



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Caracterización del Material Particulado para la Evaluación de la  
Calidad del Aire en el Ovalo San Lázaro - Arequipa.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Enriquez Vicuña, Jonatan Francisco (ORCID: **0000-0002-2652-617**)

**ASESOR:**

Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: **0000-0002-0750-2877**)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación primeramente a Dios, a mis padres que me dieron la posibilidad de estudiar esta carrera y a mis hermanos que me ayudaron en este proceso estudiantil.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a mi familia, a mi asesor por poder guiarme durante el proceso de elaboración de tesis.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de gráficos y figuras .....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA .....	18
3.1. Tipo de diseño de investigación .....	18
3.1.1. Tipo de Investigación .....	18
3.2. Diseño de la Investigación.....	18
3.3. Variables y Operacionalización .....	19
3.3.1. Variable 01.....	19
3.3.2. Variable 02.....	19
3.4. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	19
3.4.1. Población .....	19
3.4.2. Muestra .....	19
3.4.3. Unidades de Análisis.....	20
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5.1. Técnicas .....	20
3.5.2. Instrumento de recolección de datos.....	20
3.5.3. Validez .....	21
3.5.4. Confiabilidad.....	22
3.6. Procedimientos .....	22
3.6.1. Procedimiento Equipos de monitoreo.....	22
3.6.2. Procedimientos post muestreo .....	25
3.6.3. Trabajo en gabinete .....	27
3.7. Método de análisis de datos.....	27
3.8. Aspectos éticos.....	28
IV. RESULTADOS .....	29
4.1. Calidad de Aire .....	29
4.1.1. Partículas PM <sub>10</sub> .....	29
4.1.2. Partículas PM <sub>2.5</sub> .....	30
4.1.3. Parámetros Meteorológicos .....	31

V.	DISCUSIÓN.....	38
VI.	CONCLUSIONES.....	42
VII.	RECOMENDACIONES.....	44
	REFERENCIAS.....	45
	ANEXOS.....	51

## **Índice de tablas**

Tabla 1. Resultados basados en la información recopilada de Madariaga (2018) de la Concentración de material particulado PM <sub>10</sub> en el mercado de Arequipa en la calle Filtro – 2016 .....	11
Tabla Nº 2. Resultados basados en la información recopilada de Madariaga (2018) de la Concentración de material particulado PM <sub>10</sub> en el mercado de Arequipa en la calle Filtro – 2017 .....	11
Tabla Nº 3. Resultados basados en la información recopilada de Madariaga (2018) de la Concentración de material particulado PM <sub>10</sub> en el mercado de Arequipa en la calle Filtro – 2018 .....	12
Tabla 4. Estándares de Calidad Ambiental para Aire / PM.....	15
Tabla 5. Concentración de Material Particulado (PM <sub>10</sub> ) Anual .....	17
Tabla 6. Concentración de material particulado PM <sub>10</sub> .....	29
Tabla 7. Concentración de material particulado PM <sub>2.5</sub> .....	30
Tabla 8. Parámetros meteorológicos estación CA -1.....	31

## **Índice de gráficos y figuras**

Figura 1. Inventario de Emisiones – UE-28.....	7
Figura 2. Niveles medios de PM <sub>10</sub> para las distintas ciudades del mundo.....	8
Figura 3. Niveles medios de PM <sub>2.5</sub> para las distintas ciudades del mundo.....	8
Figura 4. Composición media de la atmosfera, donde esta ordenado por su masa y su porcentaje de Volumen.....	10
Figura 5: Concentración de material particulado PM <sub>10</sub> .....	29
Figura 6. Concentración de material particulado PM <sub>2.5</sub> .....	30
Figura 7. Temperatura estación CA-1.....	32
Figura 8. Humedad Relativa - Estación CA-1.....	33
Figura 9. Velocidad del viento - Estación CA-1.....	33
Figura 10. Presión atmosférica Estación CA-1.....	34
Figura 11. Rosa de vientos CA-1.....	35
Figura 12. Dirección predominante del viento – CA-1.....	35
Figura 13. Ubicación satelital de la rosa de vientos.....	36

## Resumen

Ante la problemática de la contaminación en Arequipa, en el Ovalo San Lázaro ubicado en el cercado esta ciudad, se realizó un estudio para la caracterización el material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  y así evaluar la calidad del aire atmosférico que respira la población del Ovalo San Lázaro; para poder caracterizar el material particulado se realizó un monitoreo ambiental en la estación CA-1 ubicada en la Calle Santa Catalina 509, cerca de la Plaza San Lázaro, dicho monitoreo tuvo una duración de 24 horas; para poder muestrear el material particulado  $PM_{10}$  se utilizó un equipo de alto volumen (HI-VOL) y para el material particulado  $PM_{2.5}$  se utilizó un equipo automático de bajo volumen (LOW-VOL), además se instaló una estación meteorológica la cual determinó la relación que existe entre los parámetros meteorológicos y el material particulado. Los resultados obtenidos después del monitoreo de material particulado  $PM_{10}$  fue de  $145 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $34.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el material particulado  $PM_{2.5}$  lo cual evidencia que el  $PM_{10}$  excede con los Estándares de Calidad Ambiental según el D.S. 003-2017 mientras que el  $PM_{2.5}$  no excede con dichos parámetros además se encontró que la dirección del viento y la época del año influyeron en los resultados.

**Palabras Claves:** Calidad del Aire, Material Particulado, contaminación atmosférica, Arequipa

## **Abstract**

Given the pollution problem in Arequipa, in the Ovalo San Lázaro located in the enclosure of this city, a study was conducted to characterize the particulate matter PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> and thus evaluate the quality of the atmospheric air that the population of Ovalo San Lázaro breathes; in order to characterize the particulate matter an environmental monitoring was carried out at the CA-1 station located at Calle Santa Catalina 509, near Plaza San Lázaro, this monitoring lasted 24 hours; in order to sample the PM<sub>10</sub> particulate matter a high volume equipment (HI-VOL) was used and for PM<sub>2.5</sub> was sampled using automatic low-volume equipment (LOW-VOL), and a meteorological station was installed to determine the relationship between meteorological parameters and particulate matter. The results obtained after monitoring PM<sub>10</sub> particulate matter was 145 µg/m<sup>3</sup> and 34.2 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2.5</sub> particulate matter which evidences that PM<sub>10</sub> exceeds with the Environmental Quality Standards according to D.S. 003-2017 while PM<sub>2.5</sub> does not exceed with those parameters also it was found that the wind direction and the time of the year influenced the results.

**Keywords:** Air quality, Particulate Matter, Pollution atmosphere, Arequipa

## I. INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016), nos indica que el 58% de las muertes están relacionadas con la contaminación atmosférica, estas personas están siendo expuestas a la polución aérea que exceden los límites máximos permisibles.

La calidad del aire en el Perú se ve afectada por las emisiones del parque automotor, y se estima que un 70 a un 80 % de la contaminación son provenientes de estas fuentes, además se registra que diariamente 36 personas pierden la vida por la polución aérea y mas de 13,000 personas al año mueren por esta causa.

Los informes más recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) indican que uno de los contaminantes con mayor repercusión en la salud humana y la calidad del aire es el material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ). A nivel mundial es uno de los agentes mas estudiados y en los países en vías de desarrollo predominan los POPs (Contaminantes Orgánicos Persistentes) y el  $SO_2$  y otros agentes de polución como el Benceno ( $C_6H_6$ ), el  $NO_2$ , estos contaminantes no suelen estar en esa proporción en los países o regiones desarrolladas, sino que la proporción varía. Los contaminantes principales en estos países son el  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  y el  $O_3$ .

El material particulado es un elemento contribuyente a la contaminación atmosférica, por ser una compleja composición formada por diversas partículas sólidas y líquidas. Este contaminante afecta la salud pública, así como las edificaciones existentes. Este material tiene propiedades corrosivas así también afecta la visibilidad atmosférica al producir el SMOG (Suárez, 2017). Este contaminante constituye la principal problemática que afecta la calidad del aire en Arequipa, así como a nivel de la salud pública. Así mismo existe una fuerte correlación de este contaminante tóxico con las enfermedades respiratorias agudas (Suárez, 2017, Cifuentes, 2020 y Falcón, 2021). En Arequipa Metropolitana se observa que el 25% de las afecciones respiratorias son por causa del material particulado. (Quenaya, 2018)

El parque automotor existente en la ciudad de Arequipa constituye la principal fuente que afecta a la calidad del aire y específicamente las unidades de transporte particular constituyen el 70% del total (Quenaya, 2018). Es importante saber que el 70% de la contaminación es provocada por el parque automotor (La República, 2019).

Para Sampieri (2018), quien describe sobre el planteamiento del problema manifiesta que es necesario tener en consideración algunos aspectos importantes como son: una relación entre dos o mas conceptos o variables, que el problema se plantee en forma de pregunta que deba ser clara y concisa, que este planteamiento debe ser ético y por último que el problema deba ser planteado en forma empírica y sin ninguna confusión. Este concepto nos ayudará poder formular un problema de investigación cuantitativo en forma correcta. Si tomamos en cuenta las referencias del autor, plantearemos el problema de la siguiente manera:

La realidad problemática de la investigación se centra en la contaminación aérea ocasionado por el material particulado existente en el radio urbano de la ciudad de Arequipa, específicamente en el Ovalo San Lázaro. Este lugar diariamente es concurrido por una gran cantidad de personas; las mismas que se exponen a la polución existente, que es ocasionada por el transito vehicular. Así mismo estas personas permanecen un tiempo suficiente para exponerse al material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , siendo este agente el que afecta a la salud. Es por eso que se plantea las siguientes preguntas relacionadas a este problema como: ¿cuál es la cantidad de material particulado que afecta a la calidad del aire del Ovalo San Lázaro en la ciudad de Arequipa? considerando como problema general. Por otra parte, como problemas específicos se plantea las siguientes preguntas: ¿cuál es la cantidad de material particulado  $PM_{10}$  que afecta la calidad del aire del Ovalo San Lázaro en ciudad de Arequipa?, ¿Cuál es la cantidad de material particulado  $PM_{2.5}$  que afecta la calidad del aire del Ovalo San Lázaro de la ciudad de Arequipa? y como último problema específico tenemos: ¿Cómo se relaciona los parámetros meteorológicos de dirección y velocidad del viento con el comportamiento del material particulado y el grado de afectación a la calidad del aire en el Ovalo San Lázaro de la ciudad de Arequipa?

Según Sampieri, (2017) menciona que la justificación de la investigación debe demostrar la importancia este estudio.

Debido a la importancia del problema que se encontró en el tema, podemos justificar ambientalmente que esta investigación permitirá cuantificar, identificar y encontrar resultados precisos que nos ayudarán al conocimiento de la contaminación provocada por las fuentes que emite el tránsito vehicular existente de Arequipa. Además, técnicamente podemos justificar que esta investigación servirá para informarnos del manejo del equipo de alto y bajo volumen. Respecto a la justificación social ayudará a que las personas tengan un mayor entendimiento del problema respecto a la contaminación aérea, específicamente en el Ovalo San Lázaro de Arequipa.

Sampieri (2018) también nos dice que los objetivos planteados deben ser susceptibles a ser medidos, concretos y claros. Es decir que deben ser alcanzables. Según este autor se pudo plantear nuestros objetivos de la siguiente manera:

El objetivo general es caracterizar la cantidad de material particulado con ayuda de equipos de monitoreo ambiental para evaluar la calidad del Aire en el Ovalo San Lázaro – Arequipa y como objetivos específicos se detallan los siguientes: La caracterización de la cantidad de material particulado  $PM_{10}$  mediante un muestreador de alto volumen (HI-VOL) para evaluar la calidad del aire en el Ovalo San Lázaro – Arequipa. Como segundo objetivo específico establecer la caracterización de la cantidad de material particulado  $PM_{2.5}$  mediante un muestreador de bajo volumen (LOW-VOL) para evaluar la calidad del aire en el Ovalo San Lázaro – Arequipa y como último objetivo específico instalar una estación meteorológica con el propósito de poder observar la relación del material particulado y el comportamiento de las variables meteorológicas de dirección y velocidad del viento que contribuyen a la calidad del aire del Ovalo San Lázaro de Arequipa.

Según Sampieri (2018), menciona que la hipótesis es una explicación tentativa del problema estudiado, formulada en base a afirmaciones o proposiciones que componen los ejes del estudio. Considerando este concepto podemos mencionar que nuestra hipótesis la definimos de la siguiente forma: Que la calidad del aire se ve significativamente afectada por la cantidad de material particulado existente en el Ovalo San Lázaro en la ciudad de Arequipa y como hipótesis específicas, que la calidad del Aire es significativamente afectada por la cantidad de material particulado  $PM_{10}$  que existe en el Ovalo San Lázaro en la ciudad de Arequipa, como segunda hipótesis específica podemos decir que la calidad del aire se ve significativamente afectada por la cantidad de material particulado  $PM_{2.5}$  que existe en el Ovalo San Lázaro en la ciudad de Arequipa y finalmente que los parámetros meteorológicos de dirección y velocidad del viento están relacionados con el comportamiento del material particulado contribuyendo a la calidad de la aire existente en el Ovalo San Lázaro de la ciudad de Arequipa.

Cabe resaltar que la investigación cumple con los requisitos éticos puesto que no tiene ningún impacto negativo para seres humanos ni la naturaleza. Por el contrario se busca que la investigación tenga un aporte ambiental, educativo y social.

## II. MARCO TEÓRICO

Según Sampieri (2018) nos dice que el marco teórico es el que se encarga de afinar el planteamiento del problema y nos ayuda en todo el proceso de la investigación.

Para poder comprender los términos relacionados al tema de investigación es importante definir que es la contaminación del aire, una definición acertada de que es la contaminación atmosférica o del aire sería la existencia de cualquier agente de materia, sustancia o energía que pueda provocar algún tipo de daño o peligro para la seguridad o salud del ser humano, medio ambiente y los bienes (Querol, 2018).

La contaminación atmosférica o aérea se da en tres distintas escalas, que pueden ser globales que son aquellas que no tienen una repercusión directa hacia el ser humano ni a los ecosistemas sin embargo podrían causar una repercusión indirecta por el calentamiento global, los contaminantes representativos de este tipo de escala son dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), carbono negro (BC); ozono ( $\text{O}_3$ ) y los compuestos halogenados. A mediana escala nos encontramos con contaminantes que se transportan a una velocidad y un tiempo considerable para causar problemas, por ejemplo, la lluvia ácida, la eutrofización, el transporte y depósito de agentes contaminantes orgánicos, Mercurio (Hg) y el ozono troposférico, finalmente a micro escala nos encontramos con los agentes de polución mas importantes. Estos contaminantes se desarrollan en las zonas urbanas, rurales e industriales, las fuentes de emisión a nivel de micro escala son el parque automotor, fuentes de emisión doméstica, centrales térmicas, la agricultura, construcción civil y aeropuertos. Los principales contaminantes que afectan a la atmosfera son el material particulado ( $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ ), partículas inferiores a 0.1 micras,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  y hidrocarburos aromáticos policíclicos. Su influencia puede ser de origen local y regional, principalmente los contaminantes a micro escala son los que afectan directamente a la salud humana y a los ecosistemas.

Según la OMS (2017), nos dice que a nivel global los contaminantes se encuentran con concentraciones atmosféricas que exceden los estándares legales o cifras que detallan en la guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para salvaguardar la salud de la humanidad. A escala mundial existe una variación considerable tanto en concentraciones de contaminantes que logran llegar a alcanzarse, como las normativas nacionales que establecen límites de concentraciones de los contaminantes urbanos. No obstante, la OMS (2016) detalla que, en sus estudios de contaminación atmosférica más recientes, el contaminante con más impacto, es el material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ), el cual es un conjunto de partículas sólidas o líquidas presentes en la atmósfera y tiene un origen natural o antropogénico (Rodríguez, 2016) y es por eso que es uno de los contaminantes más estudiados en todo el mundo por ser un contaminante que afecta la salud y genera daños significativos al sistema cardiorrespiratorio (Santillán, 2016).

Querol, (2017) también detalla que las concentraciones de los contaminantes varían respecto al desarrollo de los países, no es lo mismo hablar de contaminantes en países en vías de desarrollo que en regiones más desarrolladas, mientras que en países menos desarrollados se encuentran contaminantes como metales, contaminantes orgánicos persistentes (POPs), el  $SO_2$  y otros contaminantes como el benceno ( $C_6H_6$ ), el  $NO_2$  o el  $CO_2$  presentan resultados que sobrepasan los estándares de calidad. En regiones más desarrolladas los contaminantes que impactan en mayores medidas son, el  $NO_2$ , el  $PM_{10}$ , el  $PM_{2.5}$  y el  $O_3$ . Así mismo se puede detallar que en el inventario de emisiones de la UE-28 hay una predominancia de material particulado como lo podemos observar en el gráfico

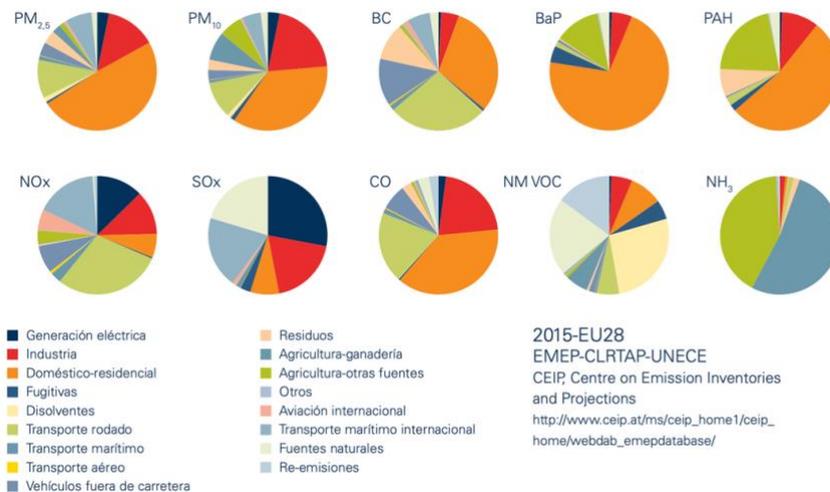


Figura 1. Inventario de Emisiones – UE-28

Si bien es cierto el material particulado se encuentra en mayor medida en los países mas desarrollados, no deja de ser un problema para las regiones en vías de desarrollo.

