



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Título de la Tesis

**Dispersión de material particulado (PM10 y PM2.5) en
Huancayo Metropolitano, Región Junín, 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Barrantes Flores, Miguel Ángel (ORCID: 0000-0003-0572-107X)

ASESOR(A):

Mg. Sc. Haydeé Suárez Alvites (ORCID: 0000-0003-2750-0980)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios, por ser la parte fundamental de mi existir, a mis queridos padres Dula y Armando por su continuo apoyo. A mis hermanos Mercedes, Martha, Luis y Magaly. A todas las personas que me apoyaron para hacer realidad este trabajo.

Agradecimientos

Al ingeniero Luis Suarez (investigador agregado del IGP) por su desinteresado apoyo en la recopilación de datos para el presente trabajo de investigación.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos	ii
Índice de contenidos	iii
Índice de tablas	iv
Índice de figuras.....	v
Resumen.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación	20
3.2. Variable y operacionalización.....	20
3.3. Población, muestra y muestreo y unidad de análisis	21
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos	22
3.5. Procedimiento de la obtención de datos	27
3.6. Método para el análisis de la información	39
3.7. Aspectos éticos.....	39
IV. RESULTADOS	40
V. DISCUSIÓN	52
VI. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS	60

Índice de tablas

Tabla 1. Contaminantes primarios y secundarios de material particulado	11
Tabla 2. Parámetros y metodología de análisis	15
Tabla 3. Técnicas e instrumentos para el recojo de datos.....	22
Tabla 4. Validación a través de expertos de los instrumentos de recojo de datos.....	26
Tabla 5. Sistema de ubicación de la zona de estudio por coordenadas UTM	27
Tabla 6. Descripción de los puntos de monitoreo.....	28
Tabla 7. Rosa de vientos de dos estaciones de monitoreo meteorológico	31
Tabla 8. Valores de referencia para material particulado aprobados por el MINAM en los estándares de calidad ambiental (ECA) de aire	36
Tabla 9. Técnicas e instrumentos para la preparación de compuestos en el proceso.	38
Tabla 10. Determinación de fuentes fijas de contaminación en Huancayo Metropolitano	40
Tabla 11. Determinación de la congestión vehicular en Huancayo Metropolitano para días típicos y atípicos.....	41
Tabla 12. Resultados promedio en la determinación de material particulado PM10	42
Tabla 13. Indicadores de estadística para el material particulado PM10, en ug/m3 en tres las tres estaciones de monitoreo de Huancayo Metropolitano.....	44
Tabla 14. Resultados de la determinación de material particulado PM2.5.....	46
Tabla 15. Indicadores de estadística para el material particulado PM2.5, en ug/m3 en tres las tres estaciones de monitoreo Huancayo Metropolitano	47

Índice de figuras

Figura 1. Capas de la atmósfera en función al cambio de temperatura	8
Figura 2. Comparación del tamaño de un cabello y de arena fina de playa con el tamaño de partículas PM10 y PM2.5.....	11
Figura 3. Ubicación de la estación de monitoreo CA-01, en la parte más alta de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP).....	29
Figura 4. Ubicación de la estación de monitoreo CA-02, en la parte más alta del Instituto Geofísico del Perú (IGP)	29
Figura 5. Ubicación de la estación de monitoreo CA-03, en la parte más alta la casa de la familia Callupe, en Chilca.....	30
Figura 6. Pesado de varios filtros de teflón de porosidad 2.0 um con porta filtros	30
Figura 7. Toma de datos meteorológicos de estación portátil ubicado en la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP).....	32
Figura 8. Toma de datos meteorológicos del Instituto Geofísico del Perú (IGP)	33
Figura 9. Intersección de la Calle Real y la Av. Giráldez	33
Figura 10. Intersección de la Av. Ferrocarril y Av. Centenario.....	34
Figura 11. Intersección del Jirón Guido con Av. Giráldez	34
Figura 12. GPS de mano eTrex 10, marca Garmin	35
Figura 13. Fuentes de emisión fijas en la metrópoli de Huancayo	35
Figura 14. Concentración de material particulado PM10 en Huancayo Metropolitano, durante noviembre 2020	43
Figura 15. Diagrama de caja para material particulado menor a 10 μm (PM10) en Huancayo Metropolitano durante noviembre 2020	45
Figura 16. Concentración de material particulado PM2.5 en Huancayo Metropolitano durante noviembre 2020	46
Figura 17. Diagrama de caja para material particulado menor a 2.5 μm (PM2.5) en Huancayo Metropolitano durante noviembre 2020	48
Figura 18. Mapa de modelación de distribución de material particulado PM10 en Huancayo Metropolitano durante noviembre 2020, a través del método de Interpolación de Kriging.....	50
Figura 19. Mapa de modelación de distribución de material particulado PM2.5 en Huancayo Metropolitano durante noviembre 2020, a través del método de Interpolación de Kriging.....	51

Resumen

El Ministerio del Ambiente en el año 2014 declaró a 13 ciudades como zonas de atención prioritaria con el propósito de gestionar la condición del aire; entre estas se encuentra la provincia de Huancayo, ciudad donde el principal problema es el nivel elevado de material particulado (PM), el cual tiene emisores como camiones, automóviles, polvo del suelo y carreteras, quema de pastizales, etc. El efecto adverso del PM son las afecciones respiratorias en niños y adultos. En tal sentido, la presente investigación es de tipo aplicada descriptiva y plantea determinar cómo se distribuye el material particulado en la ciudad capital de la Región Junín, Perú: Huancayo Metropolitano, que forma parte del Valle del Mantaro, para el mes de noviembre del año 2020.

Para determinación de la concentración de PM₁₀ y PM_{2.5} se ejecutó mediante la norma técnica peruana NTP 900.030-2003; para el caso de PM₁₀ se utilizó el dispositivo HI-VO, para el caso de PM_{2.5} se utilizó un dispositivo LOW-VOL modelo. Ambos equipos están calibrados por la empresa “Enviroequip SAC” y aprobados por la EPA (Agencia Medioambiental de los Estados Unidos).

Los resultados promedios que se obtuvieron durante los días de monitoreo fueron: para PM₁₀ de 92.3, 48.5 y 89.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; para PM_{2.5} de 14.0, 7.0 y 22.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, los que se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire.

Se llegó a la conclusión que la dispersión del material particulado en la metrópoli de Huancayo tiene rangos que van desde 50.1467 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 92.0006 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM₁₀ y para PM_{2.5} esta dada desde 7.19654 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta 21.977 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ambas determinadas por la cantidad de fuentes fijas y móviles presentes en la ciudad.

Palabras clave: Material particulado, PM₁₀, PM_{2.5}, Huancayo

Abstract

In 2014 the ministry of the environment declared 13 cities as priority areas of attention for the purpose of managing air condition. Among them is located the province of Huancayo, a city where the main problem is the high level of particulate matter (PM) which has trucks, cars, and dust from the ground and roads, pasture burning, etc. The adverse effect of the PM are the respiratory conditions in children and adults. In this sense, the present investigation quantitative applied type poses to determine how to distribute the particulate matter in the capital city of the Junín Region in Perú: Huancayo Metropolitan, which forms part of the Mantaro valley, around the month of November of 2020, thus understand its distribution according to its own climatology. This evaluation will be analyze by a simple descriptive statistics technique.

The present investigation pretends to identify the distribution of particulate matter in Huancayo metropolitan according to the amount of particles of a diameter less than 10 microns and 2.5 microns coming from fixed and mobile sources, for which monitoring were established which were carried out during 15 days respectively in three stations.

The determination of PM₁₀ and PM_{2.5} concentration was executed through the Peruvian technical regulation 900.030-2003; for the case of PM₁₀ a sampler a device for particulate material HI-VOL, in the case of the PM_{2.5}, a LOW-VOL. Both equipments are calibrated by the company “Enviroequip SAC” and approved by the EPA (United States Environmental Agency).

The average results that were observed during the monitoring days were: for PM₁₀ was 92.3, 48.5 y 89.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively; for PM_{2.5} was 14.0, 7.0 and 22.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, being below the Environmental Quality Standards (EQSs) for air.

It was concluded that the spreading of the particulate material in the metropolis city of Huancayo has ranges that goes from 50.1467 to 92.0006 micrograms per cubic meter for PM₁₀, and for PM_{2.5} goes from 7.19654 to 21.977 micrograms per cubic meter, both determined by the amount of stationary and mobile sources present around the city.

