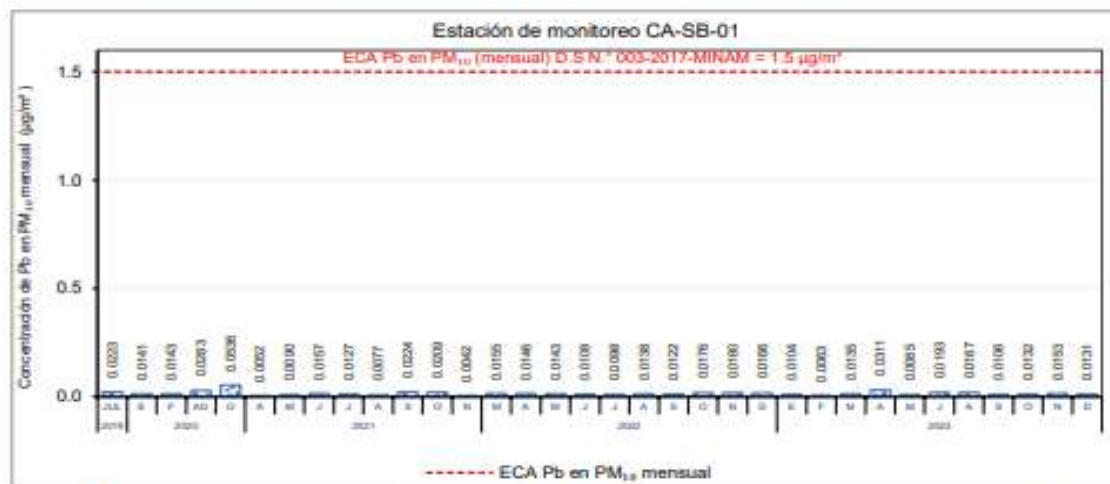


Figura 3.18 Concentraciones de plomo (Pb) en PM_{10} mensual a condiciones ambientales, de julio de 2019 a diciembre de 2023.

4. CONCLUSIONES

- Las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}) registrados de enero a diciembre de 2023, monitoreados con muestreador de alto volumen (HiVol), no excedieron el valor establecido en los Estándares de calidad Ambiental (ECA) para aire de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- La concentración promedio anual de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10}) registradas en la estación de monitoreo Paragsha CA-SB-01, en 2023 no excedió el valor del Estándar de Calidad Ambiental para aire anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Las concentraciones mensuales de Pb en PM_{10} calculadas a partir de las concentraciones de 24 horas a condiciones ambientales obtenidas desde enero a diciembre de 2023, no excedieron el valor establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire de $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- La media concentración anual de Pb en PM_{10} calculadas a partir de los promedios de las concentraciones mensuales obtenidas desde enero a diciembre de 2023, no excedió el valor establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Las concentraciones mensuales de Pb en PM₁₀ calculadas a partir de las concentraciones de 24 horas a condiciones ambientales obtenidas desde 2019 a 2023, no excedieron el valor establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire de 1,5 µg/m³.
- Las concentraciones de 24 horas de arsénico (As), cadmio (Cd) y cromo (Cr) en PM₁₀ a condiciones ambientales obtenidas desde enero a diciembre de 2023, los cuales no excedieron los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire de 0,3 µg/m³, 0,09 µg/m³ y 0.5 µg/m³ respectivamente.
- Las concentraciones de los metales como: antimonio, berilio, boro, cobalto, cobre, estaño, estroncio, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plata, selenio, titanio, vanadio y zinc, obtenidas de enero a diciembre de 2023, no excedieron los valores establecidos en la norma referencial canadiense *Air Ambient Quality Criteria* 2012 (AAQC), para 24 horas.
- Las concentraciones de plomo (Pb) en PM₁₀ obtenidas de enero a diciembre de 2023, no excedieron los valores establecidos en la norma canadiense *Air Ambient Quality Criteria* (AAQC) de 0.5 µg/m³, comparadas referencialmente.
- La predominancia de vientos es del nor noreste (NNE), noreste (NE) y norte (N) con frecuencias de 16%, 15% y 14%, en el que se denota que los vientos se dirigen desde el centro poblado de Paragsha hacia la unidad minera (Stock Piles) desde las 09:00 horas hasta las 00:00 horas con vientos de tipo ventolina y brisa ligera, por otro lado a partir de las 01:00 horas hasta las 08:00 horas la predominancia del viento es de sur suroeste (SSW) con una frecuencia de 10%, la cual se dirige desde la unidad minera (stock piles) hacia el Centro Poblado Paragsha con vientos del tipo calma y ventolina.

5. ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación
Anexo 2: Registro de datos crudos
Anexo 3: Sistematización de datos de aire
Anexo 4: Certificados de calibración de los equipos
Anexo 5: Datos de campo de aire
Anexo 6: Cartilla de flujo de aire
Anexo 7: Cadena de custodia
Anexo 8: Informe de ensayo de laboratorio

Es cuanto informamos a usted para los fines pertinentes,

Atentamente:



Firmado digitalmente por:
BRIOS ABANTO Andrés
Daniel FAU 20521208789 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 02/04/2024 20:10:53-0500

ANEXO N° 02

Imágenes de la investigación realizada

Fotografía 01: Vista de la estación de monitoreo en la población de Paragsha



Fotografía 02: Vista de la estación de monitoreo en la población de Paragsha



Fotografía 03: *Vista de los botaderos de la empresa Cerro SAC influenciado a la población*



Fotografía 04: *Vista de los botaderos de la empresa Cerro SAC influenciado a la población*