En el siguiente gráfico podemos observar una relación entre los niveles de Material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  y las diferentes ciudades del mundo, específicamente en la capital del Perú nos damos cuenta que Lima es una ciudad que contribuye considerablemente a los niveles altos de material particulado ( $PM_{10}$ ). Siendo así, debemos considerar que el material particulado  $PM_{10}$  es un contaminante cuyo tamaño es inferior a 10 micras y que pueden llegar a los pulmones ocasionando enfermedades respiratorias como es asma o las EPOC (enfermedades obstructivas crónicas). (Rodríguez, 2016)

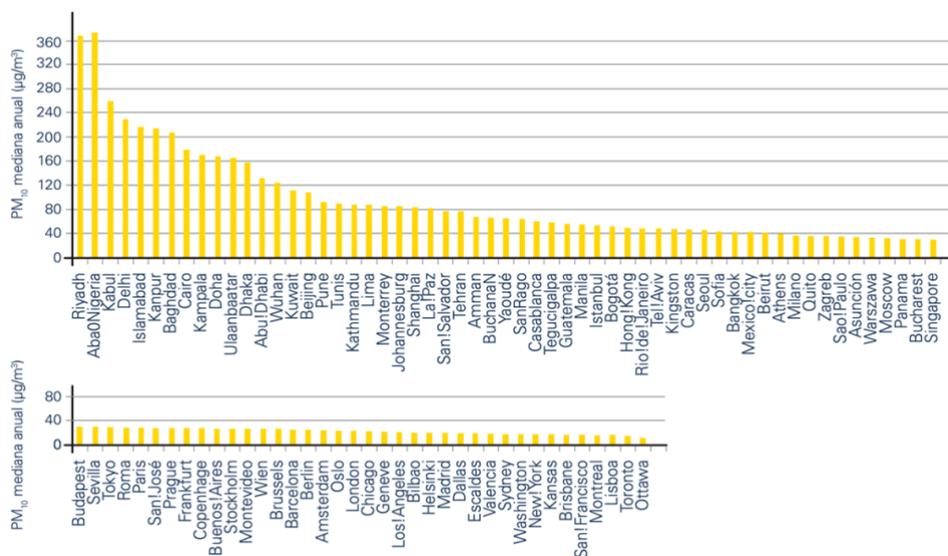


Figura 2. Niveles medios de PM<sub>10</sub> para las distintas ciudades del mundo

Así mismo podemos observar que el Perú ocupa un puesto importante en la escala de ciudades que contribuyen a la emisión de material particulado (PM<sub>2.5</sub>). Siendo así que este contaminante contribuye negativamente al bienestar del ser humano ya que sus partículas pueden llegar a las regiones alveolares y a la sangre provocando cardiopatías e infartos cerebrovasculares (Gonzáles, 2016)

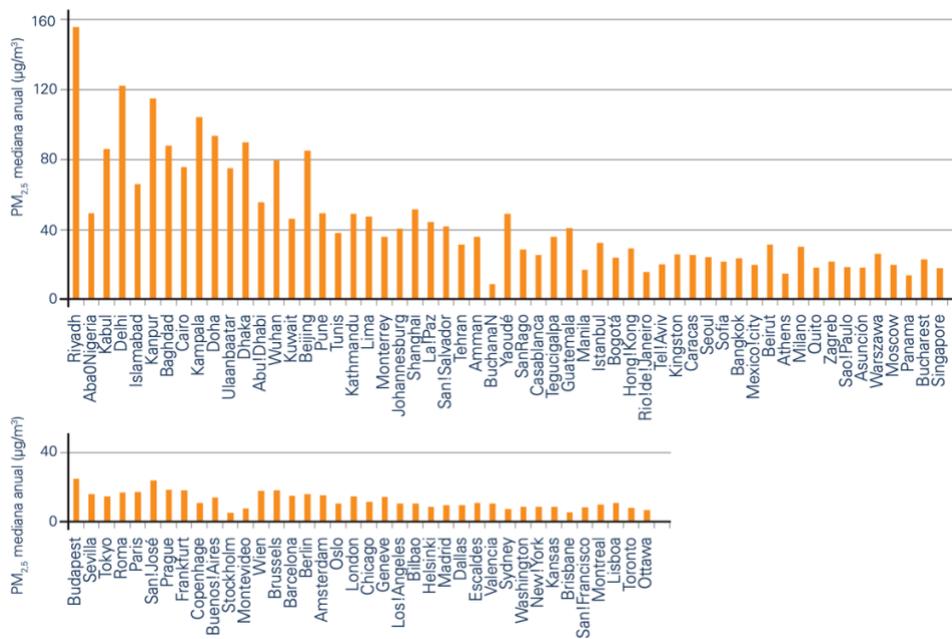


Figura 3. Niveles medios de PM<sub>2.5</sub> para las distintas ciudades del mundo

La contaminación aérea también está estrechamente relacionada con los fenómenos meteorológicos y específicamente con el material particulado, los autores Querol y Villalba (2018) detallan que los factores meteorológicos pueden inducir a el incremento de las concentraciones de contaminantes en superficie.

Es por ello que es importante definir que es meteorología, según Ignacio (2021) en su libro “Meteorología y Climatología” nos dice que la meteorología es una ciencia que estudia a la atmosfera y sus variables tales como el viento, la lluvia, la radiación

solar, etc. Pero también podemos ver que la Organización Meteorológica Mundial (OMM), nos dice que la meteorología es el estudio del tiempo atmosférico.

Para poder entender un poco mas que es la meteorología, es necesario saber que es la atmosfera. Méndez, (2019) en su articulo nos describe que la atmósfera es un reservorio de origen natural que contiene un sistema multifásico (Sólido, líquido y gas) y también nos describe que por la cantidad de componentes que posee la atmosfera es un sistema multicomponente (Nitrógeno, Oxígeno, Argón y otros en menor proporción) denominado aire. Según Méndez, (2019) nos describe que el aire forma una parte esencial en la atmosfera, se podría describir que su comportamiento esta ligado al dinamismo de la radiación solar gracias a su capacidad de crear gradientes de temperatura, presión y concentración que en ultima instancia son los encargados de el movimiento de masa, energía y momento. En resumen, el aire es la parte material y la atmosfera es el espacio. Seria preciso mencionar en una analogía que “La Hidrosfera es al agua, como la atmosfera es al aire.

Según Zúñiga (2021) en su libro “Meteorología y Climatología” detalla que el origen de la composición de la atmosfera esta relacionada a los gases emitidos por erupciones volcánicas posteriores al enfriamiento de la superficie de la tierra. Debido a este fenómeno podemos ver que actualmente la atmosfera cuenta con una composición mas definida, como la podemos observar en el siguiente gráfico.

Gas	M	Volumen %
N <sub>2</sub>	28,0	78.08
O <sub>2</sub>	32,0	20,95
Ar	39,95	0.93
CO <sub>2</sub>	44	0,02-0,04
O <sub>3</sub>	48	0,01
H <sub>2</sub> O	18	0,0-4,0

*Figura 4.* Composición media de la atmosfera, donde esta ordenado por su masa y su porcentaje de Volumen.

Así mismo en la investigación en curso es preciso mencionar que el viento es una variable muy importante para estudiar el comportamiento de los contaminantes que existen en nuestro planeta, además el viento es considerado como un fluido en constante movimiento sobre la superficie terrestre y es por ello que sus características vectoriales son descritas por la dirección, esta magnitud del viento se puede medir con la rosa de los vientos que contiene 8 o 16 rumbos, la rosa de los vientos fue la primera clasificación del viento basada en el comportamiento del mar y las hojas de los árboles. (Aragón, 2019)

Para mencionar algunos antecedentes del estudio en curso se consideró a Quenaya (2018) quien por medio de su investigación recopiló algunos datos de la Oficina Sectorial de Salud Arequipa lo cual nos informa que el área urbana de la ciudad de Arequipa, cuenta con un nivel de concentración de material particulado ( $PM_{10}$ ) de  $114.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el año 2017. Es decir  $1.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$  menos que el año 2016 ( $116.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), siendo así que ambos resultados superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Por lo tanto, se puede concluir que existe una contaminación por parte del material particulado en el área urbana en Arequipa.

Valdivia, (2020), Realizó una investigación acerca de la evaluación de Riesgos para la salud, en esta investigación detalla que los valores de concentraciones del material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , así como otros contaminantes que se tomaron en cuatro sitios de la región de Arequipa Perú, durante el año 2018, cuantificadas por muestreadores de alto volumen y otras técnicas como la cromatografía líquida, dieron como resultado que la concentración de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en todos los lugares estudiados sobrepasaron las normas establecidas en Perú. Añadiendo a este estudio la muestra de material particulado fue tomada en una época de frío (invierno) lo cual en comparación a otras épocas fue mayor la concentración, bajo esta información se puede afirmar que las condiciones meteorológicas afectan a que exista una mayor concentración o menor concentración de contaminantes, en este caso de Material Particulado. Añadiendo esta investigación podemos citar a

Camacho (2017), el cual en su investigación nos afirma que existe una relación entre la velocidad del viento y la concentración de material particulado.

Madariaga (2018), hizo un recopilatorio de resultados de concentraciones promedio del material particulado PM<sub>10</sub>, en la zona del cercado de Arequipa en la calle Filtro (Municipalidad Provincial de Arequipa) donde se encontraron datos mensuales de los años 2016 - 2018 cuyo en ECA fue de 150 µg/m<sup>3</sup> y 100 µg/m<sup>3</sup>. Estos resultados se resumen en la siguientes Tablas.

Tabla 1. Resultados basados en la información recopilada de Madariaga (2018) de la Concentración de material particulado PM<sub>10</sub> en el cercado de Arequipa en la calle Filtro – 2016

Mes	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ECA D.S. 074-2001 (PCM) (µg/m <sup>3</sup> )
Enero	121, 49	150 (µg/m <sup>3</sup> )
Febrero	89,36	150 (µg/m <sup>3</sup> )
Marzo	73, 20	150 (µg/m <sup>3</sup> )
Abril	77, 83	150 (µg/m <sup>3</sup> )
Mayo	121,30	150 (µg/m <sup>3</sup> )

Fuente: Madariaga (2017)

Tabla N° 2. Resultados basados en la información recopilada de Madariaga (2018) de la Concentración de material particulado PM<sub>10</sub> en el cercado de Arequipa en la calle Filtro – 2017

Mes	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ECA D.S. 003-2017 (MINAM) (µg/m <sup>3</sup> )
Octubre	150, 45	100 (µg/m <sup>3</sup> )
Noviembre	160,26	100 (µg/m <sup>3</sup> )
Diciembre	109,13	100 (µg/m <sup>3</sup> )

Fuente: Madariaga (2017)

Tabla N° 3. Resultados basados en la información recopilada de Madariaga (2018) de la Concentración de material particulado PM10 en el mercado de Arequipa en la calle Filtro – 2018

Mes	Concentraciones de PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ECA D.S. 003-2017 (MINAM) (µg/m <sup>3</sup> )
Enero	72,91	100 (µg/m <sup>3</sup> )
Febrero	116,40	100 (µg/m <sup>3</sup> )

Fuente: Madariaga (2017)

Maleki (2018) En su artículo nos describe la realidad en que existe en Ahvaz, Irán. Esta ciudad se ubica como la más contaminada del mundo con respecto al PM<sub>10</sub>, los resultados que se dieron en esta investigación fueron que existe una concentración de material particulado con valores máximos en el mes de Julio de 420,5 µg/m<sup>3</sup> y en enero de 154,6 µg /m<sup>3</sup>, estas concentraciones aportan a la mortalidad de esta ciudad de con cifras de 630 muertes por año.

Sánchez (2016), En este artículo el autor describe que la razón de su investigación se basó en la reflexión y la necesidad de enmarcar el concepto de calidad de vida de las personas, ya que Colombia se ve enfrentado por un crecimiento desmedido del parque automotor. El estudio se basó en el análisis de los efectos de contaminación urbana y como esta repercute en la salud de los pobladores. Se obtuvieron resultados en tiempo real a partir de una red de monitoreo de calidad de aire para la ciudad de Bogotá – Colombia (RMCAB) de la estación TUNAL (Bogotá). Como resultado se obtuvo que la contaminación del aire por PM<sub>10</sub> genera problemas respiratorios y cardiovasculares, lo cual representa un gran problema para los pobladores de Bogotá – Colombia.

Manes, (2016) En el artículo que relata el autor nos dice que como es que se podría regular la cantidad de PM<sub>10</sub> y O<sub>3</sub> en base a incrementar los bosques urbanos y periurbanos de 10 ciudades de Italia. En este estudio se cuantificó principalmente el Ozono (O<sub>3</sub>) y el Material Particulado (PM<sub>10</sub>); la eliminación de este contaminante se mapeo a partir de un enfoque de teledetección y SIG. Se estima que para las diez ciudades en Italia habrá una reducción de 7150 Mg de PM<sub>10</sub> y 30.014 Mg de O<sub>3</sub> por el uso de esta infraestructura verde. El estudio es una evaluación para aplicar no solamente a las diez ciudades de Italia, sino que se busca aplicarla a una escala

nacional, además este estudio también servirá de información para aquellas partes que deseen gestionar la infraestructura verde de una manera mas eficiente.

Morales (2019) Nos dice en este artículo acerca de las enfermedades que puede causar el material particulado en las personas. En Cerro de Pasco la cantidad de PTS fueron de 3737 Tm/año, el 99.8% fue vertido fue producto de la minería, mientras que el 56% fue material particulado (PM<sub>10</sub>). Estas partículas están constituidas por mineral donde en su mayoría es hierro, magnesio, zinc, plomo y cobre. La fuente principal de este contaminante fue generada por el tajo abierto Raúl Rojas. Principalmente este contaminante (PM<sub>10</sub>) provoca enfermedades que afectan al sistema respiratorio, especialmente a niños y adultos mayores. Estas personas perciben estas enfermedades de forma crónica y aguda las cuales pueden llevarlos a la muerte.

Uno de los datos que cabe resaltar en el estudio es que se encontró que la mayor cantidad de contaminación fue en una época de clima seco, lo cual hizo que se incrementara la cantidad de afecciones hospitalarias por infecciones respiratorias.

Las empresas mineras no pueden controlar la contaminación por cual se necesita implementar programas de prevención y control de infecciones. La investigación contribuye a entender el comportamiento de las enfermedades que sufren los pobladores de Cerro de Pasco, donde se ve una tendencia de afecciones respiratorias y por lo tanto atenciones hospitalarias en épocas de clima seco. Se plantea establecer lineamientos los cuales puedan modificar la normativa de calidad del aire relacionada al material particulado PM<sub>10</sub>.

Wannaz, (2021) Investigó acerca de como es que la el material particulado PM<sub>10</sub> puede estar relacionada con el transporte del virus SARS-CoV-2.

Desde que apareció la nueva enfermedad COVID -19 en todo el mundo en 2020 se han dado cambios culturales; algunos de estos cambios han sido positivos para el planeta ya que particularmente las concentraciones de material particulado PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> han disminuido, haciendo una comparación entre el año 2019 que fue el periodo antes de la pandemia con las concentraciones registradas de mayo a

octubre del 2020, en Arequipa se vio que los días domingos hubo una disminución en la concentración de  $PM_{2.5}$  (> 21,0%) y  $PM_{10}$  (> 21,5%), cuando la población se encontraba en cuarentena total. Así mismo se encontró una relación entre la cantidad de infecciones y la concentración del material particulado  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  cuando en los estudios se obvió los días domingos estas relaciones ya no eran tan significativas. Luego se hizo una correlación entre el material particulado y los casos de COVID – 19 lo cual afirmó que las infecciones de COVID – 19 estaban relacionadas con el material particulado  $PM_{10}$ . Se concluyó que el material particulado  $PM_{10}$  actuaría como un vector sin embargo estos resultados también se podrían deber a factores socio económicos. Para tener una investigación completa se necesita saber como es que se comporta el virus del SARS-CoV-2.

Principalmente esta investigación se uso para contextualizar el comportamiento del material particulado.

Megido, (2017), vol. 177, p. 284-291. En esta investigación nos narra de como el material particulado afecta en mayor proporción a los adultos que a los niños, se observo que según el estudio realizado en dos ciudades suburbanas del norte de España, que el límites de riesgo de cáncer no excedían los límites para adultos y que los contaminantes como el Pb (plomo) y el Zn (zinc) en el PM (material particulado) son un mayor riesgo en la salud para los niños que para los adultos, también se concluyo que en estas ciudades de España el riesgo de salud era mas para la población industrial que para las áreas con tráfico que se analizaron.

Se concluyo que con los límites analizados hay un mayor riesgo para niños, la ingesta, la inhalación y el contacto con la piel de los elementos Pb, Zn en  $PM_{10}$  representan un riesgo para la salud humana debido a que podría causar efectos de cáncer y efectos no cancerígenos.

Sustainable Cities and Society, (2019, vol. 48, p. 101537.) Para motivos de descripción del comportamiento del material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ) se consideró un estudio relacionado a como es que afecta este contaminante a la calidad de vida de las personas, no solamente externa, sino que dentro de los hogares, es decir que si no se tiene una reducción o un tratamiento adecuado en

contaminación exterior, el aire de las viviendas, empresas, centro de estudios tendrán una mala calidad.

En el estudio realizado se tomaron muestras que duraron 24 horas evaluando el material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) este estudio se llevo a cabo en 179 lugares en el país de Polonia en la ciudad de Cracovia. Los análisis se realizaron simultáneamente en exteriores e interiores. En el lugar del monitoreo se usaron monitores de aerosoles personales. Referente a los resultados el material particulado externo fue mayor que el interno, sin embargo, estas cifras variaron a partir del tipo de ventanas, la temporada y el método de calefacción. Además, este estudio nos muestra que el aumento de las concentraciones a nivel interno repercute a nivel externo. Por lo tanto, si se hace un cambio interno de las viviendas, como el sistema de calefacción o el cambio de ventanas. Esto ayudará a la mejora de calidad de aire interior y por lo tanto también tendremos una mejor calidad de vida.