Key terms: Fixed and mobile emitter sources, particulate matter, PM₁₀, PM_{2.5}

I. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de Salud (OMS), está considerando a la contaminación atmosférica como una crisis ambiental que ha venido incrementándose en los últimos años, sobre todo en las urbes del país, “el aire contaminado es responsable del 25% de la morbilidad del ser humano y de 3 millones de muertes prematuras a nivel mundial” (OMS, 2016). todas relacionadas a los niveles moderados y elevados de la contaminación del aire tanto en ciudades como en zonas rurales.

Es en tal sentido que, el Ministerio del Ambiente (MINAM) ha declarado a trece ciudades de nuestro país como “zonas de atención prioritaria (ZAP)” con el objeto de tomar medidas para gestionar de la calidad del aire, de manera especial, todo lo relacionado a reducir la concentración en contaminantes atmosféricos (Informe Nacional de la calidad del Aire, 2013-2014, p. 12). Estas acciones realizadas por el MINAM, tiene un objetivo principal, el de tener un buen estado físico de la persona humana conservando nuestro ambiente y poder así garantizar una calidad de vida adecuada.

Según, la Guía metodológica para la emisión de PM (2011) “denomina a material particulado como un material de pequeñísimo diámetro que puede existir en estado sólido o líquido en la atmósfera terrestre” (p. 13)., el cual tiene diversos emisores como polvo, la suciedad, el hollín o el humo. Para Matus y Oyarzun (2019), “estar expuestos por poco tiempo a contaminación atmosférica provoca hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños” (p. 166). “La exposición breve a contaminación atmosférica (PM₁₀ y PM_{2.5}) puede provocar hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños.” (Lacasaña, Aguilar y Romieu, 1999, p. 213). “También se ha evidenciado que afecta los mecanismos de reacción en la atmósfera y cambia las condiciones de visibilidad, alterando el paisaje” ([EPA, 2018, párr. 4](#)). Además, “a nivel ecológico se ha mostrado que reduce la cantidad de luz que utilizan las plantas por lo que afectarían su producción y/o crecimiento” ([Chen, 2020, párr. 4](#)).

En ese contexto debemos de considerar que la localidad de Huancayo que pertenece al Valle del Mantaro presenta altos niveles de contaminación generados por la actividad automotriz, las pollerías, el polvo del suelo de los cerros y áreas verdes sin mantenimiento, así como el complejo metalúrgico de La Oroya. El mencionado complejo metalúrgico, operaba desde la década de 1920 donde se emitían grandes cantidades de material particulado y gases, Un estudio realizado en el mes de noviembre del año 2017 sobre la dispersión de material particulado $PM_{2.5}$ emitido por pollerías en la ciudad de Huancayo, demuestra que las emisiones han superado los estándares de calidad de aire peruano con $25.8 \mu g/m^3$, esta información permite darnos cuenta de lo riesgoso de la situación en la ciudad de Huancayo respecto al $PM_{2.5}$.

Por consiguiente, es importante cuantificar la variación de la concentración del PM_{10} $PM_{2.5}$ en la metrópoli de Huancayo, para poder tener una base de datos confiable. Hay que tener en cuenta que todo este conjunto de datos que se obtendrá seguirá minuciosos procesos estadísticos mediante técnicas avanzadas, con ello poder identificar todas las fuentes de contaminación atmosférica en la ciudad en estudio. En tal sentido, esta investigación plantea como problema general: ¿Cómo es la dispersión del material particulado atmosférico (PM_{10} y $PM_{2.5}$) en Huancayo Metropolitano, Región Junín, 2020?; y como problemas específicos: ¿Cuáles fueron las principales fuentes de emisión de contaminantes (fuentes móviles y fijas) en la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020?; ¿Cuánta presencia de materia particulado PM_{10} fue colectado en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020?; ¿Cuánta presencia de material particulado $PM_{2.5}$ fue colectado en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020?

La presente investigación se justifica a nivel teórico, puesto que se realiza con el propósito de poder aportar conocimientos sobre el comportamiento del material particulado $<10 \mu m$ y $<2.5 \mu m$ como contaminante de la calidad de aire dentro de una zona urbana metropolitana, cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta de mejora, y así puedan ser incorporados como parte del conocimiento científico y de aporte a los investigadores, ya que se puede demostrar que el análisis del comportamiento de material particulado mejora la

calidad de vida de las personas. También, se justifica a nivel práctico, porque la información generada a través de la distribución de material particulado es entendible y de fácil acceso a las personas, esto permitiría a las entidades correspondientes tomar medidas preventivas para el futuro. Por otro lado, permitirá otorgar un aporte metodológico, puesto que, la evaluación y presentación de los resultados del material particulado colectado, una vez que presentados los resultados podrían ser utilizados en trabajos posteriores de investigación y como fuente de información para otras entidades públicas y privadas que deseen investigar más en este tema, esto debido a que se realizará el estudio de emisión de material particulado en la calidad de aire en el centro urbano metropolitano de la ciudad de Huancayo. También, se justifica a nivel ambiental, puesto que incluye un análisis detallado de los principales agentes contaminantes en el centro urbano metropolitano de la ciudad de Huancayo, el enfoque adoptado en el presente estudio trata de detectar cuáles son las repercusiones negativas en la salud que presentan interés debido a actividades (impactos ambientales) como resultado de la ejecución de proyectos, quema de pastos y parque automotor.

Para solucionar concretamente el problema, se presenta como objetivo general: “Determinar la dispersión del material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) en Huancayo Metropolitano, Región Junín, 2020”, y como objetivos específicos: “Estimar las fuentes principales de emisión de contaminantes (fuentes móviles y fijas) en la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020”; “Estimar los niveles de PM_{10} colectado en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020”; “Estimar los niveles de $PM_{2.5}$ colectado en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020”. Además, se pretende confirmar como hipótesis general: El material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) se emite por todo Huancayo Metropolitano, Región Junín, para el año 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Mencionaremos como antecedentes nacionales que se relacionan con el presente trabajo:

Fernández (2017), realizó una investigación sobre monitoreo de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) aplicando para ello una caracterización cuantitativa; este estudio se efectuó en Arequipa, exactamente en el distrito de San Juan de Siguan, donde ubicaron tres puntos de monitoreo con equipos HI-VOL para el control y monitoreo de PM_{10} y $PM_{2.5}$ respectivamente, para ello utilizaron un filtro de cuarzo que tiene la función mediante un motor de captar PM, y siguiendo el protocolo de análisis de material particulado monitorearon por 24 horas que es lo que exige la normativa peruana, por otro lado, también utilizaron estaciones portátiles para medir los parámetros del clima; para ello, obtuvieron los siguientes resultados respecto al año 2016, que referente al PM_{10} durante los meses de agosto a noviembre, indica que no se superaron los ECAs nacionales, y que solo una estación durante el mes de febrero del 2017 superó el estándar establecido en el Decreto Supremo 003-2017-MINAM con $184.6 \mu g/m^3$; respecto al $PM_{2.5}$ durante los meses de agosto 2016 a febrero del 2017, no superaron los ECAs nacionales; sin embargo, en el mes de noviembre del año 2016 se obtuvieron 86.63 y $63.53 \mu g/m^3$ respectivamente, los cuales notamos que si superaron los ECAs nacionales.

Vara (2017), utilizó una metodología descriptiva explicativa, de un nivel aplicativo en la ciudad del Cusco. El estudio utilizó un equipo denominado de alto volumen (Hi-Vol) con flujo de aire de cerca de 1,000 litros por minutos (LPM). Este Hi-Vol fue móvil y colocado en diversos puntos de medición alrededor de la ciudad de Cusco. Colectó información por 24 horas de medición, el PM_{10} tuvo valores de $25.8 \mu g/m^3$, $57.1 \mu g/m^3$ y $31.7 \mu g/m^3$, en sus tres puntos de evaluación; ninguno superó el ECA de Aire ($150 \mu g/m^3$ para PM_{10} en 24 horas). En el análisis de la composición química elemental se identificó: plomo $0.0064 \mu g/m^3$, aluminio $11.85 \mu g/m^3$ y cadmio $0.0004 \mu g/m^3$.

Suarez, Álvarez, Bendezú y Pomalaya (2017), realizó una caracterización sobre la composición química de material particulado atmosférico y para ello colocaron

una estación en un lugar urbano del centro de la ciudad de Huancayo. El estudio se desarrolló desde agosto del 2007 hasta mayo del 2008, y utilizaron para la medición un equipo PARTISOL FRM 2000 con filtro de 47mm; midieron $PM_{2.5}$. Esta investigación obtuvo como resultado que en: MP_{10} ($64,54 \pm 30,87 \mu g/m^3$) y $PM_{2.5}$ ($34,47 \pm 14,75 \mu g/m^3$) superan los ECAs anuales, donde el $MP_{2.5}$ es el que tiene mayor abundancia comparado con otras ciudades. Evidenció un alto nivel de concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en periodos secos o de falta de lluvias, demostrando la problemática de material particulado en la ciudad de Huancayo, debido principalmente al parque automotor.