(MINAM 2017), Según el Ministerio del Ambiente y la constitución, nos habla acerca de que todas las personas poseen el derecho a tener, disfrutar de un ambiente en equilibrio y adecuado para un desarrollo pertinente, los individuos deben de aportar a una gestión ambiental efectiva y sobre todo cuidar el medio ambiente y sus componentes, cuidar el bienestar colectivo e individual de las personas, cuidar la riqueza de flora y la fauna, explotar de una manera sostenible los recursos naturales.

Con respecto a la normativa establecida en el año 2017 para aprobar los Estándares de Calidad del aire por el Ministerio del Ambiente según el Decreto Supremo N° 003 - 2017 – MINAM nos dice que los límites máximos permisibles de material particulado es 50 microgramos por metro cúbico (Diario el Peruano, 2017)

Tabla 4. Estándares de Calidad Ambiental para Aire / PM

Parámetros	Periodo	Valor (µg/m <sup>3</sup> )	Criterio de Evaluación	Método de análisis
------------	---------	----------------------------	------------------------	--------------------

Material Particulado con diámetro menor a 10 micras. (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	No exceder mas de 7 veces al año	Separación Inercial/filtración (gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	

Fuente: Diario el Peruano – Ministerio del Ambiente (MINAM) – D.S. Nº 003-2017

Para poder tener un mejor entendimiento de los términos que se utilizarán en la investigación, es importante conocer que es un LMP y un ECA.

Según el SENACE (2017) un Estándar de Calidad Ambiental (ECA), es la cuantificación del nivel de concentración de componentes, sustancias o indicadores físicos, químicos y biológicos, estos no simbolizan un riesgo para la salud de las personas. Los estándares de calidad ambiental, no son sancionables, es un derecho que todos los ciudadanos tenemos según la constitución, además se considera como una meta que las personas deberían cumplir a favor del medio ambiente.

Según el INACAL, (2017) Un LMP (límite máximo permisible), al igual que el ECA mide la concentración y los parámetros físicos, químicos y biológicos, estos son susceptibles a ser evaluados por organismos que forman parte del Sistema de Gestión Ambiental, su ejecución es exigible legalmente por el MINAM.

Habitualmente estos los LMP son medidos en la fuente emisora del contaminante, es decir que nosotros tendremos que medir por ejemplo en los tubos de escape de los vehículos o de alguna industria que genere contaminantes nocivos al aire o cualquier parámetro ambiental. Finalmente, los límites máximos permisibles son controlados, inspeccionados y observados por la población en general.

Según la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) se pudo realizar una proyección del año 2010 – 2017 con el fin de determinar que concentración de material particulado existía en la urbe de Arequipa, este estudio dio como resultado algunas cifras no favorables para la ciudad de Arequipa. Se encontró un promedio de concentraciones anuales del 2010 al 2017 que excedían considerablemente los

Límites Máximos Permisibles y los ECA de aire según el D.S. N° 003-2017 – MINAM.

Se encontró que en los años 2015 y 2016 hubo una concentración que no excedía el ECA de aire con unas cifras de 24 y 37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo, en los años 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 y 2017 se encontraron concentraciones no favorables y que excedían los ECA de aire establecidos en el 2017 que son 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Estos resultados se pueden interpretar y decir que existe actualmente una concentración de material particulado perjudicial para salud de la población Arequipeña.

Tabla 5. *Concentración de Material Particulado (PM<sub>10</sub>) Anual*

Años	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Promedio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	90.56	74.58	98.21	105.37	76.78	71.28	72.76	111.77
Concentración Máxima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	154.80	92.00	136.00	146.00	89.00	98.00	137.00	125.72
Concentración Mínima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	50.50	55.75	66.20	71.00	60.00	37.00	24.00	88.23

Fuente: Quenaya Calle, E. C.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo de diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de Investigación**

El estudio que se realizó tuvo como enfoque principal el tipo de investigación cuantitativo correlacional ya que se busca cuantificar y relacionar la concentración del material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ) con la calidad del aire que existe en el Ovalo San Lázaro en la ciudad de Arequipa, también es cuantitativo ya que busca interpretar y medir la concentración de material particulado y esto está relacionado ha que tenga una característica objetiva y concreta. La base principal de la investigación de tipo cuantitativa correlacional es relacionar que existan dos o mas conceptos o variables en un ámbito en específico, por lo tanto, también es necesario que la correlación de las variables esté relacionada entre si, ya que existen correlaciones espurias que aparentemente se relacionan, pero en realidad no. Uno de los propósitos de la investigación en curso es saber como es que se comportan las variables entre si, dando como resultado una correlación positiva (muestra una relación directamente proporcional entre las variables) o negativa (muestra una relación inversamente proporcional entre las variables). El tipo de investigación correlacional tiene características explicativas incompletas. Existe un grado de valor explicativo al poder demostrar la relación que existe entre las dos variables o conceptos. (Hernandez Mendoza, 2018, p. 110)

#### **3.2. Diseño de la Investigación**

Según (Hernández y Mendoza, 2018) El diseño de la investigación aplicado en el estudio en curso es no experimental – transversal o transeccional no longitudinal, ya que el estudio que haremos se dará en un espacio de tiempo determinado y lo que se busca no es hacer un cambio en el objeto de estudio que sería el Material particulado, tampoco hacer ninguna manipulación de esta variable sino evaluar como repercute este contaminante en la calidad del aire, es decir que en base a los instrumentos que usemos determinaremos si el material

particulado afecta o no considerablemente a la calidad de aire del lugar estudiado.

### **3.3. Variables y Operacionalización**

La investigación tiene un estudio basado en la participación de dos variables, detallado en la matriz de consistencia

#### **3.3.1. Variable 01**

**V1:** “Material Particulado”

#### **3.3.2. Variable 02**

**V2:** “Calidad del aire”

### **3.4. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.**

#### **3.4.1. Población**

Población es el conjunto de todos los casos que son coherentes con una serie de especificaciones (Hernández y Mendoza, 2018, p. 174).

Para la investigación actual se tomó como población al cercado de Arequipa, específicamente en el Ovalo San Lázaro. El motivo de por que se delimitó esta población es que por que este lugar es un foco de contaminación aérea debido a que existe una gran concurrencia de transporte terrestre público y particular.

El Ovalo San Lázaro a su vez es un lugar donde las personas son expuestas a esta contaminación y es por eso que en base a una metodología cuantificaremos el material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  para determinar la calidad del aire que existe.

#### **3.4.2. Muestra**

En la presente investigación se realizó una selección de muestra probabilística aleatoria simple ya que según Otzen, Tamara (2017) nos dice que el muestreo aleatorio simple garantiza que los individuos estudiados tienen una misma oportunidad de ser incluidos en la muestra. En nuestro caso es una muestra probabilística aleatoria

simple por que seleccionamos variables de los contaminantes (PM2.5 y PM10) y algunos parámetros meteorológicos.

### **3.4.3. Unidades de Análisis**

Respecto a las unidades de análisis del estudio en curso se refiere a todos los elementos que se esta estudiando en la población, en este caso son el PM10 y PM 2.5, parámetros meteorológicos (temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento). Sampieri (2018), describe que la Unidad de análisis nos ayudará a poder elaborar los datos o información que se estudiará por medio de procedimientos y herramientas estadísticos.

## **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para Hernández y Mendoza (2018) el recolectar datos implica aplicar uno o varios instrumentos de medición. Los datos son la base del análisis, es decir que sin los datos no podremos realizar nuestra investigación, también considerar que es necesario tener claro nuestra hipótesis, tanto operacional y conceptualmente.

### **3.5.1. Técnicas**

Según Marcondes (2018), el elegir las técnicas e instrumentos para la recopilación de datos debe estar estrechamente relacionado con las características propias del estudio.

Hernández y Mendoza, (2018) detalla que existe distintas técnicas de recolección de datos, en la investigación se utilizó el sistema de medición por aparatos mecánicos o electrónicos ya que era el sistema que más se adecuaba a la investigación

### **3.5.2. Instrumento de recolección de datos**

Según Hernández y Mendoza (2018, p.228), menciona que un instrumento de medición es el que se encarga de registrar datos con características observables los cuales representan a las variables o conceptos que nacen en la mente del investigador. Aclarando que

medir es asignar caracteres numéricos, símbolos o valores de propiedades de objetos o algunos eventos de acuerdo con reglas establecidas.

Según la variable estudiada, las principales fuentes que proporcionaron los datos para la investigación en curso fueron equipos de monitoreo ambiental. Específicamente un muestreador de alto volumen conocido como HI-VOL el cual se encargó de recolectar datos del material particulado  $PM_{10}$ , un equipo de monitoreo automático de bajo volumen conocido como LOW-VOL, el cual se encargó de poder recolectar el material particulado  $PM_{2.5}$  y finalmente una estación meteorológica la cual recolectó datos meteorológicos que nos ayudó a poder conocer el comportamiento de las variables meteorológicas y como es que influye en el comportamiento del material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ .

Como instrumentos adicionales que se utilizaron en la investigación tuvieron como propósito poder recolectar datos complementarios como la ubicación del punto de monitoreo que para ello se utilizó un GPS, y para poder evidenciar que se realizó un monitoreo en la ubicación correcta desde su fase inicial se hizo una recaudación de evidencia fotográfica con una cámara profesional.

### **3.5.3. Validez**

Según Hernández y Mendoza (2018), la validez se refiere al grado de exactitud de medición de la variable a través de un instrumento. La validez de los instrumentos fue respaldada por un laboratorio certificado. El laboratorio está avalado por entidades pertinentes encargadas de velar por la calidad, normativa, normalización técnica y acreditación en materia de calidad. El laboratorio se encargó de analizar la muestra de material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  y estos fueron recolectados por equipos de monitoreo ambiental de bajo y alto volumen.

#### **3.5.4. Confiabilidad**

Según Hernández y Mendoza (2018), la confiabilidad se refiere al grado de exactitud con que el instrumento pueda medir repetidamente a una determinada variable.

En la investigación las variables fueron medidas con instrumentos confiables y se puede evidenciar con certificados que están avalados por entidades verificadas.

### **3.6. Procedimientos**

#### **3.6.1. Procedimiento Equipos de monitoreo**

##### **3.6.1.1. Procedimiento pre monitoreo**

###### **a) Equipo de alto volumen Hi – vol (PM<sub>10</sub>)**

- Antes de poder iniciar el monitoreo se recogieron los filtros del laboratorio previamente pesados, identificados y protegidos.
- Al recibir los filtros nos proporcionaron guantes de nitrilo para poder manipular el filtro, ya que si manipulamos el filtro con guantes que puedan contener talco u otros añadidos podrían alterar la muestra, así también si no disponemos de guantes nuestras manos podrían tener algún tipo de partícula que pueda afectar al resultado del análisis que se realizará en el laboratorio luego del monitoreo de calidad del aire.
- Posteriormente se verifico que la cuña de colección este debidamente lubricada por la silicona en Spray Molycote 316 (recomendada por el manual del equipo). La silicona se puso para la retención de partículas mas grandes que 10 micras.
- Posteriormente, para poder verificar que el equipo estuvo prendido las 24 horas se utilizó una carta de registro de flujo conocida como (CHART),
- Luego se hizo el requerimiento de la certificación del equipo de monitoreo de alto volumen PM<sub>10</sub>.

**b) Equipo de bajo volumen Low – vol (PM<sub>2.5</sub>)**

- Antes de poder realizar el monitoreo se recogió en laboratorio un filtro para material particulado PM<sub>2.5</sub>.
- El laboratorio nos proporciono guantes de nitrilo sin talco para poder hacer una correcta manipulación del filtro de material particulado PM<sub>2.5</sub>.
- Se hizo el requerimiento de los certificados del equipo de monitoreo de bajo volumen (PM<sub>2.5</sub>).
- Se tuvo que solicitar un trípode para poder ubicar nuestro equipo de monitoreo de bajo volumen Low – vol (PM<sub>2.5</sub>).

**c) Estación meteorológica.**

- Antes de poder instalar la estación meteorológica nos aseguramos de tener baterías para la consola de la estación meteorológica.
- Nos aseguramos de poner tener una llave Allen para poder ajustar nuestra veleta.
- Se procuró tener un trípode para poder poner los sensores de la estación meteorológica.

**3.6.1.2. Procedimientos Monitoreo**

**a) Equipo de alto volumen Hi – vol (PM<sub>10</sub>)**

- Antes de situar el equipo de alto volumen Hi-vol se acordó y se coordinó usar la azotea de una vivienda ubicada en Calle Santa Catalina 509, cerca de la Plaza San Lázaro de Arequipa.
- Seguidamente luego de haber coordinado se descargaron todos los equipos en la azotea de la vivienda.
- Al momento de poder tener todos los equipos descargados se ubicaron para que ningún tipo de obstáculo pueda alterar el monitoreo ambiental de calidad de aire.
- Una vez instalado el equipo, se procedió a tomar las coordenadas UTM con la ayuda de un GPS.

- También se aseguro que las conexiones eléctricas y las extensiones eléctricas no tuvieran fallas.
  - Verificamos que el cabezal del equipo de monitoreo HI – VOL se encuentre a una altura similar al de la respiración de una persona o preferentemente ubicado entre 2 a 7 metros sobre una plataforma elevada.
  - Luego de haber instalado el equipo realizamos la colocación de papel filtro en un sitio limpio y cerrado. Lo primero que realizamos fue el poder retirar el filtro del sobre y colocarnos los guantes de nitrilo, seguidamente colocamos el filtro en el porta filtro del equipo de monitoreo de alto volumen (HI-VOL) y finalmente para poder instalar el filtro en el equipo colocamos la tapa o cubierta del porta filtro.
  - Una vez que el filtro estaba asegurado procedimos a instalarlo levantando el cabezal del equipo y colocamos el porta filtro asegurándolo con los pernos y tuercas en forma diagonal hasta fijarlo correctamente, seguidamente retiramos la tapa de porta filtro y cerramos la cubierta del cabezal asegurándolo con los seguros externos.
  - Luego de colocar y asegurar el filtro escribimos el nombre de la estación en una pizarra para poder evidenciar posteriormente en una fotografía.
  - Insertamos la carta de flujo en el flow chart.
  - Conectamos a la corriente el equipo de monitoreo y programamos el equipo con el TIMER a 24h +/- 1h.
  - Luego esperamos cinco minutos hasta que se que se estableció la presión. Posteriormente la medimos con un manómetro electrónico para tener un registro.
- b) Equipo de bajo volumen Low – vol (PM<sub>2.5</sub>)**
- El primer paso para poder instalar el equipo de monitoreo de bajo volumen fue instalarlo en un trípode a una altura considerable esto

fue con el fin de que el equipo pueda muestrear la calidad del aire de una manera correcta.

- Posteriormente se colocó el frasco humedad.
- Luego de poder haber instalado el equipo de bajo volumen se procedió a poner el filtro proporcionado por el laboratorio, lo primero que se hizo fue colocarnos los guantes de nitrilo para manipular el filtro.
- Seguidamente colocamos el filtro en el CASSETTE del equipo de bajo volumen LOW – VOL para luego instalarlo en el compartimento del equipo de bajo volumen.
- Estación Meteorológica
- Lo primero que se realizó fue ubicar la estación meteorológica en un trípode ubicado a una altura considerable, esto fue con el fin de que los sensores de las variables meteorológicas puedan medir los parámetros correctamente.
- Seguidamente después de que se pudo instalar los sensores.
- Posteriormente se configuró la consola de la estación meteorológica.
- Luego se ubico la veleta en dirección norte.
- Finalmente se aseguró la consola en un lugar seguro para que ninguna variable pueda averiar el equipo.

### **3.6.2. Procedimientos post muestreo**

#### **a) Equipo de alto volumen Hi – Vol (PM<sub>10</sub>)**

- Luego de haber culminado las 24 horas +/- 1h se procedió a ir al lugar donde se realizo el monitoreo.
- Culminado el periodo de muestreo, procedimos a poder levantar el cabezal del equipo y tapar el porta filtro para posteriormente retirarlo.

- Una vez ya retirado el porta filtro y asegurado desconectamos la energía que suministraba al equipo de monitoreo de alto volumen HI – VOL.
- Luego de haber desconectado la energía, se procedió a retirar el filtro del porta filtro.
- Seguidamente Usando los guantes de nitrilo retiramos con sumo cuidado el filtro.
- Posteriormente se dobló por la mitad por el lado hacia el lado que contenía la muestra y se introdujo en un sobre ya rotulado para luego sellarlo con una cinta y ser llevado al laboratorio.
- Luego de asegurar nuestro filtro se procedió a desinstalar el equipo de alto volumen que posteriormente sería guardado en sus respectivos estuches.
- Posteriormente, para corroborar las coordenadas iniciales se hizo una nueva medición con el GPS y también se anotaron algunas observaciones del punto de monitoreo como las condiciones climáticas y meteorológicas.
- Finalmente, el equipo fue llevado al transporte para culminar el monitoreo.

**b) Equipo de bajo volumen Low – Vol (PM<sub>2.5</sub>)**

- Luego de terminado las 24 horas +/- 1 h del monitoreo, procedimos a ir desinstalar los equipos.
- Como prioridad se abrió la puerta del equipo de bajo volumen y retiramos el CASSETTE donde se encontraba el filtro de material particulado PM<sub>2.5</sub>.
- Luego de retirado el CASSETTE, se procedió a destaparlo y luego retirar el filtro con ayuda de los guantes de nitrilo.
- Seguidamente retiramos el frasco de humedad.
- Y finalmente retiramos el equipo de bajo volumen del trípode para luego empacarlo y partir.