Mantaro Revive (2010), presentaron los resultados para la cuenca del río Mantaro en relación al componente de contaminación del aire. En esta evaluación de diversos sitios que se instalaron equipos especialmente para dos contaminantes de suma importancia para el Valle del Mantaro, debido a las actividades industriales y metalúrgicas: dióxido de azufre (SO_2) y también el material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$). Para la ubicación de Huancayo el PM_{10} para la temporada de lluvias los valores registrados son de $78 \mu g/m^3$ y en el caso del $PM_{2.5}$ se confirmó la presencia de Pb, Cd y As; en el caso de la comunidad de Vicco en periodo seco registraron $66.9 \mu g/m^3$; para La Oroya registraron $53.4 \mu g/m^3$ en periodos lluviosos; siendo estos los más altos a comparación de los demás distritos.

En el ámbito internacional, se cuenta con estudios relacionados, tales como:

En Bolivia, Montenegro y Luján (2018), analizaron como varía en el espacio y según la estación sobre contaminantes primarios, tal es el caso del dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2) y ozono troposférico (O_3). También se cuantificó la concentración del material particulado menor de 10 micras (PM_{10}). Su enfoque de análisis se basó en las mediciones de la red Mónica en la ciudad de Cochabamba. Este análisis permitió determinar que NO_2 y SO_2 sean elevados en meses de invierno que en verano. El estudio concluye demostrando que la población Cochabambina se encuentra expuesta a riesgos mayores por contaminantes atmosféricos en los meses de invierno periodo en el que se registra una menor ventilación.

En Chile, Matus y Oyarzún (2019), Evaluaron las consecuencias en enfermedades respiratorias: neumonía, asma y bronquiolitis por contaminación atmosférica, en niños hospitalizados en Chile durante los años 2001 y 2005, para ello diariamente recopilaban información como temperatura, PM_{10} , $PM_{2.5}$, ozono, virus respiratorios y humedades ambientales, en pacientes menores de 15 años, lo hicieron en estaciones temporales y con 72479 hospitalizados en el sector público y privado. Presentaron los siguientes resultados: Los promedios de PM_{10} y $PM_{2.5}$ encontrados fueron de 81,5 y 41,2 $\mu g/m^3$ respectivamente, en cuanto a la temperatura promedio fue de 12,8 °C y respecto a la humedad del aire 72,6 %, un aumento de 10 $\mu g/m^3$ de $PM_{2.5}$ con 1 y 2 días de diferencia se pudo observar que entre las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias fue de un 2% de incremento, hubo un aumento a 5% después de 8 días, observándose una relación entre el material particulado y el virus. Llegaron a la siguiente conclusión: que los niños pueden llegar a hospitalizarse al tener exposiciones breves con diferentes tipos de contaminación atmosférica.

En Colombia, Arrieta (2016), describe que las actividades del hombre en distintos procesos minero-industriales generan una cantidad de impactos muy significativos, entre ellos el sector minero es la que ocasiona problemas atmosféricos debido a la gran cantidad de contaminantes que usan para sus diversos procesos, para ello el investigador realiza un estudio acerca del comportamiento de material particulado menor a 10 μm (PM_{10}) y su relación con agentes topográficos y meteorológicos, utilizó un software para poder modelar denominado AERMOD View diariamente y anualmente, este estudio lo realizó en el municipio de Socha en Sogamoso con ayuda de información satelital; se pudo identificar en el estudio tres tipos de fuentes de emisión: las fuentes fijas, fuentes móviles y las puntuales pero en baja proporción. Para el PM_{10} se determinó que el viento incide en resultado obtenido por la topografía del lugar, esto está condicionado por la zona del lugar; esto demostró un radio de arrastre muy crítico respecto a la deposición de partículas que fueron de aproximadamente 200 m.

En Colombia, Arciniégas (2012), concluyó un estudio bibliográfico de diagnóstico y control de contaminación atmosférica por material particulado en el ambiente, esto le permitió hacer predicciones que estén enfocadas en programas de que

puedan proteger a la población de algunas enfermedades y su influencia en la tasa de mortalidad, directamente referido a enfermedades respiratorias sobre todo en menores de edad y personas vulnerables (ancianos), esta investigación desarrollada brinda suficientes herramientas para la comunidad académica que no tengan información clara y precisa del equipamiento que existe para poder enfrentar problemas de salud en la población, relacionado a material particulado.

En Ecuador, Vallejo, González y Mena (2016), realizaron un estudio de investigación de PM en Pujilí ciudad y también hicieron un conteo acerca del tránsito vehicular en seis lugares estratégicos de dicha ciudad, en su investigación determinaron que para $PM_{2.5}$ su principal fuente de emisión son las lluvias, incendios forestales, erosión, entre otras; por otro lado, determinaron respecto a partículas cercanas a las 10 micras de diámetro que no tienen mucha sedimentación, mientras que las partículas de 20 micras pueden sedimentarse rápidamente, también hay casos que algunas muestras que exceden las 300 micras de diámetro.

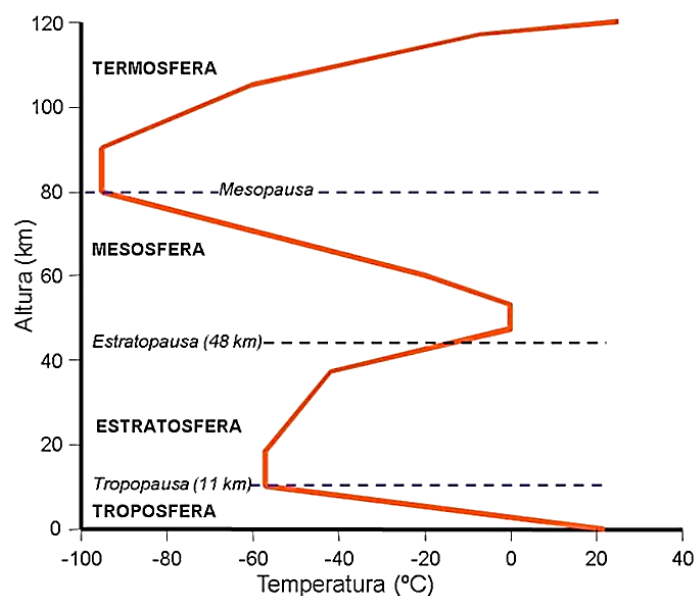
En Ecuador, Moscoso, Monroy, Narváez, Espinoza y Astudillo (2019), determinaron como el material particulado de extractos acuosos PM_{10} correspondiente a la zona urbana de Cantón, Ecuador tiene un efecto fitotóxico; para su caracterización lo realizó con un electroscopio de absorción atómica EPA3500a de algunos metales pesados como: plomo, níquel, cadmio y manganeso, para poder obtener los extractos acuosos lo realizaron con agua pura durante media hora por ultrasonicación, estas semillas estuvieron expuestas a unas cuatro diluciones de una fracción acuosa de PM_{10} por corto tiempo, para el procesamiento de los datos utilizaron IBM SPSS Stastics 22, GraphPad Prism y Kruskal Wallis (estadígrafo). Los resultados presentados mencionaron que el PM_{10} presenta un efecto fitotóxico y a esta se les atribuye a las especies del extracto acuoso: plomo, níquel, cadmio y manganeso.

Se considera como atmósfera de la tierra a aquella delgada envoltura de gas que rodea nuestro planeta. A está delgada capa, se le puede considerar su constitución como aire seco (al no considerar el vapor de agua) por lo que estaría constituida por una mezcla de gases, principalmente dominada por nitrógeno, oxígeno, argón, neón y con valores más variables el dióxido de carbono y

también vapor de agua, así como otras sustancias. Basada en Ambientum (2020), el nitrógeno abunda en un 78% de la concentración en volumen, el oxígeno es el segundo más abundante con un 21% del volumen. Así, tanto el oxígeno como el nitrógeno, juntos suman el 99% del volumen total del aire que respiramos habitualmente. El argón es el tercer compuesto más abundante (1% de concentración).

El restante porcentaje menor de 1%, comprende los que son denominados como sustancias gaseosas variables. De ellos, solo el vapor de agua se encuentra en algunos momentos, en concentraciones mayores de 1% en volumen. La concentración de estos compuestos es tan pequeña que se refieren en partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb), todo esto por volumen. Este pequeño porcentaje variable no solamente incluye gases, sino también partículas atmosféricas denominados material particulado. En ese sentido “el aire se convierte en una mezcla compleja de gases, líquidos y sólidos” (Querol, 2018, p. 107).

La atmósfera se puede dividir en función a la temperatura y la altura; así como a las interacciones entre los procesos físicos en los primeros kilómetros del aire y superficie del suelo, así como la interacción de la tierra con el sol. (Figura 1).



Fuente: Pastrana S. (2006)

Figura 1. Capas de la atmósfera en función al cambio de temperatura

La capa de la atmósfera más baja es denominada como tropósfera, y en la región tropical se puede extender desde niveles del mar hasta 18 km de altura, y se caracteriza por que en esta capa existe una composición homogénea de los gases debido a que hay una importante turbulencia y movimientos importantes de mezcla. En esta región la temperatura decrece con la altura. Esta disminución denominada velocidad de lapso adiabático tiene un valor de aproximadamente 9.8 grados Celsius por kilómetro de altura ($^{\circ}\text{C}/\text{km}$). Aunque en presencia del vapor de agua y su aporte al balance de energía de la atmósfera es este valor disminuye la velocidad del lapso hasta cerca de 6.5 K/km.

Un aspecto muy importante es que en la troposfera se concentra la capa del aire que respiramos y nos permite la vida en las condiciones que lo conocemos. Así mismo es la región de la atmósfera donde se producen los diversos fenómenos meteorológicos como la lluvia, las heladas, los vientos, las granizadas, etc. También es la zona de prioridad donde se emiten los diversos contaminantes del aire que van a producir los problemas de salud ambiental a toda la población que vaya a exponerse a niveles moderados y altos de la contaminación.

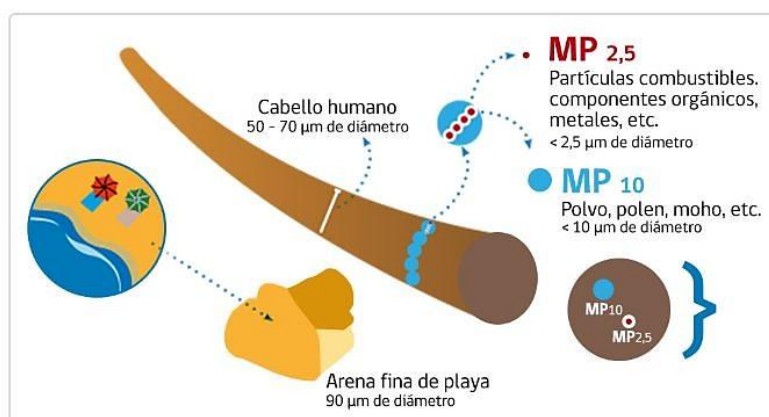
Se define a la contaminación del aire cuando diversas sustancias alteran la composición promedio de la atmósfera llegando a niveles que afectan la calidad del mismo y que con ello ocasiona diversos riesgos, daños o molestias para las personas y los ecosistemas. También podría definirse como: más de un elemento que en cantidades suficientes en la atmósfera permiten dar vida a todos los organismos vivos, por lo contrario, en construcciones y monumentos ocasiona daños indeseables y negativos (Seinfeld y Pandis, 2006, p. 824).

El aire contaminado, consta de la presencia de agentes químicos como por ejemplo: cianuros, insecticidas, metales pesados y gases tóxicos, etcétera; agentes biológicos como parásitos, hongos, bacterias, polen y virus; y también están los agentes físicos como la temperatura, presión, vibraciones, ruido, luz intensa, etcétera estas están presentes de tal manera que en constante presencia ocasionan daños en la salud, no permiten desarrollarse a la flora y fauna silvestre, son muy perjudiciales para el hombre y su comodidad de desarrollo habitual, referido a sus propiedades y también algunos lugares de recreación. En la actualidad, la contaminación atmosférica viene a ser un

problema de alta prioridad y sobre todo de mucha atención en ciudades que por su condición tiene alta demanda industrial y vehicular (Karue, Kinyua y El-Busaydi, 1992, p. 505).

Es de comprender que la historia de la contaminación del aire está relacionada con las actividades industriales del ser humano. Antes eran las máquinas de carbón vegetal que se utilizaban para el sector industrial, ahora, por la gran demanda de vehículos de diferentes tipos de motores el uso de la combustión de combustibles fósiles, como la gasolina, gas natural o diesel se ha vuelto una preocupación para las grandes y medianos centros urbanos. (Molina y Molina, 2004, p.644).

Se define como material particulado, aquellas pequeñas partículas que se encuentran suspendidas en un medio gaseoso son denominadas como “material particulado” (PM). Las partículas de PM en la atmósfera son invisibles al ojo humano (ver figura 2). Por definición el PM tiene un diámetro aerodinámico equivalente menor a 10 micrómetros (μm) (PM_{10}). Además de esta clasificación también se consideran fracciones más pequeñas como las partículas de PM diámetro menores a 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$). Estos dos indicadores de la presencia del PM son también reconocidos a nivel de la legislación peruana. Sin embargo, también algunos países han implementado legislación para partículas de PM de un diámetro menor de 1 μm (PM_1). Cabe resaltar que las partículas en la atmosfera dependen directamente de su tamaño, esto está referido a su diámetro, y que su sedimentación es rápida siempre y cuando las turbulencias y corrientes de aire no influyan en su proceso de sedimentación y puedan establecerse en el suelo.



Fuente: Salazar A. (2020)

Figura 2. Comparación del tamaño de un cabello y de arena fina de playa con el tamaño de partículas PM10 y PM2.5

Por otro lado, si evaluamos el PM en función de su origen podemos clasificarlo como primario y secundario, tal y como se presenta en la tabla 1 del presente trabajo. Para el material particulado primario, es la agrupación de partículas emitidas muy frecuentemente dentro de nuestra atmósfera, debido a los procesos de combustión de los combustibles relacionados al petróleo y la quema de biomasa. Mientras que el PM secundario es el conjunto de partículas producido por procesos adicionales, posteriores a la emisión, debido a la conversión de gases abundantes en la atmósfera, principalmente, tales como óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), amonio (NH₃) y otros.

El PM tiene un importante rol en el sistema climático. El PM interactúa con la radiación solar de manera directa al reflejar y producir un efecto de enfriamiento a la tierra afectando el balance de energía que nos da las condiciones actuales del clima. También tiene un impacto indirecto debido a que estas pequeñas partículas en la atmósfera ayudan al agua a condensarse y con ello promueve la formación de las nubes, que, del mismo modo anterior, luego impedirán el ingreso de la radiación solar y con ello un efecto de enfriamiento. Un proceso mucho más complejo de entender y reproducir en modelos atmosféricos. Además de este rol en la física de la atmósfera, su complejidad es adicional debido a que tiene una variada composición química, dependiendo del sitio de evaluación. El MP junto con las nubes son los más importantes factores de incertidumbre en los diversos modelos de pronóstico y los escenarios a futuro del cambio climático. Así mismo son un serio problema de salud pública y mientras más pequeño sea el MP será mayor la profundidad del sistema respiratorio al que va a penetrar, transportando elementos tóxicos.

Tabla 1. Contaminantes primarios y secundarios de material particulado

Contaminantes Primarios	Contaminantes Secundarios
Óxido de carbono (CO)	O ₃ (troposférico)
Compuestos nitrogenados (NO _x , NH ₃ , N ₂ O)	Hidrocarburos oxidados
Compuestos azufrados (SO _x , SO ₂)	Aerosoles orgánicos secundarios

Material particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5})	Sulfatos
Hidrocarburos	Nitratos
Metales	Material particulado secundario

Fuente: Salazar A. (2020)

Mediante técnicas de estadística avanzada se han desarrollado una variedad para analizar grandes cantidades de datos. En términos simples, que, frente a una cantidad de datos variables, cuyo principal objetivo de esta técnica avanzada es que será posible que nuestro gran conjunto de datos se reducirá poca cantidad de números, pero perdiendo la menor cantidad de información posible. Luego, el procesamiento de esta técnica avanzada, utilizando combinaciones lineales de variables originales hará que obtengamos, nuevos componentes principales o factores, y además serán independientes entre sí.

Un aspecto importante para el análisis correcto de los diversos factores, será aquella en la que sea deduzca la observación de la relación existente entre los factores dominantes con aquellas variables iniciales. Esto se convierte en un proceso, se torna decisiva dado que permite identificar de un conjunto de datos sus variantes en sus causas y ordenar esta variabilidad basado en su importancia. En términos técnicos de la estadística podemos asegurar que lo que hace es buscar aquella proyección en la que los datos originales queden en términos de mínimos cuadrados de mejor representatividad.

Por estas importantes características es importante la estadística, se utiliza ampliamente para análisis de datos de tipo exploratorio y para la construcción de modelos predictivos, pero siempre teniendo en cuenta que necesita una importante cantidad de datos que describan la variabilidad de la variable en estudio.