### **c) Estación meteorológica**

- Para poder retirar la consola se procedió a ir al punto de monitoreo.
- Una vez ubicado en el punto de monitoreo desconectamos la consola de la estación meteorológica y retiramos las baterías.
- Seguidamente retiramos los sensores y la estación meteorológica del trípode.
- Posteriormente, para corroborar las coordenadas iniciales se hizo una nueva medición con el GPS y también se anotaron algunas observaciones del punto de monitoreo como las condiciones climáticas y meteorológicas.
- Y finalmente empacamos la estación meteorológica.

### **3.6.3. Trabajo en gabinete**

- Luego de haber culminado las actividades del post muestreo, llenamos los datos recolectados en campo como las condiciones meteorológicas, coordenadas UTM, parámetros a analizar, todos estos datos se llenaron en una cadena de custodia para posteriormente enviarlo a laboratorio.
- Se descargó la data meteorológica mediante el software WEATHERLINK en una computadora
- Posteriormente con los datos meteorológicos descargados se realizó la rosa de vientos con el software WR PLOT.
- Seguidamente se descargaron las fotografías del monitoreo ambiental para su posterior uso.
- Finalmente, el laboratorio proporciono los resultados en un tiempo aproximado de 15 días. Para el material particulado PM10 y PM2.5.

### **3.7. Método de análisis de datos**

Para que los objetivos de la investigación en curso sean fidedignos se debe de verificar que según el DS. N°003-2017-MINAM, el método que utiliza el laboratorio certificado por INACAL es la Separación, Inercial/ filtración (Gravimetría).

### **3.8. Aspectos éticos**

El presente trabajo se desarrolló en aplicación del código de ética impartido por la Universidad Cesar Vallejo, basado en las normas y manual 690:2010. Los resultados obtenidos de esta investigación en el título "Caracterización del Material Particulado para la Evaluación de la Calidad del Aire en el Ovalo San Lázaro - Arequipa" demuestran que es único y original como aporte a la investigación actual reflejando en el campo de la investigación cuyos criterios de autenticidad y legalidad utilizados durante y después del proceso, demuestran que la tesis es auténtica y legítima propia del autor.

**IV. RESULTADOS**  
**4.1. Calidad de Aire**  
**4.1.1. Partículas PM<sub>10</sub>**

Tabla 6. Concentración de material particulado PM<sub>10</sub>

Estación	Fecha de monitoreo	Concentración Promedio diaria	Unidad	ECA
CA – 1	06-07/07/2021	145	µg/m <sup>3</sup>	100

Fuente: Informe de Ensayo N° 2-01751/21. Certificaciones del Perú S.A.

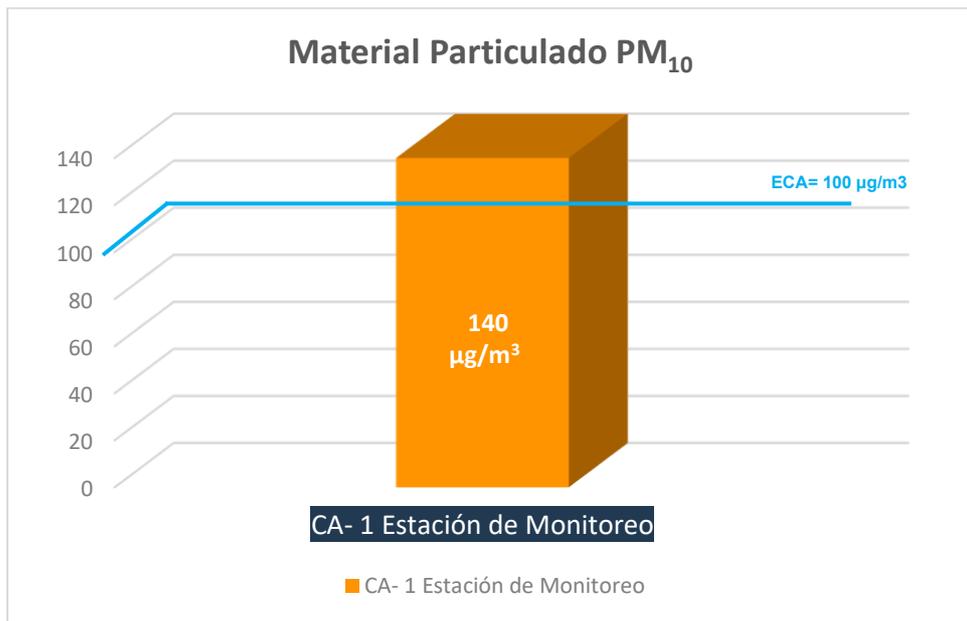


Figura 5: Concentración de material particulado PM<sub>10</sub>

En la figura 5 se puede observar que hubo una concentración de Material Particulado PM<sub>10</sub> registrada en la estación de monitoreo CA-1, fue de 145 µg/m<sup>3</sup>. Dicho valor se encuentra por encima de los Estándares de Calidad Ambiental, para este parámetro (PM<sub>10</sub> = 100 µg/m<sup>3</sup>) establecido por Decreto Supremo N° 003 – 2017- MINAM.

#### 4.1.2. Partículas PM<sub>2.5</sub>

Tabla 7. Concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub>

Estación	Fecha de monitoreo	Concentración Promedio diaria	Unidad	ECA
CA – 1	06-07/07/2021	34.2	µg/m <sup>3</sup>	100

Fuente: Informe de Ensayo N° 2-01751/21. Certificaciones del Perú S.A.

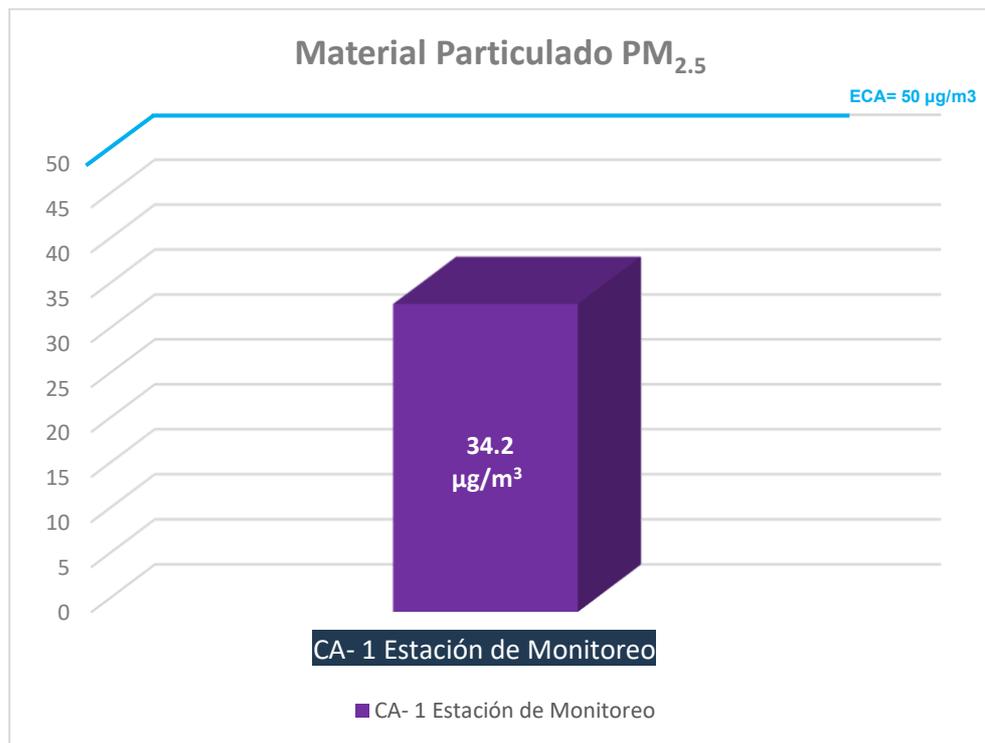


Figura 6. Concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub>

En la gráfica 10 se puede observar que hubo una concentración de Material Particulado PM<sub>2.5</sub> registrada en la estación de monitoreo CA-1, fue de 34.2 µg/m<sup>3</sup>. Dicho valor se encuentra por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para este parámetro (PM<sub>2.5</sub> = 50 µg/m<sup>3</sup>) establecido por Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

### 4.1.3. Parámetros Meteorológicos

Tabla 8. Parámetros meteorológicos estación CA -1

Fecha	Hora	Temperatura	Humedad	Velocidad del viento	Dirección del viento	Presión
		(°C)	(%)	(m/s)		(mbar)
6/07/2021	2:00 p.m.	24.1	13	1.8	SSW	768.3
6/07/2021	3:00 p.m.	22.1	15	1.8	S	768.2
6/07/2021	4:00 p.m.	21.4	16	1.3	SSW	768.1
6/07/2021	5:00 p.m.	18.7	20	0.9	SW	768.5
6/07/2021	6:00 p.m.	15.2	30	CALMA	---	769.1
6/07/2021	7:00 p.m.	12.4	38	CALMA	---	769.6
6/07/2021	8:00 p.m.	11.4	36	CALMA	---	769.7
6/07/2021	9:00 p.m.	10.7	38	CALMA	---	769.6
6/07/2021	10:00 p.m.	9.7	39	CALMA	---	769.5
6/07/2021	11:00 p.m.	9.2	37	CALMA	---	769.3
7/07/2021	12:00 a.m.	9.3	36	CALMA	---	768.8
7/07/2021	01:00 a.m.	8.5	36	CALMA	---	768.2
7/07/2021	02:00 a.m.	8.0	36	CALMA	---	767.7
7/07/2021	03:00 a.m.	8.1	37	CALMA	---	767.6
7/07/2021	04:00 a.m.	8.2	35	CALMA	---	767.5
7/07/2021	05:00 a.m.	8.3	35	CALMA	---	767.6
7/07/2021	06:00 a.m.	8.2	37	CALMA	---	768
7/07/2021	07:00 a.m.	11.2	33	CALMA	---	768.3
7/07/2021	08:00 a.m.	16.8	18	CALMA	---	768.4
7/07/2021	09:00 a.m.	20.6	15	CALMA	---	768.2
7/07/2021	10:00 a.m.	23.4	15	0.9	WNW	767.4
7/07/2021	11:00 a.m.	22.0	16	2.2	S	767.4
7/07/2021	12:00 p.m.	22.5	16	2.2	SSW	767.1
7/07/2021	01:00 p.m.	22.7	15	2.2	WSW	766.4
PROMEDIO		14.7	27.6	1.7	SSW	768.3

MAXIMO	24.1	39	2.2		769.7
MINIMO	8.0	13	CALMA		766.4

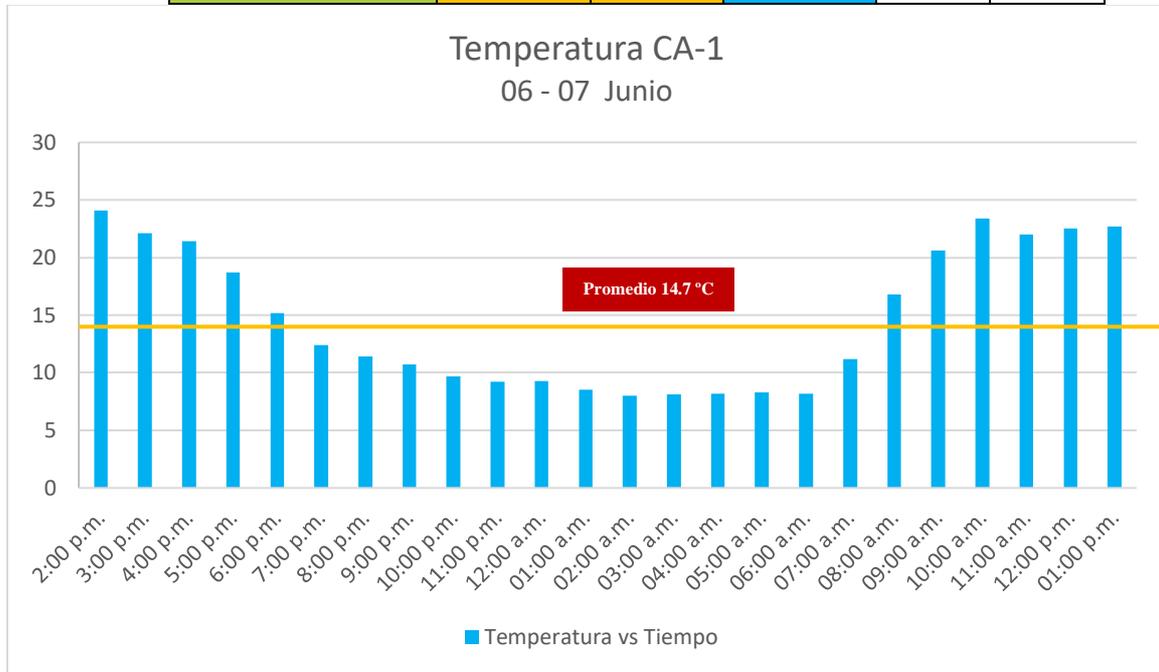


Figura 7. Temperatura estación CA-1

En la gráfica 11 observamos que el valor **máximo** de **temperatura** registrado en la estación de monitoreo CA – 1, fue de 24.1 °C a las 02:00 p.m. y el valor **mínimo** de temperatura fue de 8 °C a las 02:00 a.m.; resultando un valor **promedio** de 14.7 °C.

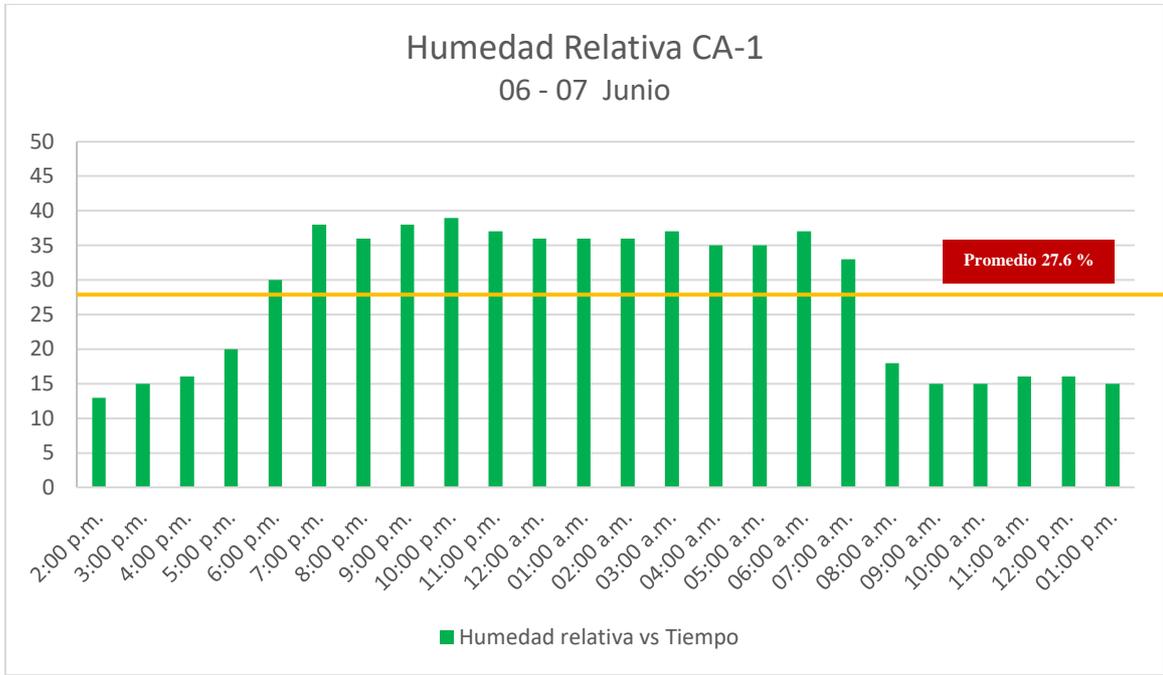


Figura 8. Humedad Relativa - Estación CA-1

En la gráfica 12 podemos observar que el valor **máximo** de **Humedad relativa** registrado en la estación de monitoreo CA – 1, fue de 39% a las 10:00 a.m. y el valor **mínimo** de **Humedad Relativa** fue de 13% a las 02:00 p.m.; resultando un valor **promedio** de 27.6 %.

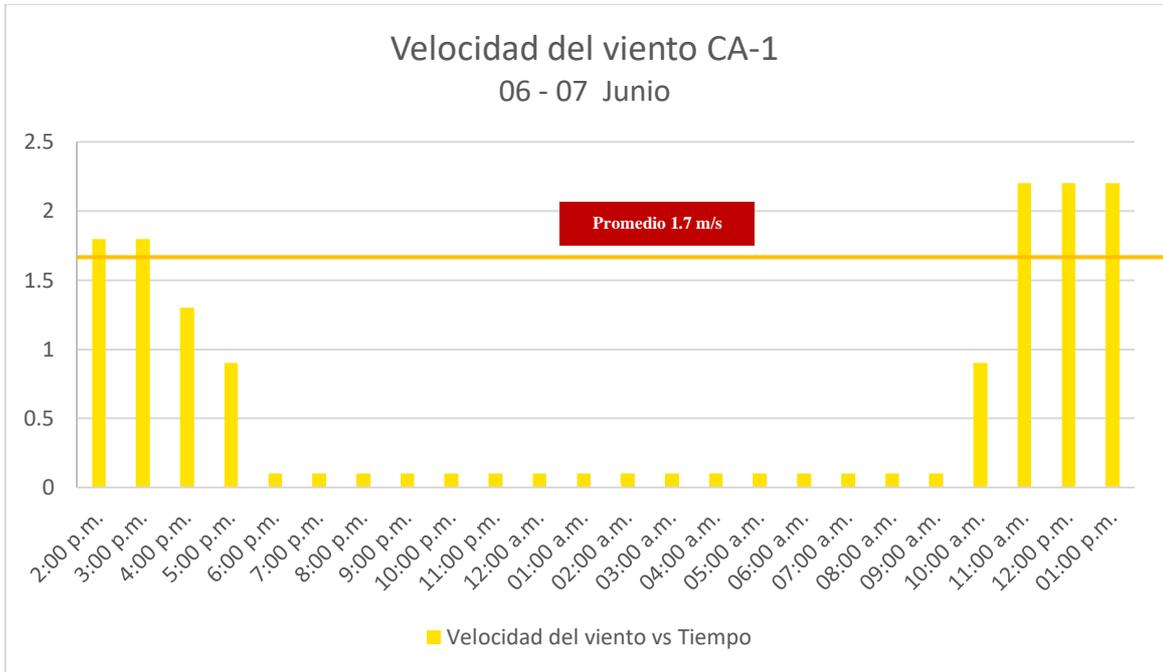


Figura 9. Velocidad del viento - Estación CA-1

En la gráfica 13 podemos observar que el valor **máximo** de **Velocidad del viento** registrado en la estación de monitoreo CA – 1, fue de 2.2 m/s a las 11:00 a.m. y el valor **mínimo** de **Velocidad del viento** fue de CALMA (<0.5 m/s) a las 06:00 p.m. hasta las 9:00 a.m., resultando un valor **promedio** de 1.7 m/s.