Los enfoques conceptuales que enmarcan la presente investigación son:

El material particulado, Según la definición utilizada por la Secretaria de Medio Ambiente de México D.F. se puede clasificar al material particulado (MP) “según el efecto adverso en la salud humana, sea proveniente de un proceso natural o antropogénico y por sus características físicas” (SMA, 2006).

- a) Partículas sedimentables (mayores a $10\ \mu\text{m}$). Es aquel PM de tamaño tan grande que por el efecto de la gravedad sobre su peso tendera a precipitarse con facilidad, permaneciendo un periodo corto de tiempo en la atmósfera. Además, debido a este gran tamaño es removido eficiente tanto por la atmósfera como por las fosas nasales en el ser humano no teniendo riesgos significativos a la salud de las personas.
- b) Partículas menores a 10 micrómetros (PM menor $10\ \mu\text{m}$, PM_{10}). Es aquel PM que se considera perjudicial para la salud de las personas debido a que su tamaño minúsculo posibilita su ingreso a través de las fosas nasales llegando hasta el interior del pulmón, pudiendo limitar la capacidad respiratoria en caso de una concentración elevada.
- c) Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM menor a $2.5\ \mu\text{m}$, $\text{PM}_{2.5}$). Es aquel PM que significa un mayor efecto secundario en la salud de personas y que incluso puede ocasionar muertes tempranas en la población según diversos estudios.

En general podemos distinguir que el comportamiento adverso del contaminante atmosférico de PM depende de su tamaño. Esto debido a que, desde cierto tamaño, velocidad de sedimentación (basada en la Ley de Stokes) es lo suficientemente alta como para que sean removidos por la gravedad, mientras no se produzcan movimientos bruscos de aire y turbulencia, relacionado con la inversión térmica o ventiscas (Countess, 2006)

Fuentes de emisión del material particulado a la atmósfera, según (Seinfeld y Pandis, 2006) para una mejor identificación de las fuentes de contaminación del aire por MP se ha podido separar mediante dos fuentes principales: la de origen natural y la antropogénica

Contaminantes de origen natural, aquellos contaminantes gaseosos de origen natural son la destrucción de la vegetación protectora del suelo, por lo que también origina la erosión del suelo. También los incendios forestales, que consumen grandes cantidades de biomasa vegetal, principalmente en las épocas de sequía, generan grandes emisiones de gases y MP. También se deben mencionar las emisiones de compuestos orgánicos que hacen las plantas

donde existe un predominio de los compuestos orgánicos volátiles (COVs) con una gran importancia para la formación del PM como de la química de la atmósfera. Se debe considerar también las emisiones de aquellos compuestos en descomposición, estos se quedan adheridos al polvo, por ejemplo: esporas, polen, microorganismos, etcétera “(Seinfeld y Pandis, 2006).

Contaminantes antropogénicos, aquellos contaminantes en el tienen su origen al ser humano se denominan contaminante antropogénico, los cuales se pueden clasificar en cuatro grupos importantes:

- Fuentes móviles: autos, aviones, trenes, barcos y los combustibles de origen del petróleo que utilizan predominantemente.
- Fuentes fijas: chimeneas de los hogares, tubos de escape de los comercios, generación de energía para la industria, incluyendo las centrales termoeléctricas donde se quema combustible para generar energía.
- Sistemas productivos de la industria: procesos químicos, actividad metalúrgica, refinerías de gas y petróleo, fábricas de papel, etc.
- Fuentes de área: quemas de residuo agrícola, emisión de la basura, incendios forestales, fugas, derrames de compuestos tóxicos, etc.

Escalas relacionado al problema de la contaminación atmosférica, “estas se pueden clasificar en tres escalas espaciales que implican diversos procesos en la atmósfera y de impactos en las poblaciones” (Vallero, 2008):

- a) Microescala o escala local: las emisiones son detectadas a distancia cortas, referido a unos pocos kilómetros, pero después de unos días o talvez algunas horas esta produce una importante emisión, están aquí por ejemplo las emisiones industriales.
- b) Mesoescala o escala regional: estas registran su emisión a decenas de kilómetros y también varia el tiempo, porque pueden estar después de varias semanas o hasta meses después de que haya empezado la emisión, esto varia porque hay actividad química de los agentes contaminante dentro de la atmósfera, en aquí tenemos, por ejemplo: la lluvia ácida.

- c) Macroescala, escala planetaria o global: aquí sucede que después de varios años o a distancias de miles de kilómetros respecto a los agentes contaminantes, ejemplo: la presencia de agujeros en la capa de ozono.

Parámetros y metodología de análisis para materia particulado, detallado según los estándares de calidad ambiental de aire del Ministerio del Ambiente del Perú (tabla 2)

Tabla 2. Parámetros y metodología de análisis

Parámetros		Método de análisis	Periodo	Unidades
Material con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	Separación inercial/filtración (Gravimetría)	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Material con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Separación inercial/filtración (Gravimetría)	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: D.S. 003-2017-MINAM, estándares de calidad ambiental de aire.

Dispersión del aire por material particulado, diversos trabajos de investigación han enfocado a la contaminación del aire como un problema debido al material particulado, tanto a nivel de su fracción gruesa (PM₁₀) como del fino (PM_{2.5}). Se puede citar como ejemplo al trabajo de Mues (2012), cuando caracterizaron sobre las concentraciones de PM₁₀ en distintas condiciones climáticas en Europa. En este trabajo se comparó la medición hecha por la red del Centro Europeo de Evaluación y Monitoreo (EMEP) de los meses de verano del año 2003 durante cinco años, respecto a la media de los veranos (2003 al 2007). Existe correlación entre las emisiones de PM₁₀ y los parámetros meteorológicos disponibles mostró la alta temperatura máxima diaria explicaba que la concentración de PM₁₀ aumentará. Otras condiciones meteorológicas como la baja velocidad del viento y las escasas lluvias típicas del verano promovieron la acumulación del PM en la parte baja de la atmósfera.

Como es habitual, la Organización Panamericana de la Salud la Organización Mundial de la Salud (OMS/OPS, 2005) presentaron una evaluación que realizaron globalmente, denominada “Evaluación de los Efectos de la

Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe (ALC)”, donde recogieron cerca de 85 estudios publicados en revistas científicas indexadas y de gran prestigio, cubriendo el periodo de 1994 hasta el año 2004. En esta evaluación se explora una relación entre la contaminación del aire y sus efectos en la salud de las personas de ALC. La principal conclusión de esta evaluación fue que existe efectos agudos y crónicos en la salud de las personas del ALC directamente relacionados a la contaminación del aire, entre los cuales han destacada la correlación con los problemas cardiovasculares, el cáncer de pulmón y las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAS) tanto de adultos como de niños.

Por ello, la OMS, basado en la relación exposición–respuesta, recomienda para la normativa de contaminación del aire que se deben de hacer diferentes adecuaciones referido a resultados de salud de las personas, respecto a la mortalidad diaria y los que ingresan a los hospitales por PM_{10} por $10 \mu g/m^3$. Teniendo en cuenta esto; exponerse a PM_{10} con una concentración de $50 \mu g/m^3$ estaría dispuesto a un aumento de casi 5% en la mortalidad diaria de adultos y otro aumento en casi 10% en las admisiones hospitalarias diarias.

Aún más recientes estudios han mostrado que existe una dependencia entre la concentración del material particulado en la atmósfera y la mortalidad infantil en países en desarrollo como el Perú. Según Lelieveld et al., (2018) cerca de 4.5 millones de personas en el 2015 murieron prematuramente de enfermedades relacionadas a la contaminación del aire, incluyendo 237,000 de niños debajo de los 5 años de edad debido a enfermedades respiratorias agravadas como neumonía. Esto debido a que los niños están expuesto a niveles elevados y moderados de contaminación por material particulado, especialmente por $PM_{2.5}$ que es el más dañino debido a que su diminuto tamaño permite el ingreso a las partes más pequeñas del sistema respiratorio, transportando muchas veces elementos muy tóxicos para la salud humana.

Existen escasos estudios sobre la contaminación del aire a nivel nacional debido a la poca disponibilidad de datos. Por ello, Suarez (2006), realizó un estudio respecto al transporte transfronterizo de contaminantes del aire en la región Andina y Amazónica del Perú ocasionado por las quemadas de vegetación en

Brasil. Esto fue realizado evaluando datos de PM, pero mediante técnicas de sensoramiento remoto. En este estudio, para cuantificar el PM, se usaron sensores TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) y también el MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Con datos casi diarios de estos sensores se pudieron reportar en la ciudad de Huancayo que, respecto a la variación de estaciones referido a términos indicativos de aerosol y espesor óptico de aerosol, esta se podría transportar a todo el territorio peruano.