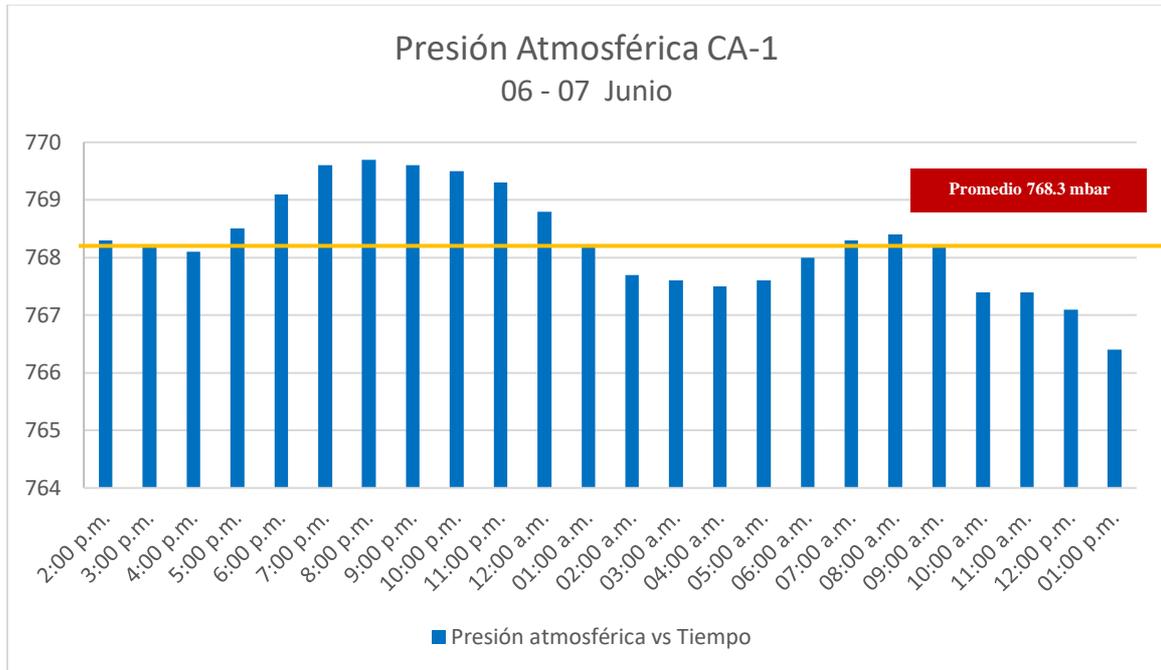


Figura 10. Presión atmosférica Estación CA-1

En la gráfica 14 podemos observar que el valor **máximo** de **Presión atmosférica** registrado en la estación de monitoreo CA – 1, fue de 769.7 mbar a las 08:00 p.m. y el valor **mínimo** de **Presión atmosférica** fue de 766.4 mbar las 01:00 p.m. resultando un valor **promedio** de 768.3 mbar.

#### 4.1.1. Rosa de vientos

Fuente: Elaboración propia – Software Wrplot

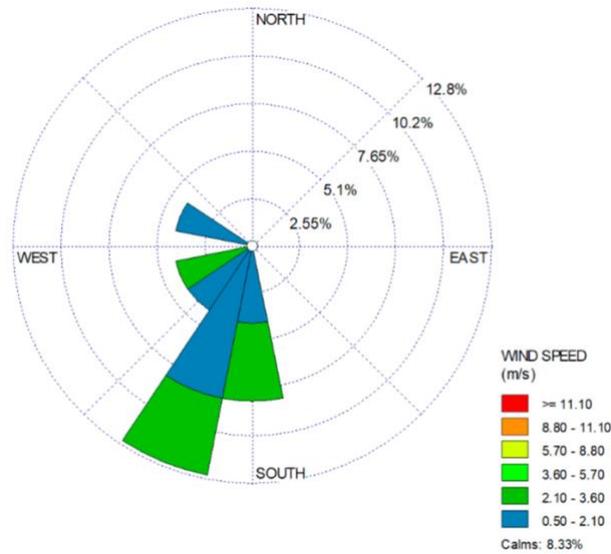


Figura 11. Rosa de vientos CA-1

Fuente: Elaboración propia – Software WRPLOT

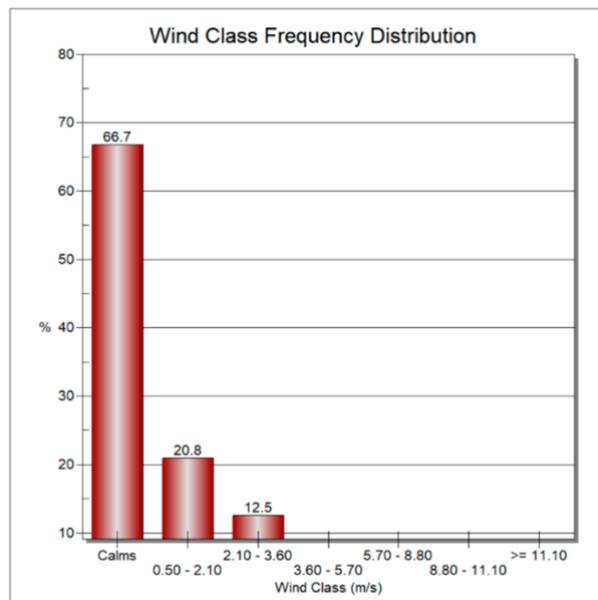


Figura 12. Dirección predominante del viento – CA-1

En la gráfica 15 podemos observar hacia donde se dirige el viento el cual tiene una predominancia SSW, lo cual nos indica que esta en dirección a sotavento del punto de monitoreo es decir que es a donde se dirige el viento, en esta gráfica se puede evidenciar que la mayoría de contaminantes provienen de NE.

Fuente: Elaboración propia - Software Google Earth y WRPLOT



Figura 13. Ubicación satelital de la rosa de vientos

Fuente: Elaboración Propia



Figura 14. Gráfico didáctico, tendencia del viento en el Ovalo San Lázaro de Arequipa.

## V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en este proceso de investigación se puede afirmar que la Hipótesis planteada se cumple. Estableciéndose que la calidad del aire se ve significativamente afectada por la cantidad del material particulado existente en el lugar denominado Ovalo San Lázaro, el mismo que se encuentra en el cercado de Arequipa.

Estos resultados guardan una estrecha relación con los obtenidos por Quenaya (2018), además existen otros resultados plasmados por diferentes autores como Rodríguez (2016) y Querol (2017).

Además, la OMS (2016) señala que el material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  son contaminantes sumamente peligrosos que atentan contra salud de las personas e impactan negativamente a la biosfera. Además, nuestro país y sus diferentes departamentos contribuyen a la existencia de una mala calidad del aire, ocasionado por el material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ .

Principalmente podemos ver que en base al estudio realizado por Quenaya (2018), existe una concentración de material particulado  $PM_{10}$  en la proporción de  $114.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  hecho que confirma que el área urbana de la ciudad de Arequipa sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) habiendo sido el límite de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en un periodo anual, además de esto el autor confirma que los estándares de Calidad ambiental no exceden en un periodo de 24 horas, siendo el límite  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Por estas consideraciones se establece que los resultados encontrados en la presente investigación guardan estrecha relación con los obtenidos en el Ovalo San Lázaro de la ciudad de Arequipa.

Cabe mencionar que el resultado obtenido de  $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{10}$  afirma la existencia de contaminación que excede los Estándares de Calidad Ambiental. Incluyendo a los encontrados en este lugar en relación con los antecedentes

existentes mencionando prioritariamente el resultado obtenido por Valdivia (2018), quien realizó un estudio a nivel de cuatro sitios de la ciudad de Arequipa.

Se compararon los resultados de Valdivia (2020) y los obtenidos en el presente trabajo de investigación podemos afirmar, que, en el Ovalo San Lázaro existe material particulado menor a  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el mismo que no excede a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), no obstante que se utilizó un equipo muestreador de bajo volumen instalado muy cerca al Ovalo; obteniéndose una muestra muy significativa de material particulado (PM<sub>2.5</sub>) por la emisión ocasionada de los vehículos del parque automotor de tránsito en ese lugar, sin embargo el material particulado PM<sub>10</sub> excedió los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) .

Además Valdivia (2020) nos habla de la época en que fue tomada la muestra de material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, dicha época corresponde a una estación del año de invierno la cual según su estudio describe que existe una mayor concentración en comparación a otras estaciones del año, añadiendo a esto también podemos nombrar el estudio que se realizó en Cerro de Pasco bajo la autoría de MEGIDO (2017) el concluye que existe una elevada concentración de material particulado y que por causa de la época es aun mayor la polución que afecta a los niños y adultos de esa región.

Habiendo citado las investigaciones de Megido (2020) y Valdivia (2017) con el apoyo en las afirmaciones que los parámetros meteorológicos que afectan a que exista una disminución o un aumento de contaminantes, podemos también afirmar que el estudio que se realizó en el Ovalo San Lázaro de la ciudad de Arequipa fue realizada en un época seca en lo cual se puede inferir que existe una mayor concentración de material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> por la estación del año y por que existe una velocidad mínima del viento. Además, la baja velocidad del viento aporta a que el material particulado se mantenga suspendido en el aire, ya que en los resultados encontramos que existe un MAXIMO de 2.2 m/s y como MINIMO cuyo valor es de CALMA lo que según la escala de Beaufort son vientos que están en el rango de 0 – 0.2 m/s.

Madariaga, (2018), menciona en base a un recopilatorio de contaminantes del mercado de Arequipa en la calle filtro llevado a cabo durante los años 2016 – 2018, que existe una gran cantidad de contaminantes que afectan a la calidad del aire, Principalmente el material particulado PM<sub>10</sub>.

La mayoría de resultados que se pudieron recopilar dan evidencia a que exceden los estándares de Calidad Ambiental sin embargo el muestreo que se pudo realizar en el Ovalo San Lázaro dio como resultado cifras aún más elevadas que en algunos meses que se encontraron en el recopilatorio de material particulado PM<sub>10</sub>.

Cabe resaltar que los resultados comparados no pertenecen específicamente al lugar donde se evaluó, sin embargo, la Calle filtro que se menciona en la investigación pertenece a una parte del mercado de Arequipa al igual que el Ovalo San Lázaro.

Según Manes (2016), nos relata que se podría regular la cantidad de material particulado PM<sub>10</sub> a partir de infraestructuras verdes, haciendo una comparación de lo que nos describe MANES (2016), podemos proponer que se aplique esta técnica llamada infraestructuras verdes en el Ovalo San Lázaro ya que según el antecedente sería eficiente para mitigar el material particulado PM<sub>10</sub>.

Según Wannaz, (2021) y su estudio acerca de como el material particulado estaría relacionado con el transporte del SARS - COV-2, podríamos decir que en base a esta investigación existe una posibilidad de incremento de SARS – COV – 2 por la concentración de material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en el Ovalo San Lázaro, ya que el material particulado por las condiciones meteorológicas se mantiene casi en suspensión por la poca velocidad del viento en el Ovalo San Lázaro. Sin embargo, esta afirmación no estaría completa ya que aún no se conoce con certeza el comportamiento del virus de SARS-CoV-2.

Según Villalobos (2016), menciona que el parque automotor de Colombia contribuye a que exista una mala calidad de vida de los pobladores, ya que según su estudio el material particulado genera problemas respiratorios y

cardiovasculares. Haciendo una comparación con el estudio en curso podemos decir que la cantidad de material particulado que existe en el Ovalo San Lázaro es un peligro para la salud de ese lugar ya que existen gran cantidad de personas que habitan y visitan además de esto existen algunas personas que practican actividades comerciales.

## VI. CONCLUSIONES

En esta tesis se caracterizó la cantidad de material particulado con ayuda de equipos de monitoreos ambientales para la evaluación de la calidad del Aire en el Ovalo San Lázaro – Arequipa, al caracterizar el material particulado se pudieron encontrar concentraciones que exceden y no exceden los Estándares de Calidad Ambiental.

Además, en esta tesis se pudo caracterizar la cantidad de material particulado  $PM_{10}$  con un muestreador de alto volumen (HI-VOL) que ayudó a la evaluación de la calidad del aire en el Ovalo San Lázaro – Arequipa, en dicha caracterización se pudo encontrar concentraciones que exceden los Estándares de Calidad Ambiental con un valor de  $145 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este valor se encuentra por encima del estándar de calidad ambiental para este parámetro ( $PM_{10} = 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) establecido por el Decreto Supremo N° 003 – 2017 – MINAM.

Añadiendo al hallazgo, en esta tesis se pudo caracterizar el material particulado  $PM_{2.5}$  con un muestreador de bajo volumen (LOW-VOL) el cual ayudó a la evaluación de la calidad de aire en el Ovalo San Lázaro – Arequipa, en la caracterización se pudo encontrar concentraciones que no excedieron con los Estándares de Calidad Ambiental con un valor de  $34.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este valor se encuentra por debajo del Estándar de Calidad Ambiental para este parámetro ( $PM_{2.5} = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) establecido en el Decreto Supremo N° 003 – 2017 – MINAM.

En esta tesis también se pudo instalar una estación meteorológica con el fin de observar la relación del material particulado y el comportamiento de las variables meteorológicas de dirección y velocidad del viento, las que contribuyeron al estudio de calidad del aire del Ovalo San Lázaro de Arequipa. El hallazgo que se pudo encontrar que esta relacionado con la concentración de material particulado; es la estacionalidad donde se pudo evidenciar que en base a otros autores Megido, (2020) y Valdivia, (2017) la afirmación de que en una época fría o de invierno el material particulado tiene mayores concentraciones, por lo tanto, podemos decir que la concentración de material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  esta relacionado con la

estacionalidad y por lo tanto con los parámetros meteorológicos. Además se concluyó que en el Ovalo San Lázaro existe una velocidad con un máximo de 2.2 m/s y un mínimo con un valor denominado CALMA el cual es un valor entre 0 – 0.2 m/s según la escala de Beaufort, en base a estos resultados se concluyó que existe una baja velocidad de viento por cual podemos afirmar que este parámetro esta relacionado con la concentración del viento según autores como Camacho, (2017) el afirma que existe una relación inversa entre la velocidad del viento y la concentración de material particulado.

## VII. RECOMENDACIONES

En vista de los resultados referentes a la concentración de material particulado en el Ovalo San Lázaro en la ciudad de Arequipa, podemos establecer las siguientes recomendaciones.

- En razón de la existencia de la gran cantidad de vehículos motorizados que circulan en el Ovalo San Lázaro los mismos que aportan significativamente a la contaminación ambiental, se propone que las entidades encargadas establezcan ciertas disposiciones normativas como el señalamiento de días exclusivos para el uso de transportes alternativos como bicicletas o scooters.
- Implementar mayores estructuras verdes para mitigar el material particulado emitido por los vehículos que conforman el parque automotor.
- Siempre considerar los parámetros meteorológicos en los monitoreos ambientales de calidad de aire; para poder demostrar la relación existente entre el material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  con medio ambiente.

## REFERENCIAS

1. VALDIVIA, Sergio A. Pacsi. Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2, 5 en Lima Metropolitana. En Anales Científicos. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016. p. 273-283. [fecha de consulta: 6 de abril de 2021] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6171218.pdf>  
ISSN 2519-7398
2. MÉNDEZ ESPINOSA, Juan Felipe, et al. Estimación de factores de emisión de material particulado resuspendido antes, durante y después de la pavimentación de una vía en Bogotá. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 2017, vol. 27, no 1, p. 43-60. [fecha de consulta: 6 de abril de 2021] Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v27n1/v27n1a03.pdf>  
ISSN 0124-8170
3. CIFUENTES MARTÍNEZ, Paula, et al. Relación entre contaminación atmosférica y consultas por enfermedades respiratorias en atención primaria de urgencia. Revista chilena de enfermedades respiratorias, 2020, vol. 36, no 4, p. 260-267. [Fecha de consulta: 09 de abril de 2021]. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-73482020000400260&script=sci\\_arttext&tlng=e](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-73482020000400260&script=sci_arttext&tlng=e)
4. TRUJILLO, J. E.; CABALLERO, J. E.; RAMÓN, J. D. Determinación de las concentraciones de metales pesados presentes en el material particulado PM10 del municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. REVISTA AMBIENTAL AGUA, AIRE Y SUELO, 2020, vol. 10, no 1. [fecha de consulta: 10 de abril de 2021] Disponible en : <https://core.ac.uk/download/pdf/328146752.pdf>  
ISSN 1900 – 9178
5. FALCON, Enriqueta Victoria Campos. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE POR FRACCIONES DE MASA

EN LA CONTAMINACIÓN POR POLVO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA. Tesis (Maestra en Ciencias, con mención en Gerencia, Auditoría y Gestión Ambiental). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, Escuela Ciencias Naturales y Formales, 2021. Disponible en: <http://190.119.145.154/bitstream/handle/20.500.12773/11785/UPcafaev.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

6. QUENAYA CALLE, Edmundo Carmelo. Impacto de la contaminación del aire por el parque automotor en la población del área urbana de Arequipa 2016–2017. Tesis (Maestro en Ciencias: Economía, con Mención en Desarrollo Regional y Gestión Ambiental). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Economía, 2018. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7968/ECMqucaecc.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
7. CAMPOS TRUJILLO, Alfredo, et al. Evaluación del desempeño del método de alto volumen para la medición de partículas menores a 10 micras. Revista internacional de contaminación ambiental, 2015, vol. 31, no 1, p. 79-88. [fecha de consulta: 6 de Mayo del 2021] Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992015000100006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000100006)  
ISSN 0188-4999
8. PACHECO, Patricio R., et al. Variables meteorológicas y niveles de concentración de material particulado de 10 µm en Andacollo, Chile: un estudio de dispersión y entropías. Información tecnológica, 2020, vol. 31, no 6, p. 171-182. [fecha de consulta: 8 de Mayo del 2021] Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642020000600171&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642020000600171&script=sci_arttext)
9. MALEKI, Heidar, et al. Temporal profile of PM10 and associated health effects in one of the most polluted cities of the world (Ahvaz, Iran) between 2009 and 2014. Aeolian research, 2016, vol. 22, p. 135-140. [Fecha de consulta: 10 de

Mayo del 2021]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S187596371630074X>

10. MANES, F., F. MARANDO, G. CAPOTORTI, C. BLASI, et al. Regulating ecosystem services of forests in ten Italian metropolitan cities: air quality improvement by PM10 and O3 removal. *Ecological indicators*, 2016, 67, 425-440. [fecha de consulta: 7 de Mayo del 2021] Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X16301133>  
ISSN 1470-160X
11. SUÁREZ-SALAS, Luis, et al. Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 2017, vol. 83, no 2, p. 187-199. [fecha de consulta: 9 de Mayo del 2021] Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2017000200005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2017000200005&script=sci_arttext)  
ISSN 1810-634X
12. Organización Mundial de la Salud (OMS). Calidad del aire y salud. 2 de mayo de 2018. Disponible en : [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
13. Arequipa: contaminación del Aire aumentó en 30% [FOTOS] [en línea]. La Republica.PE. 21 de Mayo 2019. [fecha de consulta: 15 de Mayo del 2021]. Disponible en: <https://larepublica.pe/sociedad/1454520-arequipa-contaminacion-aire-aumento-30-fotos/>
14. SAMPIERI, Roberto Hernández. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw Hill México, 2018.  
ISBN 1456260960, 9781456260965
15. QUEROL, Xavier, et al. La calidad del aire en las ciudades. 2018. [fecha de consulta: 15 de Junio del 2021]. Disponible en:

<http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>

ISBN 978-84-09-01905-2

16. Organización Mundial de la Salud (OMS). WHO's Urban Ambient Air Pollution database-Update 2016. Disponible en: [https://www.who.int/airpollution/data/AAP\\_database\\_summary\\_results\\_2016\\_v02.pdf](https://www.who.int/airpollution/data/AAP_database_summary_results_2016_v02.pdf)

17. SANTILLÁN LIMA, Guido-Patricio, et al. ESTIMACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO Y SEDIMENTABLE EN EL LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES DE LA UNACH. Perfiles, 2016, vol. 2, no 16, p. 8. [fecha de consulta: 20 de Mayo del 2021]. Disponible en: <http://ceaa.esPOCH.edu.ec:8080/revista.perfiles/faces/Articulos/Perfiles16Art5.pdf>

ISSN 1390-5740, 2477-9105

18. RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, Sergio. Aerosoles, material particulado. 2016. [fecha de consulta: 21 de Mayo del 2021]. Disponible en: [https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/3516/1/6\\_Seminario%20za%C3%B1a%2018%20junio%20Aerosoles%20Sergio%20Rodr%C3%ADguez.pdf](https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/3516/1/6_Seminario%20za%C3%B1a%2018%20junio%20Aerosoles%20Sergio%20Rodr%C3%ADguez.pdf)

19. GONZÁLEZ, Héctor Daniel Lerma. Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto. Ecoe Ediciones, 2016. [fecha de consulta: 21 de Mayo del 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.co/books/about/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n.html?id=45VtMwEACAAJ](https://books.google.com.co/books/about/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n.html?id=45VtMwEACAAJ)

ISBN 978-958-771-346-6

20. QUEROL, Xavier. Bases científico-técnicas para un Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire. Bases científico-técnicas para un Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire, 2012, p. 45. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/CALIDAD%20AIRE%20\(alta\)\\_tcm30-187886.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/CALIDAD%20AIRE%20(alta)_tcm30-187886.pdf)  
ISBN 978-84-00-09475-1
21. VILLALBA, D.; FAJARDO, E.; ROMERO, H. Relación entre el material particulado PM10 y variables meteorológicas en la ciudad de Bucaramanga– Colombia: Una aplicación del análisis de datos longitudinal. En XXVIII Simposio Internacional de Estadística. 2018. [fecha de consulta: 24 de Mayo del 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/329155299\\_Relacion\\_entre\\_el\\_material\\_particulado\\_PM10\\_y\\_variables\\_meteorologicas\\_en\\_la\\_ciudad\\_de\\_Bucaramanga\\_-\\_Colombia\\_Una\\_aplicacion\\_del analisis\\_de\\_datos\\_longitudinal](https://www.researchgate.net/publication/329155299_Relacion_entre_el_material_particulado_PM10_y_variables_meteorologicas_en_la_ciudad_de_Bucaramanga_-_Colombia_Una_aplicacion_del analisis_de_datos_longitudinal)
22. IGNACIO, ZÚÑIGA LÓPEZ; EMILIA, CRESPO DEL ARCO. Meteorología y climatología. Editorial UNED, 2021. [fecha de consulta: 21 de Junio del 2021]. Disponible en: [https://www.unilib.com/ficha/meteorologia-y-climatologia\\_99780620/](https://www.unilib.com/ficha/meteorologia-y-climatologia_99780620/)  
ISBN 978-84-362-7683-1
23. MÉNDEZ, Alejandro. El origen de" atmósfera". Revista Tiempo y Clima, 2019, vol. 5, no 63. [fecha de consulta: 26 de Mayo del 2021]. Disponible en: [https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/12475/1/TyC\\_2018\\_63%288%29.pdf](https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/12475/1/TyC_2018_63%288%29.pdf)

24. ARAGÓN-MORENO, Juan Antonio; SERNA-CASTAÑO, Erika Daniela; SOLANO-ROMERO, David Steven. Estudio climatológico de los vientos para la ciudad de Bogotá en el periodo 2010-2016. *Entramado*, 2019, vol. 15, no 2, p. 286-307. [fecha de consulta: 27 de Mayo del 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-38032019000200286&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-38032019000200286&script=sci_abstract&tlng=en)  
ISSN 1900-3803
25. VALDIVIA, Adriana E. Larrea, et al. Health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) adsorbed in PM 2.5 and PM 10 in a region of Arequipa, Peru. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, vol. 27, no 3, p. 3065-3075. [Fecha de consulta: 26 de Mayo del 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-019-07185-5>
26. CAMACHO CORREA, Marystela; VILLEGAS DÍAZ, Jocelyn Eleine. Análisis de la relación entre el comportamiento del viento y la concentración de material particulado pm10 del año 2012 al 2015 en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca. Tesis (Ingeniero Ambiental). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2017. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10669/Camacho%20Correa%2c%20Marystela%20-%20Villegas%20D%C3%ADaz%2c%20Jocelyn%20Eleine.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
27. MADARIAGA COAQUIRA, Zacarias. Estudio de concentración de carbono negro (BC) y carbono orgánico (OC) contenido en el material particulado menor a 10 micrómetros (PM10), y su incidencia en la salud de la población de Arequipa Metropolitana-años 2014, 2015, 2016, 2017, y 2018. Tesis (Maestro Ciencias:Química, con Mención en Química Ambiental) Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2018. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8051>.

28. SÁNCHEZ BAYLE, Marciano; MARTÍN MARTÍN, Raquel; VILLALOBOS PINTO, Enrique. Impacto de la contaminación ambiental en los ingresos hospitalarios pediátricos: estudio ecológico. *Pediatría Atención Primaria*, 2019, vol. 21, no 81, p. 21-29. [fecha de consulta: 17 de Julio del 2021]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele/article/view/11741>  
ISSN 1909-9746
29. MORALES, Eder Guido Robles; ESCUDERO, Ana María Medina. Particulate matter air pollution and its relationship with respiratory type diseases in the population of Cerro de Pasco (2010 & 2016). *Industrial Data*, 2019, vol. 22, no 1, p. 1. [Fecha de consulta: 20 de Julio del 2021]. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/16533>  
ISSN 1560-9146
30. WANNAZ, Eduardo D., et al. PM 10 correlates with COVID-19 infections 15 days later in Arequipa, Perú. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, p. 1-7. [Fecha de consulta: 20 de Julio del 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-13408-5>
31. MEGIDO, Laura, et al. Suburban air quality: Human health hazard assessment of potentially toxic elements in PM10. *Chemosphere*, 2017, vol. 177, p. 284-291. [Fecha de consulta: 20 de Julio del 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653517303612>
32. ŚCIBOR, Monika, et al. Are we safe inside? Indoor air quality in relation to outdoor concentration of PM10 and PM2. 5 and to characteristics of homes. *Sustainable Cities and Society*, 2019, vol. 48, p. 101537. [Fecha de consulta: 24 de Julio del 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670718307339>
33. SÁNCHEZ INFANTAS, Edgar; QUINTEROS CARLOS, Zulema. Pertinencia del concepto de Estándar de Calidad Ambiental (Eca) en la gestión de sistemas ambientales con varios estados alternativos. Estudio de caso de una

experiencia peruana. *Ecología Aplicada*, 2017, vol. 16, no 2, p. 151-164. [Fecha de consulta: 20 de Julio del 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162017000200010&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162017000200010&script=sci_abstract)  
ISSN 1726-2216

34. OTZEN, Tamara; MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology*, 2017, vol. 35, no 1, p. 227-232. [Fecha de consulta: 27 de Julio del 2021]. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext)  
ISSN 0717-9502
35. MARCONDES, Reynaldo Cavalheiro, et al. Metodologia para trabalhos práticos e aplicados. São Paulo: Editora Mackenzil, 2018. Disponible en: [https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/6-pos-graduacao/upm-higienopolis/mestrado-doutorado/admin-desen-negocios/2018/Livro\\_Metodologia\\_trabalhos\\_praticos.pdf](https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/6-pos-graduacao/upm-higienopolis/mestrado-doutorado/admin-desen-negocios/2018/Livro_Metodologia_trabalhos_praticos.pdf)  
ISBN: 978-85-8293-637-5
36. DS N°003-2017. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. *El Peruano*. 7 de Junio de 2020.
37. ACCO, García Steve (20-22 de Mayo de 2020) Guía Técnica para la Estimación de la Incertidumbre de Medición de PM<sub>10</sub> en Aire Ambiental. En XI Simposio de Metrología en el Perú. [fecha de consulta: 26 de Mayo del 2021]. Disponible en: <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/5/jer/eventos/files/17.Ponencia%20-%20Steve%20Acco.pdf>
38. 40 CFR Appendix J to Part 50 - Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM<sub>10</sub> in the Atmosphere
39. 40 CFR Appendix L to Part 50 - Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM<sub>2.5</sub> in the Atmosphere.

40. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. - Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. El Peruano 22 de Junio de 2001.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de Operacionalización

Caracterización del Material Particulado para la Evaluación de la Calidad del Aire en el Ovalo San Lázaro - Arequipa.					
VARIABLES	MARCO CONCEPTUAL	MARCO OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
V1 “ Material Particulado ”	Son partículas que se encuentran en un estado sólido o líquido, tales como las cenizas, el polvo, partículas metálicas que están en un estado de dispersión en el aire, que cuyo diámetro aerodinámico es menor o igual a 10 micras. Las partículas pueden causar daños al sistema respiratorio humano, produciendo enfermedades las cuales en su mayoría son respiratorias. (MMA 2018 y Pacheco, 2020)	Para determinar la relación que existe entre la contaminación por material particulado y la calidad del aire en Arequipa. Se utilizó un muestreador de alto volumen conocido como HI-VOL el cual sirvió para determinar y cuantificar cuanto material particulado existe en el Ovalo San Lázaro de Arequipa y así saber el grado de contaminación que existe en ese lugar.	Material particulado PM <sub>10</sub>	Análisis de un Laboratorio acreditado Para material particulado <b>PM<sub>10</sub></b>	-
				Hacer un monitoreo de calidad de aire con un equipo de alto volumen (HI-VOL)	
			Material particulado PM <sub>2.5</sub>	Análisis de un Laboratorio acreditado Para material particulado <b>PM<sub>2.5</sub></b>	
				Hacer un monitoreo de calidad de aire con un equipo automático de bajo volumen (LOW-VOL)	
V2 “ Calidad de Aire ”	Es la densidad de los contaminantes que se encuentran a la altura del suelo, estos pueden afectar a la biosfera y a las estructuras. (Portal web de calidad del aire del ayuntamiento de Madrid)	Para hacer una valoración o un estudio de calidad del aire en el Ovalo San Lázaro de Arequipa se optó en usar un equipo de Alto Volumen para evaluar el material particulado PM <sub>10</sub> y un equipo automático de bajo volumen para cuantificar el material particulado PM <sub>2.5</sub> .	Estándares de calidad del Aire	Material Particulado (PM <sub>10</sub> ) Material Particulado (PM <sub>2.5</sub> )	<b>µg/m<sup>3</sup></b>
			Parámetros meteorológicos	Temperatura	<b>°C</b>
				Dirección del viento	<b>%</b>
				Velocidad del viento	<b>m/s</b>
	Humedad Relativa	<b>°</b>			

Fuente: Elaboración propia

## Anexo N°02: Matriz de Consistencia

Caracterización del Material Particulado para la Evaluación de la Calidad del Aire en el Ovalo San Lázaro – Arequipa.								
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	MARCO CONCEPTUAL	MARCO OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
<b>PG GENERAL</b>	<b>OG GENERAL</b>	<b>HG GENERAL</b>	<b>V1</b> <b>“ Material Particulado ”</b>	Son partículas que se encuentran en un estado sólido o líquido, tales como las cenizas, el polvo, partículas metálicas que están en un estado de dispersión en el aire, que cuyo diámetro aerodinámico es menor o igual a 10 micras. Las partículas pueden causar daños al sistema respiratorio humano, produciendo enfermedades las cuales en su mayoría son respiratorias. (MMA 2018 y Pacheco, 2020)	Para determinar la relación que existe entre la contaminación por material particulado y la calidad del aire en Arequipa. Se utilizó un muestreador de alto volumen conocido como HI-VOL el cual sirvió para determinar y cuantificar cuanto material particulado existe en el Ovalo San Lázaro de Arequipa y así saber el grado de contaminación que existe en ese lugar.	<b>Material Particulado PM<sub>10</sub></b>	Análisis de un Laboratorio acreditado Para material particulado <b>PM<sub>10</sub></b>	
¿Cuál es la cantidad de material particulado que afecta a la calidad del aire del Ovalo San Lázaro en la ciudad de Arequipa?	Caracterizar la cantidad de material particulado con ayuda de equipos de monitoreo ambiental para evaluar la calidad del Aire en el Ovalo San Lázaro – Arequipa	la calidad del aire se ve significativamente afectada por la cantidad de material particulado existente en el Ovalo San Lázaro en la ciudad de Arequipa					Hacer un monitoreo de calidad de aire con un equipo de alto volumen (HI-VOL)	
<b>PE ESPECÍFICOS</b>	<b>OE ESPECÍFICOS</b>	<b>HE ESPECÍFICOS</b>				<b>Material particulado PM<sub>2.5</sub></b>	Análisis de un Laboratorio acreditado Para material particulado <b>PM<sub>2.5</sub></b>	
¿Cuál es la cantidad de material particulado PM <sub>10</sub> que afecta la calidad del aire del Ovalo San Lázaro en ciudad de Arequipa?	Establecer caracterización de la cantidad de material particulado PM <sub>10</sub> mediante un muestreador de alto volumen (HI-VOL) para evaluar la calidad del aire en el Ovalo San Lázaro – Arequipa	la calidad del Aire es significativamente afectada por la cantidad de material particulado PM <sub>10</sub> que existe en el Ovalo San Lázaro en la ciudad de Arequipa					Hacer un monitoreo de calidad de aire con un equipo automático de bajo volumen (LOW-VOL)	

<p>¿Cuál es la cantidad de material particulado PM<sub>2.5</sub> que afecta la calidad del aire del Ovalo San Lázaro de la ciudad de Arequipa?</p>	<p>Establecer la caracterización de la cantidad de material particulado PM<sub>2.5</sub> mediante un muestreador de bajo volumen (LOW-VOL) para evaluar la calidad del aire en el Ovalo San Lázaro – Arequipa</p>	<p>la calidad del aire se ve significativamente afectada por la cantidad de material particulado PM<sub>2.5</sub> que existe en el Ovalo San Lázaro en la ciudad de Arequipa</p>	<p>V2 “ Calidad del Aire ”</p>	<p>Es la densidad de los contaminantes que se encuentran a la altura del suelo, estos pueden afectar a la biosfera y a las estructuras. (Portal web de calidad del aire del ayuntamiento de Madrid)</p>	<p>Para hacer una valoración o un estudio de calidad del aire en el Ovalo San Lázaro de Arequipa se optó en usar un equipo de Alto Volumen para evaluar el material particulado PM<sub>10</sub> y un equipo automático de bajo volumen para cuantificar el material particulado PM<sub>2.5</sub>.</p>	<p>Estándares de calidad del Aire</p>	<p>Material Particulado (PM<sub>10</sub>) Material Particulado (PM<sub>2.5</sub>)</p>	<p>µg/m<sup>3</sup></p>	
<p>¿Cómo se relaciona los parámetros meteorológicos de dirección y velocidad del viento con el comportamiento del material particulado y el grado de afectación a la calidad del aire en el Ovalo San Lázaro de la ciudad de Arequipa?</p>	<p>Observar la relación del material particulado y el comportamiento de las variables meteorológicas de dirección y velocidad del viento que contribuyen a la calidad del aire del Ovalo San Lázaro de Arequipa.</p>	<p>los parámetros meteorológicos de dirección y velocidad del viento están relacionados con el comportamiento del material particulado contribuyendo a la calidad de la aire existente en el Ovalo San Lázaro de la ciudad de Arequipa.</p>						<p>Parámetros meteorológicos</p>	<p>Temperatura</p>
							<p>Dirección del viento</p>		<p>%</p>
							<p>Velocidad del viento</p>		<p>m/s</p>
							<p>Humedad Relativa</p>		<p>°</p>