En esta evaluación se mostró que se los máximos valores se presentaban en el periodo seco (de agosto a noviembre). Además, se hizo una primera aproximación a registrar una dependencia entre la cantidad de las de las quemadas en la Amazonia de Brasil con los niveles de aerosoles (AI y AOD) registrados para la ubicación de Huancayo, mostrándose una regresión positiva que da un indicativo del efecto de las quemadas en la concentración de diversos compuestos del aire. Los autores además recomiendan que se profundice en los estudios sobre las trayectorias de masas de aire para evaluar su origen y su destino final en toda la cuenca Amazónica. También se recomienda una implementación de políticas de prevención integral de incendios o quemadas forestales, que sea coordinada adecuadamente entre Perú y Brasil.

De similar modo, una investigación del Instituto Geofísico del Perú (Moya et al 2017) utilizando el modelo numérico Weather Research and Forecasting unido con un módulo de evaluación de la química de la atmósfera (WRF-CHEM, por sus siglas en inglés) esto para caracterizar conducción y distribución del PM_{10} , ocasionadas por la quema de materia orgánica, puede ser en Perú o en sus regiones aledañas, pero teniendo como centro de investigación a la ciudad de Huancayo. Este trabajo definió que el territorio de los Andes Centrales está siendo afectado continuamente por las quemadas de vegetación tanto del propio país como por los causados por vecinos, con gran cantidad de quemadas en Brasil y en Bolivia. De igual modo, mostraron que el análisis satelital y de mediciones fotométricas en tierra han registrado un incremento progresivo del espesor óptico por aerosoles (ADO) desde fines del mes de julio, llegando a un máximo en el mes de agosto, coincidiendo muy bien con los valores más altos de la concentración del PM_{10} simulados por el modelo de alta resolución WRF-CHEM.

Composición química del material particulado, el compuesto químico del material particulado está considerado como un sistema complejo, esto dependiendo de las zonas de muestreo (pueden ser de zonas rurales, urbanas o industriales). El material particulado tiene una alta variabilidad en su composición debido a los diversos procesos de contaminación que se registran en los puntos donde se ha muestreado. La detallada determinación de esta variabilidad de la composición química tiene desafíos importantes dada su complejidad. A tener en cuenta algunos aspectos como:

Según (Pöschl, 2005), debido a la alta variabilidad de compuestos químicos del material particulado podemos considerar algunos componentes como:

- a) Elementos geológicos, estas son minerales que se formaron en la roca madre, en la litosfera continental, predomino los silicatos félsicos asociados a cuarzo, mica y arcillas, también están los silicatos accesorios y los carbonatos, hidróxidos, fosfatos y óxidos, en las muestras de material particulado se suele mostrar como un “componente crustal” y está definido por los siguientes marcadores silicio, aluminio, cesio, rubidio, potasio, estroncio.
- b) Ion Sulfato y Ion Nitrato: en su mayoría están formados por aerosoles secundarios cuyo diámetro es muy fino, esto por el resultado de oxidación de gases precursores (SO_2 y NO_2) donde se forman los ácidos que después se neutralizan con sulfato y nitrato amónico.
- c) Cloruros: en su mayoría tienen la composición de halita o sal (NaCl), estas se producen cuando las burbujas de aire presente en el océano presentan una ruptura en su superficie.
- d) Partículas carbonosas: están incluidas el carbono elemental y el carbono orgánico. Un ejemplo de este tipo de partículas es el hollín, que se produce por combustión de algunos hidrocarburos.

Metrópoli de Huancayo, está referido a la localidad que tiene más importancia en la región, hablamos de metrópoli en esta investigación para nombrar a la capital de la provincia de Huancayo que ejerce influencia sobre sus distritos aledaños,

tal es el caso del distrito del El Tambo y del distrito de Chilca; Huancayo es la capital de la región Junín, es una metrópoli regional del macrosistema centro.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación, propone la ejecución de una investigación de tipo **aplicada cuantitativa**, puesto que se utilizó conocimientos en ciencias químicas y estadística descriptiva referencial, con la finalidad de poder aplicarlas para explicar emisión de la concentración del material particulado y así poder cuantificar el aporte de contaminación del aire para un determinado lugar y en una fecha determinada.

Del mismo modo basado en (Sampieri, 2016) el diseño de investigación del presente trabajo de tesis está basado en el diseño **experimental** debido a la gravimetría realizada en laboratorio.

Por la descripción de Hernández-Sampieri y col. (2016), la naturaleza este trabajo de investigación es descriptivo y explicativo. **Es descriptivo**, porque se describirá e interpretará el comportamiento de la emisión del material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ que ha sido cuantificado en tres estaciones. **Es explicativo** porque se realizará un análisis multivariado para determinar las fuentes de emisión y regiones generadoras de material particulado en la zona estudiada, causas de los fenómenos que ocurren, de esta manera explicar los posibles orígenes de las partículas en la zona (metrópoli de Huancayo).

3.2. Variable y operacionalización

- **Variable independiente (VI):** Concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en la metrópoli de Huancayo.
- **Operacionalización:** (Ver anexo 01)

3.3. Población, muestra y muestreo y unidad de análisis

- Población

Es considerada como el conjunto de personas u objetos, la cual busca conocer algún dato en una investigación (Pineda, 1994:108) Para la población de estudio del presente trabajo de investigación se ha considerado el área urbano metropolitano de Huancayo. Esta zona es las que tiene un mayor deterioro de la calidad del aire y por ello son considera una muestra representativa y un buen indicador para evaluar posibles efectos en la población.

- Muestra

Se considera al subconjunto o una parte de universo o población, donde se llevará a cabo una investigación, existen diversos procedimientos para determinar la cantidad de los componentes de la muestra, como por ejemplo fórmulas, lógica, etcétera; es la parte representativa de la población (López, 2004). Para el presente estudio la muestra se consideró tres zonas de Huancayo Metropolitano (distrito de Huancayo, El tambo y Chilca), esto debido a que influyen directamente con el centro urbano de la metrópoli de Huancayo y se podrá observar la el comportamiento del material particulado.

- Muestreo

Es uno de los métodos más utilizados para escoger componentes de una muestra de todo el total de la población, esta consiste en un conjunto de criterios, procedimientos y reglas, de todos ellos se selecciona conjunto de elementos de una población, esto representa lo que está sucediendo en toda la población (Mata, 1997). El muestreo según las labores de estudio realizadas es del tipo no probabilístico. Esto es porque que se enfocará identificando y definiendo previamente

el área urbana metropolitana de la ciudad de investigación (Huancayo). Para ello, el muestreo se realizó teniendo en cuenta el protocolo del DS. 010-2019-MINAM: Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire

- Unidad de análisis

Según (Hernández, 2003, p117) son todos los elementos que pueden ser medidos; en tal sentido, para esta investigación se consideró la unidad de análisis 15 días de 24 horas de la metrópoli de Huancayo.

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

Para este estudio se utilizó la técnica de observación, como se detalla a continuación (tabla 3).

Tabla 3. Técnicas e instrumentos para el recojo de datos

ETAPA	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
1. Identificación del área de estudio	Material particulado en la metrópoli de Huancayo	Observación	Ficha N° 01 – Determinación del área de estudio (ANEXO 2)	Delimitación e identificación del área de estudio.
2. Identificación de fuentes móviles.	Material particulado de Vehículos menores, livianos y pesados	Observación	Ficha N° 02 – Identificación de fuentes móviles (ANEXO 3)	Identificación de tipo de vehículo y cantidad, proveniente de Congestión vehicular:
3. Identificación	Material particulado	Observación	Ficha N° 03 – Identificación de	Identificación de cantidad y rubro

de fuentes fijas	de Pollerías, panaderías, madereras, fábricas, compostaje, etc.		fuentes fijas (ANEXO 4)	de fuentes fijas
4. Recojo de datos de PM10	Material particulado menor a 10 micras	Observación	Ficha N° 04 – Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – PM10 (ANEXO 5)	Concentración de PM10 atmosférico
5. Recojo de datos de PM2.5	Material particulado menor a 2.5 micras	Observación	Ficha N° 05 – Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – PM2.5 (ANEXO 6)	Concentración de PM2.5 atmosférico
6. Recojo de datos de temperatura (°C)	Condiciones climáticas ambientales	Observación	Ficha N° 06 – Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Temperatura (ANEXO 7)	Determinación de temperatura para cada día de análisis
7. Recojo de datos de dirección del viento	Condiciones climáticas ambientales	Observación	Ficha N° 07 – Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Dirección del viento (ANEXO 8)	Determinación de la dirección del viento para cada día de análisis
8. Recojo de	Condiciones	Observación	Ficha N° 08 –	Determinación

datos de velocidad del viento	de climáticas ambientales		Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Dirección del viento (ANEXO 9)	de la velocidad del viento para cada día de análisis
-------------------------------	---------------------------	--	--	--

- **Técnica**

En la investigación se utilizó la técnica **experimental** y **observación directa** del fenómeno en evaluación para poder recoger los datos, este se ha realizado de manera sistemática para obtener periódicamente un válido registro de datos que ha contado con la ayuda de instrumentos de alta calidad que permiten ampliar la capacidad de observación (Hernández Sampieri et al., 2016).