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 3: Ficha de Estación Meteorológica

## Estación Meteorológica

Analizador de variables Meteorológicas

**Marca** Davis Instruments

**Modelo** Vantage Pro 2 - 6162C

**Utilización** Medición de temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento.

**Serie** AQ150827010



Fuente: Elaboración Propia

### Anexo N°4: Ficha de equipo muestreador de alto volumen Hi-Vol

## Muestreador de alto volumen

Hi - Vol (PM 10)

**Marca** Tish Environmental. inc.

**Modelo** Volumétrico

**Utilización** Muestreo de partículas en el aire

**Serie** P9342X



Fuente: Elaboración Propia

### Anexo N° 5: Ficha de muestreo de bajo volumen Low – Vol

# Muestreador de bajo volumen

Low - Vol (PM 2.5)

**Marca** Met One Instruments

**Modelo** E-FRM-230

**Utilización** Muestreo de partículas en el aire

**Serie** T22092



Fuente: Elaboración Propia

# Anexo N° 6 Certificado de Calibración Hi - Vol



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CALIBRATION CERTIFICATE CC-IN-1028-20

Fecha de emisión: 2020-09-16  
Issue date

1.- SOLICITANTE : CONSULTORIA & MONITOREO PERU S.A.C.  
Applicant  
Dirección : MZA. B LOTE. 2 COO. BANCO DEL SUR (URB. SANTO DOMINGO - QUINTA ESTANCIA) AREQUIPA - AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO  
Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : Muestreador de Partículas (HIVOL - VENTURI)  
Measuring Instrument PARTICLE SAMPLER

Marca: Tisch	Nº de serie: P9342X	Flujo: 1.13 m3/min
Brand: Environmental, inc.	Serial number	Flow
Modelo: Volumétrico	Código: CYM-AG-17	Exactitud: <1% desviación
Model	Code	Accuracy
Motor: 1.0 HP/220 v	Procedenc: U.S.A.	
Engine	Made in	

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN : Calibrado el día 2020-09-16 en el Laboratorio de Instituto Peruano de Metrología e Innovación SAC.  
Date and place of calibration  
Calibrated on 2020-09-16 at the Laboratory of Instituto Peruano de Metrología e Innovación SAC.

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN  
Calibration method  
Método de comparación directa según el "Procedimiento de Calibración para Medidores de partícula y capacitación ambiental del Instituto Nacional de Ecología, Mexico.  
Direct comparison method according to the "Calibration Procedure for Particle Meters and Environmental Training of the National Institute of Ecology, Mexico.

5.- INSTRUMENTOS /EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD  
Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO	MARCA	Número de serie	CERTIFICADO
Módulo de Presión	GOMETRICS	22011	CP-0005-20
Medidor de caudal	Tisch enviroment	01016182	0101682
Termohigrómetro	VISALA	10062253	B08-2020861

6.- RESULTADOS  
Results  
Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento  
The results are shown on page 02 of this document  
La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95%  
The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor k = 2 for a confidence level of 95%

7.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN  
Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL Initial	19,4 °C	70 %	1009 mbar
FINAL Final	19,4 °C	70 %	1009 mbar

8.- OBSERVACIONES  
Observations  
Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.  
The results are the average of 10 measurements.  
Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.  
Place a label indicating calibration date and certificate number.  
La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.  
The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instrument.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

Instituto Peruano de Metrología e Innovación SAC, no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

The results are only valid certificate for the calibration object and refer to the time and conditions under which the measurements were made and should not be used as a certificate of conformity with product standards.

Users are advised to recalibrate the instrument at appropriate intervals, which should be chosen based on the characteristics of the work performed, the maintenance, conservation and use of instrument time.

Instituto Peruano de Metrología e Innovación SAC, is not responsible for damages that may result from improper use of this instrument or of an incorrect interpretation of calibration results reported here.

This calibration certificate traceable to national or international standards, which made the units according to the International System of Units (SI).

Yuly Nolly Julian Yacía  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGÍA  
Instituto Peruano de Metrología e Innovación



Lorena Elizabeth Villanueva Linares  
Gerente General

Instituto Peruano de Metrología e Innovación  
1 Pág. de 2

Jr. German Amezaga N°242 Int. 202,  
Zona B – San Juan de Miraflores, Lima – Perú  
Celular: 949 850 783 / 933 990 149  
Fijo: 01 758 4040 / 01 765 6228

e-mail: innova\_gerencia@hotmail.com  
gerencia@innovalaboratorio.org  
comercial@innovalaboratorio.org  
web: www.metrologia-innova.es.fi

Fecha de emisión 2020-09-16  
Issue date

**9.- RESULTADOS**  
Results

**9.1 Resultados de la calibración**  
9.1 Calibration results

QA m3/s	Orifice " H <sub>2</sub> O	PF mmHg	Po/Pa	Look up - Qa m3/min	% off Diff	Incertidumbre m3/min
1,131	3,08	22,731	0,970	1,183	4,591	0,032
1,136	3,11	25,475	0,966	1,170	2,954	0,032
1,142	3,14	33,966	0,955	1,166	2,123	0,032
1,120	3,02	34,937	0,954	1,157	3,277	0,032
1,133	3,09	39,192	0,948	1,148	1,336	0,032



(FIN DEL DOCUMENTO)  
(Document end)



# Anexo N° 7 Certificado de Calibración Low - Vol



**INSTITUTO PERUANO DE  
Metrología e  
Innovación**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CALIBRATION CERTIFICATE  
CC-IN-0485-21**

Fecha de emisión: 2021-04-13  
Issue date

- 1.- SOLICITANTE :** CONSULTORIA & MONITOREO PERU S.A.C.  
Applicant  
Dirección: MZA. B LOTE. 2 CDO. BANCO DEL SUR (URB. SANTO DOMINGO - QUINTA  
ESTANCIA) AREQUIPA - AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO  
Address
- 2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :** MUESTRADOR DE PARTÍCULAS  
Measuring instrument: PARTICLE SAMPLER  
Marca: Met One Instruments Serie: T22092  
Brand: Met One Instruments Serial: T22092  
Modelo: E-FRM-230 Procedencia: USA  
Model: E-FRM-230 Made in: USA  
Código: CYM-AG-24 Temperatura de operación: -40°C a +50°C  
Code: CYM-AG-24 Operating Temperature: -40°C a +50°C  
Flujo de Trabajo: 16,7 L/min Resolución: 0.1 L/min  
Work Flow: 16,7 L/min Resolution: 0.1 L/min  
Tolerancia: 5% de la Lectura  
Tolerance: 5% of the Reading
- 3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Date and place of calibration  
El equipo fue recibido el día 2021-04-10 y calibrado el 2021-04-12  
en el Laboratorio de Calibración del Instituto Peruano de Metrología e Innovación S.A.C.  
The team was received on day 2021-04-10 and calibrated the 2021-04-12  
in the Calibration Laboratory of Instituto Peruano de Metrología e Innovación S.A.C.

- 4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
Calibration method  
Se utilizó como referencia de acuerdo con el EPA Compendium Method IO-2.1.  
It was used as a reference according to the EPA Compendium Method IO-2.1.

**5.- INSTRUMENTOS/EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD**

INSTRUMENTO	MARCA	SERIE	CERTIFICADO
INSTRUMENT	Brand	serial	certificate
Medidor de caudal	Bios Int. Corp.	131572	UFG-007-2021
Barotermohigrómetro	Control Company	111327262	4245-8461241

- 6.- RESULTADOS**  
Results  
Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento.  
The results are shown on page 02 of this document.  
La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura  $k=2$  para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.  
The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor  $k=2$  for a confidence level of approximately 95%.

- 7.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**  
Calibrations conditions
- |                   | Temperatura Ambiente<br>Environment temperature | Humedad Relativa<br>Relative humidity | Presión Atmosférica<br>Atmospheric pressure |
|-------------------|---|---------------------------------------|---|
| INICIAL / Initial | 21.5 °C   | 65 %                                  | 1010 mbar                                   |
| FINAL / Final     | 21.4 °C   | 66 %                                  | 1010 mbar                                   |

- 8.- OBSERVACIONES**  
Observations  
Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.  
The results are the average of 10 measurements.  
Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.  
Place a label indicating calibration date and certificate number.  
La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.  
The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the instrument.



Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario calibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

Instituto Peruano de Metrología e Innovación S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales miden las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Así mismo, cumplimos con los requisitos de la NTP ISO/IEC 17025:2017 y/o sus equivalentes internacionales.

The results are only valid certificate for the calibration object and refer to the time and conditions under which the measurements were made and should not be used as a certificate of conformity with product standards.

Users are advised to calibrate the instrument at appropriate intervals, which should be chosen based on the characteristics of the work performed, the maintenance, conservation and use of instrument time.

Instituto Peruano de Metrología e Innovación S.A.C. is not responsible for damages that may result from improper use of this instrument or of an incorrect interpretation of calibration results reported here.

This calibration certificate traceable to national or international standards, which made the units according to the International System of Units (SI).

Likewise, we comply with the requirements of the NTP ISO / IEC 17025:2017 and of its international equivalents.

Elio Manuel Muñoz Rojas  
METROLOGO  
Instituto Peruano de Metrología e Innovación

Elio Manuel Muñoz Rojas  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGÍA  
Instituto Peruano de Metrología e Innovación

**9.- RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**  
CALIBRATION RESULTS

	Indicación del Patrón	Indicación del Instrumento	Corrección
	Pattern indication	Instrument indication	Correction
Presión (mmHg) Pressure (mmHg)	750.6	750	0.6
Temperatura (°C) Temperature (°C)	21.8	21.6	0.2

INDICACIÓN DEL PATRÓN	INDICACIÓN DEL INSTRUMENTO A CALIBRAR	CORRECCIÓN	INCERTIDUMBRE
INDICATION OF THE PATTERN	INDICATION OF THE INSTRUMENT TO CALIBRATE	CORRECCIÓN	UNCERTAINTY
(L/min)	(L/min)	(L/min)	(L/min)
14.750	14.8	0.050	0.100
16.840	16.6	-0.240	0.100
18.243	18.1	-0.143	0.100



**Nota:** Se tomó como referencia las indicaciones del manual del instrumento.

**Note:** Se realizaron 3 puntos de calibración indicado en las instrucciones del fabricante.

The indications in the instrument manual were taken as reference.

3 calibration points were performed indicated in the manufacturer's instructions

**FIN DEL DOCUMENTO**  
END OF DOCUMENT

# Anexo N° 7 Certificado de Calibración Estación Meteorológica



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CALIBRATION CERTIFICATE CC-IN-0026-21

Fecha de emisión: 2021-01-12  
Issue date

1.- SOLICITANTE : CONSULTORIA & MONITOREO PERU S.A.C.  
Applicant  
DIRECCIÓN : COO. BANCO DEL SUR MZ. B LT. 2 URB. SANTO DOMINGO-QUINTA ESTANCIA AREQUIPA-  
Address AREQUIPA-JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO.

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : ESTACIÓN METEOROLÓGICA  
Measuring Instrument WEATHER STATION  
Marca : Davis Instruments Serie: AQ150827010  
Brand Serial:  
Modelo : 6162C Procedencia: U.S.A.  
Model Made in  
Código: CYM-AG-12  
Code

a Sensor de temperatura:  
Temperature sensor  
Temperatura in:  
Range: 0°C a 60°C Resolución: 0,1°C Exactitud : ± 0,5 °C  
Resolution Accuracy

Temperatura out  
Range: -40°C a 65°C Resolución: 0,1°C Exactitud : ± 0,5°C  
Resolution Accuracy

b Sensor de humedad  
Humidity sensor  
Humedad in  
Range: 1% a 100% Resolución: 1% Exactitud : ± 3%HR y 4%HR a 90%  
Resolution Accuracy

c Humedad out  
Range: 1% a 100% Resolución: 1% Exactitud : ± 3%HR y 4%HR a 90%  
Resolution Accuracy

d Sensor de presión barométrica  
Barometric pressure sensor  
Barómetro  
Range: 540 a 1100hPa Resolución: 0,1hPa Exactitud : ± 1,0 hPa  
Resolution Accuracy

e Sensor de Velocidad del viento  
Wind speed sensor  
Anemómetro  
Range: 0 a 809m/s Resolución: 0,4 m/s Exactitud : ± 1m/s  
Resolution Accuracy

f Sensor de Radiación solar  
Solar radiation sensor  
Range: 0 a 1800 W/m² Resolución: 1 W/m² Exactitud : ± 5% de full escala  
Resolution Accuracy

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario calibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

Instituto Peruano de Metrología e Innovación S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Así mismo, cumplimos con los requisitos de la NTP ISO/IEC 17025:2017 y/o sus equivalencias internacionales.

The results are only valid certificate for the calibration object and refer to the time and conditions under which the measurements were made and should not be used as a certificate of conformity with product standards.

Users are advised to calibrate the instrument at appropriate intervals, which should be chosen based on the characteristics of the work performed, the maintenance, conservation and use of instrument time.

Instituto Peruano de Metrología e Innovación S.A.C. is not responsible for damages that may result from improper use of this instrument or of an incorrect interpretation of calibration results reported here.

This calibration certificate traceable to national or international standards, which made the units according to the International System of Units (SI).

Likewise, we comply with the requirements of the NTP ISO / IEC 17025:2017 and or its international equivalents.



Elvis Manuel Muñoz Rosas  
METRÓLOGO

Instituto Peruano de Metrología e Innovación

Yuly Nolly Julián Yacifa  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGÍA  
Instituto Peruano de Metrología e Innovación

Jr. German Amezcaga N°242 Int. 202,  
Zona B – San Juan de Miraflores, Lima – Perú  
Celular: 949 850 783 / 933 990 149  
Fijo: 01 758 4040 / 01 765 6228

e-mail: innova\_gerencia@hotmail.com  
gerencia@innovalaboratorio.org  
comercial@innovalaboratorio.org  
web: www.metrologia-innova.es.tl

**3.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL Initial	21,4 °C	66 %	1009 mbar
FINAL Final	21,4 °C	67 %	1009 mbar

**4.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Date and place of calibration

El equipo fue recepcionado el 2021-01-07 y calibrado el 2021-01-12 en el Laboratorio de Otras magnitudes del Instituto Peruano de Metrología e Innovación.  
The team was received on 2021-01-07 and calibrated the 2021-01-12 in the laboratory of other magnitudes of the Instituto Peruano de Metrología e Innovación.

**5.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

Calibration method

La calibración se efectuó según el TH-007 "Procedimiento para Calibración de medidores de condiciones ambientales" del Centro Español de Metrología, Método de comparación directa según el "CUP ANEMOMETER CALIBRATION PROCEDURE" del Network of European Measuring Institutes; PC-015: "Procedimiento para la calibración de material volumétrico"; PC-011 "Procedimiento de Calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II" DM-INACAL 4ta Edición 2010; Método de comparación directa según el OP-003 "Procedimiento de Calibración de Espectrorradiómetros" del Centro Español de Metrología.

The calibration was carried out according to TH-007 "Procedure for Calibration of Environmental Condition Meters" of the Spanish Metrology Center, Direct comparison method according to the "CUP ANEMOMETER CALIBRATION PROCEDURE" of the Network of European Measuring Institutes; PC-015: "Procedure for the calibration of volumetric material"; PC-011 "Calibration procedure for non-automatic operation scales class I and class II" DM-INACAL 4th Edition 2010; Direct comparison method according to OP-003 "Spectrorradiometers Calibration Procedure" of the Spanish Metrology Center.

**6.- INSTRUMENTOS /EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD**

Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIE/CÓDIGO	N° CERTIFICADO
PICNOMETRO	LBT	25 ml	KV20-082	MV20-C-0272
TERMOHIGRÓMETRO	QUEST TECHNOLOGIES	QUESTEMP"32	TPF010002	T-2379-2020
RADIOMETRO (UV)	MAGNAFKUX	65024	A1504372	F-23613
BARÓMETRO	CONTROL COMPANY	4245	513304917	8071289
ANEMÓMETRO	TSI	960	P10870080	1607208

**7.- RESULTADOS**

Results

Los resultados se muestran en la página 03 en adelante del presente documento  
The results are shown on page 03 onwards of this document.

La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95%  
The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor k = 2 for a confidence level of 95%

**8.- OBSERVACIONES**

Observations

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.

The results are the average of 10 measurements.

Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.

Place a label indicating calibration date and certificate number.

La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instrument.