También se ha utilizado la técnica de la recopilación de información para fines de revisar documentación oficial y de referencia para fines de cotejar los resultados con los valores de la normatividad nacional. La técnica del procesamiento de información y referencias bibliográficas ha permitido consolidar e integrar la data obtenida y someterla al proceso de discusión de resultados.

- **Instrumentos para la recolección de datos**

Para el recojo de datos en campo se ha utilizado 8 fichas:

Ficha 1: Determinación del área de estudio, en este formato se ha podido registrar datos relevantes en cuanto a ubicación y altitud del área de estudio.

Ficha 2 Identificación de fuentes móviles, este formato permitió consignar el tipo de vehículo y la cantidad, se registró la hora para la determinar las fuentes móviles presentes en la investigación.

Ficha 3 Identificación de fuentes fijas, con este formato se tomó datos de todos los sectores industriales presentes en el área de estudio, su ubicación en latitud y longitud, así como, el rubro al que pertenece.

Ficha 4 Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – PM₁₀, en este formato se registró de manera detallada el nombre y número de la estación, el operador, la fecha de registro de datos, que método de muestreo se realizó, la ubicación del equipo de muestreo, su calibración y se consignó el registro de datos diario por 15 días durante las 24 horas del día, identificando el promedio por día, así como, la variable máxima y mínima de cada día y al final, para determinar dispersión de partículas sólidas o líquidas provenientes del polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, y cuyo diámetro es menor a 10 µm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro).

Ficha 5 Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – PM_{2.5}, en este formato se registró de manera detallada el nombre y número de la estación, el operador, la fecha de registro de datos, que método de muestreo se realizó, la ubicación del equipo de muestreo, su calibración y se consignó el registro de datos diario por 15 días durante las 24 horas del día, identificando el promedio por día, así como, la variable máxima y mínima de cada día y al final, para determinar presencia de material muy pequeño menor a 2.5 micrómetros (aproximadamente 1 diezmilésimo de pulgada) o referido a menos de diámetro. Este tipo de material pueden provenir de automóviles, fábricas, quema de madera y otras actividades.

Ficha 6 Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Temperatura (°C), en este formato permitió el registro de las condiciones climáticas, referido a la temperatura en los días de muestreo.

Ficha 7 Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Dirección del viento, en este formato permitió el registro de las condiciones

climáticas, referido a la dirección del viento en los días de muestreo.

Ficha 8 Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Velocidad del viento (m/s), en este formato permitió el registro de las condiciones climáticas, referido a la velocidad del viento en los días de muestreo.

- Validez del instrumento

Según lo indica (Chávez, 2001) se puede dar por validado un instrumento cuando desarrolla correctamente lo que se pretende estudiar, por su parte (Hernández, 2003), define el grado que tiene un instrumento de recojo de datos como el objeto que tiende a ser medido correctamente, para el estudio la validez de los 08 formatos consignados, así como su contenido (anexo 2), se pudo validar a través de 3 expertos (tabla 4).

Tabla 4. Validación a través de expertos de los instrumentos de recojo de datos

Apellidos y Nombres	N° CIP	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	% de validez	Promedio de validación total
SUÁREZ SALAS, Luis Fernando	106381	90	90	90	90	90	90	90	90	90%	87.3%
SANCHEZ CHAVARRI, Grizel Dayanna	198062	85	85	85	85	85	85	85	85	85%	
ANCHO ALVAREZ, Aaron	101427	90	90	90	85	85	85	85	85	87%	

- Confiabilidad del instrumento de recojo de datos

Según (Hernández, 2003), para determinar la confiabilidad de un instrumento de medición es la manera las veces que se repite su aplicación y produce siempre resultados iguales.

Para la presente investigación, los instrumentos validados por 3 expertos (tabla 7), permitieron recoger datos de manera eficiente y

teniendo en cuenta el objetivo de estudio y se realizó su confiabilidad utilizando para la ello la escala de Murphy y Davishofer (Hogan, 2004) para determinar valores en los coeficientes de confiabilidad, se calculó Alfa de Cronbach con el programa estadístico IBM SPSS Statistics Visor para la validación de los instrumentos de recojo de datos, cuyo resultado es aceptable (ver anexo 10).

3.5. Procedimiento de la obtención de datos

Para este estudio se realizó en un tiempo de 15 días (2 semanas) dando inicio 09 de noviembre y concluyó el 23 de noviembre de noviembre del 2020, y se realizó en 5 fases:

Fase 1: Ubicación y delimitación del área de estudio.

Todo el estudio se realizó en el área urbana de la ciudad de Huancayo, provincia de Huancayo, capital de la Región Junín con una altitud de 3249 msnm y con una población metropolitana de 545,615 habitantes (INEI, 2017), se puede apreciar (ver anexo 6) el área donde se realizó el presente estudio y el sistema de ubicación por coordenadas, tal como indica la tabla 5, para este trabajo, se utilizó la **Ficha N° 01 – Determinación del área de estudio** (ver anexo 2)

Tabla 5. Sistema de ubicación de la zona de estudio por coordenadas UTM

COORDENADAS UTM	
ZONA 18L - WGS 84	
Norte	Sur
8666065	476420

Fuente: Elaboración propia

Fase 2: Ubicación de las estaciones de monitoreo.

Para el presente trabajo se instaló tres (03) estaciones de monitoreo de la calidad de aire (ver anexo 7), en los cuales se analizó el material

particulado presente PM₁₀ y PM_{2.5} (ver tabla 6), se les asigno nombres, como se puede observar, para el presente estudio se les denominó CA (Contaminación del Aire) como se puede evidenciar en la figura 3, para ello, también se tuvo en consideración que el lugar sea de fácil acceso y en puntos críticos de contaminación.

El área de influencia directa es de 31.8 km² el perímetro total del área es de 22.2 km.

Tabla 6. Descripción de los puntos de monitoreo

Código de estación	Coordenadas		Altitud (msnm)	Descripción de la estación
	Este	Sur		
CA – 01	474442	8670042	3249	Universidad Nacional del Centro del Perú
CA – 02	477125	8665888	3249	Instituto Geofísico del Perú
CA – 03	477840	8664707	3249	Casa de la Familia Callupe - Chilca

Fuente: Elaboración propia

Fase 3: Obtención de información: PM₁₀ y PM_{2.5}, temperatura (°C), dirección del viento (grados) y velocidad del viento (m/s).

Una vez ubicado la estación para el muestreo respectivo, procedemos con el ensamble e instalación del equipo HI-VOL (ver anexo 4).

El método que se empleó fue según el D.S. 003-2017-MINAM, estándares de calidad ambiental de aire.

Para la obtención de datos de material particulado, tanto para PM₁₀ y PM_{2.5} se realizó coordinaciones con el Instituto Geofísico del Perú (IGP) con sede en Huancayo, provincia de Huancayo, Región Junín, estación CA-02 (ver figura 4), también se gestionó con la Universidad del Centro del Perú (UNCP), estación CA-01 (ver figura 3) con la familia Callupe del distrito de Chilca, estación CA-03 (ver figura 5) para el monitoreo de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} para el periodo de noviembre 2020, los datos obtenidos se enviaron en hojas de cálculo de Excel en valores

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, los datos fueron recabados de manera escrita; para material particulado menor a 10 micras, se utilizó la **Ficha N° 04 – Calidad de Aire – Hoja de datos – 15 días – PM10** (ver anexo 2), para material particulado menor a 2.5 micras, se utilizó la **Ficha N° 05 – Calidad de Aire – Hoja de datos – 15 días – PM2.5** (ver anexo 2).