9.- RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN  
CALIBRATION RESULTS

9.1. ENSAYO DE TEMPERATURA  
TEMPERATURE TEST

9.1.1. DATOS DEL SENSOR (OUT)  
SENSOR DATA (OUT)

Valor nominal	Valor encontrado	Desviación	Incertidumbre
Nominal Value	Value found	Deviation	Uncertainty
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
15,2	15,6	0,4	0,6
21,5	21,4	-0,1	0,6
28,4	28,2	-0,2	0,6

9.1.2. DATOS DEL SENSOR (IN)  
SENSOR DATA (IN)

Valor nominal	Valor encontrado	Desviación	Incertidumbre
Nominal Value	Value found	Deviation	Uncertainty
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
10,6	10,5	-0,1	0,6
21,5	21,4	-0,1	0,6
28,4	28,2	-0,2	0,6

9.2 ENSAYO DE HUMEDAD  
HUMIDITY TEST

9.2.1 DATOS DEL SENSOR (IN)  
SENSOR DATA (IN)

Valor nominal	Valor encontrado	Desviación	Incertidumbre
Nominal Value	Value found	Deviation	Uncertainty
%H.R.	%H.R.	%H.R.	%H.R.
52,0	52,0	0,0	2,9
70,0	71,0	1,0	2,9
80,0	80,0	0,0	2,9



**9.2.2 DATOS DEL SENSOR (OUT)**

*SENSOR DATA (OUT)*

Valor nominal	Valor encontrado	Desviación	Incertidumbre
<i>Nominal Value</i>	<i>Value found</i>	<i>Deviation</i>	<i>Uncertainty</i>
%H.R.	%H.R.	%H.R.	%H.R.
51,0	51,0	0,0	2,9
70,0	71,0	1,0	2,9
81,0	80,7	-0,3	2,9

**9.3- ENSAYO DE PRESIÓN**  
PRESSURE TEST

Valor nominal	Valor encontrado	Desviación	Incertidumbre
<i>Nominal Value</i>	<i>Value found</i>	<i>Deviation</i>	<i>Uncertainty</i>
hPa	hPa	hPa	hPa
952,6	950,3	2,3	2,1
1001,0	1000,0	1,0	2,0
1084,0	1080,0	4,0	3,0



**9.4- VELOCIDAD DE VIENTO**  
WIND SPEED

Valor nominal	Valor nominal	Valor encontrado	Desviación	Incertidumbre
<i>Nominal Value</i>	<i>Nominal Value</i>	<i>Value found</i>	<i>Deviation</i>	<i>Uncertainty</i>
(m/s)	(km/h)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
2,3	0,5	1,8	-0,5	0,8
18,5	5,1	19,4	1,0	1,5
25,4	7,0	25,9	0,6	1,3
36,2	10,0	36,0	-0,2	2,3
54,0	15,0	51,1	-2,9	2,3
72,1	20,0	72,0	-0,1	2,8

(\*) 1 m/s <math>\leftrightarrow</math> 3,6 km/h



**9.5- SENSOR DE RAYOS UV**  
UV RAY SENSOR

Valor nominal	Valor nominal	Desviación	Incertidumbre
<i>Nominal Value</i>	<i>Nominal Value</i>	<i>Deviation</i>	<i>Uncertainty</i>
(w/m <sup>2</sup> )	(w/m <sup>2</sup> )	(w/m <sup>2</sup> )	(w/m <sup>2</sup> )
0,0	0,0	0,0	1,3
6,0	6,1	0,1	1,3
10,3	10,1	-0,2	1,3
14,2	14,3	0,1	1,3

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
CALIBRATION CERTIFICATE  
CC-IN-0026-21

Fecha de emisión: 2021-01-12  
Issue date

**9.6- PRECIPITACIÓN PLUVIAL**  
PLUVIAL PRECIPITATION

Valor nominal	Valor nominal	Desviación	Incertidumbre
Nominal Value	Nominal Value	Deviation	Uncertainty
(ml)	(ml)	(ml)	(ml)
25,00	26,00	1,00	0,20
50,00	50,60	0,60	0,20
100,00	100,00	0,00	0,20



**9.7- SENSOR DE RADIACIÓN SOLAR**  
SOLAR RADIATION SENSOR

Valor nominal	Valor nominal	Desviación	Incertidumbre
Nominal Value	Nominal Value	Deviation	Uncertainty
(w/m <sup>2</sup> )	(w/m <sup>2</sup> )	(w/m <sup>2</sup> )	(w/m <sup>2</sup> )
0	0	0	1,29
15,41	15,10	-0,31	1,29
46,11	45,68	-0,43	1,29
63,83	63,50	-0,33	1,29



(FIN DEL DOCUMENTO)  
(END OF DOCUMENT)

# Anexo Nº 8 Certificado de Acreditación de Los Laboratorios

# Certificado



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente Certificado de Renovación de la Acreditación al:

## CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A. - CERPER

**Laboratorio de Ensayo**  
En su sede ubicada en: Calle Teniente Rodríguez N° 1415, distrito de Miraflores, provincia de Arequipa y departamento de Arequipa

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 03 de junio de 2019  
Fecha de Vencimiento: 02 de junio de 2023



**ESTELA CONTRERAS JUGO**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 22 de agosto de 2019

Cédula N° : 0640-2018/INACAL/DA  
Consulta N° : Adenda al Contrato de Acreditación  
N°025-2015/INDECOPI-S/NA  
Registro N° : LE-003

El presente certificado tiene validez en su correspondiente Alcance de Acreditación y objeto de certificación, tanto que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y modificaciones posteriores. El alcance y objeto debe consultarse en la página web [www.inacal.gob.pe/informacion/informacion](http://www.inacal.gob.pe/informacion/informacion) el momento de hacer uso del presente certificado.  
La Dirección de Acreditación del INACAL, en firme del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) del Tercer Acuerdo de Cooperación (TAC) del Tercer Acuerdo de Cooperación (TAC) a nivel de Acreditación: Perseo (GAP) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la Internacional Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-06P-02M/Vol. 02

# Certificado



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Acreditación a:

## **INSTITUTO PERUANO DE METROLOGÍA E INNOVACIÓN S.A.C.**

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Jr. German Amezaga 242 Interior 202 Zona "B", distrito San Juan de Miraflores, provincia Lima, departamento Lima.

Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 24 de setiembre de 2019

Fecha de Vencimiento: 23 de setiembre de 2022

Cédula N° : 0733-2019-INACAL/DA  
Contrato N° : 035-2019/INACAL-DA  
Registro N° : LC - 034

**ESTELA CONTRERAS JUGO**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 07 de octubre de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, modificaciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (RAM) del Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-06P-02M Ver. 02

# Anexo N° 9 Informes de Ensayo, Informe de Ensayo N° 2-01751/21

## INFORME DE ENSAYO N° 2-01751/21

Página 1/2

Solicitante : **JONATAN FRANCISCO ENRIQUEZ VICUÑA**  
Domicilio legal : URB. ALAMEDA DE SALAVERRY B-38 – MIRAFLORES - AREQUIPA  
Producto declarado : **AIRE**  
Lugar de Muestreo : CALLE SANTA CATALINA 509, OVALO SAN LAZARO-AREQUIPA-AREQUIPA  
Fecha de Muestreo : 2021-07-06, 07  
Método de Muestreo : Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire. 2019  
Acta de Inspección : 21AQ00252165606  
Cantidad de Muestras para el Ensayo : 2.0 Unidad(es)  
Forma de Presentación : Filtro (s)  
Identificación de la muestra : Según se indica  
Fecha de recepción : 2021-07-07  
Fecha de inicio del ensayo : 2021-07-07  
Fecha de término del ensayo : 2021-07-10  
Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental Arequipa  
Identificado con : **HS 21005349 (EXMA-07943-2021)**  
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

PROYECTO: EVALUACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM10 Y PM2.5 PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AIRE EN EL OVALO SAN LÁZARO - AREQUIPA

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
CA-1	19K0229179	8185852	Azotea de la vivienda en la calle Santa Catalina 509	Las calles aledañas al punto de monitoreo, tienen un tránsito vehicular considerable medio y alto.

## INFORME DE ENSAYO N° 2-01751/21

Página 2/2

### RESULTADOS

		<i>Estación de Muestreo</i>	CA-1
		<i>Fecha y Hora de Muestreo</i>	2021-07-06 13:00
		<i>Tipo de Muestra</i>	Aire
<i>Parámetro</i>	<i>Límite de Detección</i>	<i>Unidad</i>	<i>Resultados</i>
Material Particulado			
PM - 2.5	2,00	µg/m3	34,2
PM-10	1,5	µg/m3	145

### MÉTODOS

**PM 2.5:** EPA 40 CFR. Appendix L to Part 50 . 2017. Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM2.5 in the Atmosphere

**PM-10:** EPA 40 CFR. Appendix J to Part 50. 2017. Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere.

### OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 13 de julio de 2021

*"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL – DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/ mutuo de los miembro firmantes de la IAAC e ILAC"*

## Anexo N° 10 Fichas de Identificación Para Calidad de Aire

<b>Nombre</b>	Jonatan Francisco Enriquez Vicuña
<b>Proyecto</b>	Evaluación De Material Particulado PM <sub>10</sub> Y PM <sub>2.5</sub> Para Determinar La Calidad Del Aire En El Óvalo San Lázaro - Arequipa
<b>Ubicación</b>	Calle Santa Catalina 509 - Óvalo San Lázaro - Arequipa - Arequipa
<b>Número y Ubicación del punto de monitoreo:</b>	
<b>CA-1</b>	
<b>Descripción del punto de muestreo:</b>	
<i>Azotea de la vivienda en la calle Santa Catalina 509</i>	
<b>Coordenadas UTM (Puntos de Monitoreo)</b>	
0229179 E; 8185852 N; 2361msnm WGS 84	
 A photograph showing an air quality monitoring station (CA-1) set up on a rooftop. A worker in a blue uniform and yellow safety vest is kneeling next to a piece of equipment. The station includes a white cylindrical air sampler, a tripod-mounted sensor unit with 'C&M' branding, and various cables and antennas. The area is cordoned off with orange traffic cones and a black and yellow striped barrier. In the background, there are trees and a clear blue sky.	

## Anexo N° 11 Fotografías de evidencia del parque automotor





## Anexo N° 12 Medición del Flujo – Hi - Vol



**Anexo Nº 13 Ovalo San Lázaro**



Anexo N° 14 Punto de Monitoreo CA-1



### Anexo Nº 15 Programación Timer



### Anexo Nº 16 Filtro antes del Muestreo Hi – Vol





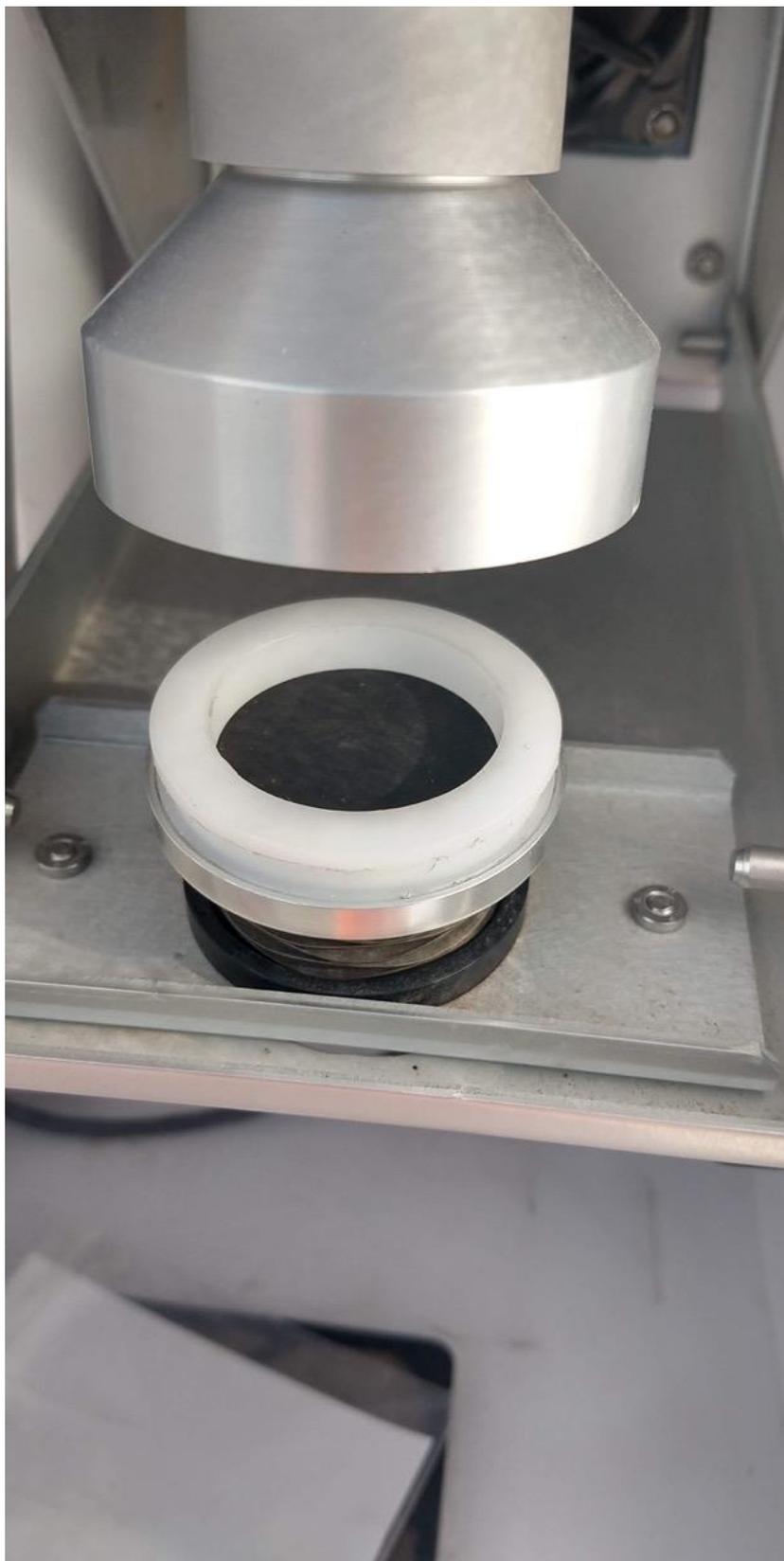
**Anexo Nº 17 Ubicación de Veleta en dirección Norte (Estación Meteorológica)**



**Anexo Nº 18 Filtro antes del Muestreo – Low Vol**



**Anexo N° 18 Filtro Después del muestreo – Low Vol (Color Oscuro por la cantidad de Hollín)**



**Anexo N° 19 Filtro Después del muestreo – Hi-Vol (Color Oscuro por la cantidad de Hollín)**



**Anexo N° 20 Ubicación del Punto CA-1 GPS**



# Muestreador de alto volumen

Hi - Vol (PM 10)

Procedimiento

## Procedimiento pre - monitoreo

- Recojo de papel filtro PM 10 y guantes de nitrilo
- Aplicación de silicona en el impactador
- Requerimiento de certificados de los equipos al laboratorio
- Solicitud de carta de flujo

## Procedimiento Monitoreo

- Coordinación del sitio de muestreo
- Descargar equipos de monitoreo
- Ubicación de equipos de monitoreo
- Recolección de coordenadas UTM
- Aseguración de conexiones eléctricas
- Verificación de ubicación equipo HI- VOL
- Colocación de papel Filtro
- Nombrar la estación en un panel para evidencias
- Insertar carta de flujo
- Conectar el equipo a una fuente de energía
- Programar el equipo en un periodo de 24 horas +/- 1 h
- Esperar a que se establezca el equipo Medimos el flujo con el manómetro

## Procedimiento post - monitoreo

- Regresar al punto de monitoreo
- Retirar el porta filtro
- Asegurar el papel filtro PM 10 y retirarlo
- Desinstalar equipo de monitoreo
- Recolectar coordenadas UTM
- Anotar observaciones
- Embarque de los equipos de monitoreo en el transporte

## Procedimiento en gabinete

- Llenar la cadena de custodia
- Procesamiento de data meteorológica
- Entrega de muestra al laboratorio

**P1**

Procedimiento 1

**P2**

Procedimiento 2

**P3**

Procedimiento 3

**P4**

Procedimiento 4

Fuente: Elaboración propia

# Muestreador de bajo volumen

Hi - Vol (PM 2.5)

Procedimiento

## Procedimiento pre - monitoreo

- Recojo de filtro PM 2.5 y guantes de nitrilo
- Requerimiento de Certificados de los equipos de monitoreo
- Solicitud de tripode para el equipo de bajo volumen.

# P1

Procedimiento 1

## Procedimiento Monitoreo

- Coordinación del sitio de muestreo
- Descargar equipos de monitoreo
- Ubicación de equipos de monitoreo
- Recolección de coordenadas UTM
- Aseguración de conexiones electricas
- Verificación de ubicación equipo LOW- VOL
- Colocación de papel filtro en el Casette
- Nombrar la estación en un cuaderno de campo.
- Conectar el equipo a una fuente de energía
- Programar el equipo en un periodo de 24 horas +/- 1 h

# P2

Procedimiento 2

## Procedimiento post - monitoreo

- Regresar al punto de monitoreo
- Retirar y asegurar el papel filtro PM2.5 del CASSETTE
- Retirar el frasco de humedad
- Retirar el equipo de bajo volumen del tripode
- Recolectar coordenadas UTM
- Anotar observaciones
- Embarque de los equipos de monitoreo en el transporte

# P3

Procedimiento 3

## Procedimiento en gabinete

- Llenar la cadena de custodia
- Procesamiento de data meteorológica
- Entrega de muestra al laboratorio

# P4

Procedimiento 4

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 23: Procedimiento de la estación meteorológica

# Estación meteorológica

## Analizador de variables Meteorológicas

### Procedimiento

#### Procedimiento pre - monitoreo

- Requerimiento de baterías
- Requerimiento de llave Allen
- Requerimiento de tripode para sensores meteorológicos

#### Procedimiento Monitoreo

- Coordinación del sitio de muestreo
- Descargar la estación meteorológica
- Ubicación de equipos del equipo
- Instalación de sensores meteorológicos en el tripode
- Configuración de la consola de la estación meteorológica
- Ubicación de la veleta en dirección norte
- Aseguramiento de la consola en un lugar seguro

#### Procedimiento post - monitoreo

- Regresar al punto de monitoreo
- Desconectar la consola
- Desconectar los sensores meteorológicos
- Retirar los sensores del tripode
- Recolectar coordenadas UTM
- Anotar observaciones
- Embarque de los equipos en el transporte

#### Procedimiento en gabinete

- Llenar la cadena de custodia
- Procesamiento de data meteorológica

# P1

Procedimiento 1

# P2

Procedimiento 2

# P3

Procedimiento 3

# P4

Procedimiento 4

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 24: Diagrama de selección de artículos científicos