Figura 3. Ubicación de la estación de monitoreo CA-01, en la parte más alta de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP)



Figura 4. Ubicación de la estación de monitoreo CA-02, en la parte más alta del Instituto Geofísico del Perú (IGP)



Figura 5. Ubicación de la estación de monitoreo CA-03, en la parte más alta la casa de la familia Callupe, en Chilca

También se pesó los filtros antes de la medición y después de terminar, en el presente estudio se utilizó filtros de teflón con una porosidad de 2 μm (micrómetros), esto para evaluar por 24 horas continuas de muestras de aire. Cabe señalar, que estos antes del muestreo los filtros se pesaron en el laboratorio del Instituto Geofísico del Perú (IGP)



Figura 6. Pesado de varios filtros de teflón de porosidad 2.0 μm con porta filtros

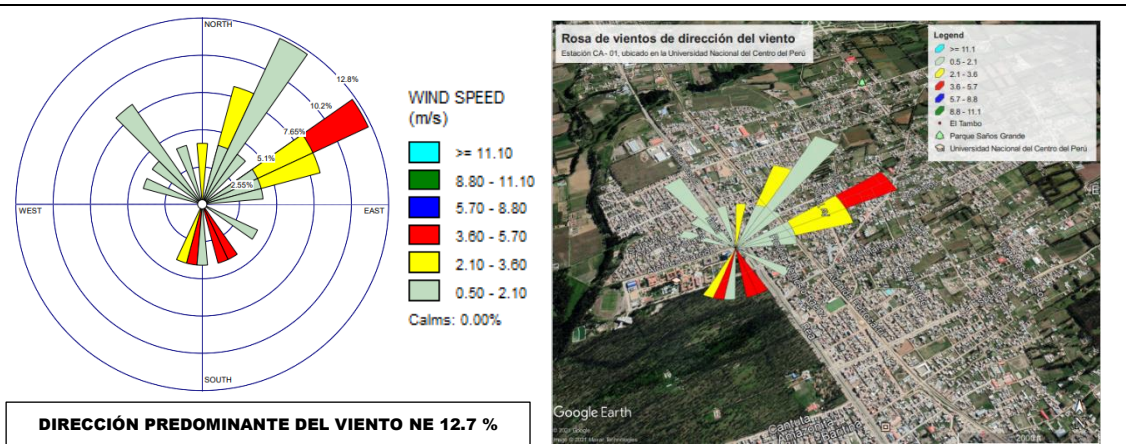
En cuanto a la toma de datos de temperatura, se hizo de manera escrita, utilizando para ello la **Ficha N° 06 – Calidad de Aire – Hoja de datos – 15 días – Temperatura (°C)**. Referido a dirección del viento, de la misma manera se realizó de manera escrita según la **Ficha N° 07 – Calidad de Aire – Hoja de datos – 15 días – Dirección del viento (grado)** (ver anexo 2), se modeló utilizando el software WRPLOT View versión 8.0.2; para la velocidad del viento, se realizó de manera escrita utilizando la **Ficha N° 08 – Calidad de Aire – Hoja de datos – 15 días – Velocidad del viento (m/s)** (ver anexo 2) para todos los parámetros se utilizó

equipos de meteorología portátil (ver figura 7) y del centro de control de meteorología (ver figura 8) del Instituto Geofísico del Perú (IGP), se contrasto con página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y se modelo utilizando el software WRPLOT View versión 8.0.2.

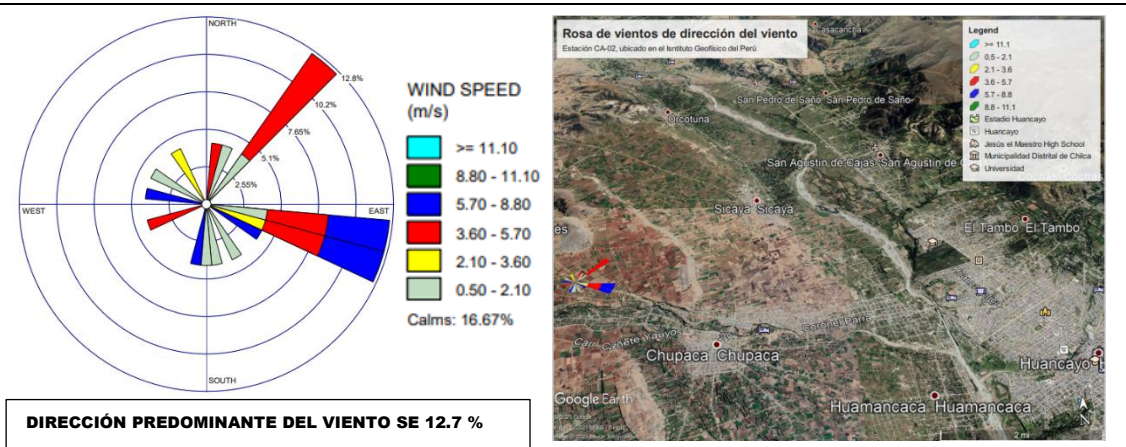
Para de material particulado, tanto para PM_{10} y $PM_{2.5}$ se puede también vincular los resultados de distribución obtenidos junto con un análisis de magnitud de la velocidad y dirección del viento, en la tabla 7 se observa la rosa de vientos para las tres estaciones CA-01, CA-02 y CA-03, podemos apreciar en los gráficos el comportamiento de los vientos respecto a su dirección y velocidad, los valores medios mensuales fluctúan entre 0.5 y 8.8 m/s podemos apreciar que hay una ocasión donde la velocidad del viento que se registró fue de 11.11 m/s para la estación CA-01; podemos apreciar que la rosa de vientos no tiene uniformidad, esto podemos aseverar que es porque la dirección del viento para la ciudad de Huancayo proviene de diferentes lugares, mientras que observamos que hay una predominancia al Noreste, mientras que para la estación CA-02 existe una predominancia al Sureste, como podemos apreciar en la rosa de vientos elaboradas coinciden con el mapa de distribución de material particulado, y esto explica (Silvia y Arcos, 2011) que las características de la superficie está siendo afectada en la dispersión de material particulado, siendo este un factor importante en el transporte y arrastre.

Tabla 7. Rosa de vientos de dos estaciones de monitoreo meteorológico

Estación CA-01 (UNCP)



Estación CA-02 (IGP)



Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Toma de datos meteorológicos de estación portátil ubicado en la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP)



Figura 8. Toma de datos meteorológicos del Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Fase 4: Obtención de información de fuentes móviles y fijas generadoras de PM_{10} Y $PM_{2.5}$

Para la identificación de fuentes móviles se empleó la observación directa anotando en la **Ficha N° 02 – Identificación de Fuentes Móviles** (ver anexo 2), las ubicaciones fueron tomados como referencia en puntos estratégicos, 63 puntos de referencia (ver anexo 8) de alta congestión vehicular a manera de ejemplo están los puntos de mayor congestión vehicular específicos: punto 01 – plaza constitución (Calle Real y Av. Giráldez) zona de alta congestión vehicular (ver figura 09), punto 02 - costado de la comisaria de Huancayo (Av. Ferrocarril y Av. Centenario) (ver figura 10), punto 03 – Centro Comercial Real Plaza (Jr. Guido con Av. Giráldez) (ver figura 11), consignando la fecha, hora, tipo de vehículo y la cantidad de vehículos que se observaron.



Figura 9. Intersección de la Calle Real y la Av. Giráldez



Figura 10. Intersección de la Av. Ferrocarril y Av. Centenario



Figura 11. Intersección del Jirón Guido con Av. Giráldez

Para la identificación de fuentes fijas (ver anexo 9), se realizó mediante observación directa utilizando la **Ficha N° 03 – Identificación de Fuentes Fijas** (ver anexo 2), se empleó para el registro un GPS de mano, modelo eTrex 10 de la marca Garmin (ver figura 12), se consignó la fuente, ubicación y el rubro al que pertenece, algunos ejemplos de las fuentes de emisión fija de material particulado, se presentan (ver figura 13).



Fuente: garmin.com.pe

Figura 12. GPS de mano eTrex 10, marca Garmin



Figura 13. Fuentes de emisión fijas en la metrópoli de Huancayo

Fase 5: Procesamiento de la información

Para realizar adecuadamente el procesamiento de información de la toma de muestras de material particulado se han considerado las normas relacionadas provenientes del Ministerio del Ambiente, de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), siguiendo los procedimientos del Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Aire.

Los pasos relacionados a este procedimiento se pueden ver en los siguientes:

A. Pesado de filtros por gravimetría

El análisis gravimétrico para medición de partículas en suspensión es una de las técnicas más empleadas para poder determinar concentraciones, se trata de una técnica de pesaje diferencial, esto debe de hacerse de manera muy exacta, tanto antes, como después de la carga de partículas muestreadas, ósea, pesar el filtro con la cantidad de contaminante que se recolectó en la estación menos el peso de un filtro sin usar y totalmente limpio, en un determinado volumen de aire.

La norma peruana de calidad del aire de los ECAs (MINAM, 2017) indica los siguientes valores de referencia (ver tabla 8):

Tabla 8. Valores de referencia para material particulado aprobados por el MINAM en los estándares de calidad ambientales (ECA) de aire

Parámetro	Periodo de colecta	Valor de referencia ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Método de análisis
	24 horas	50	

Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM2,5)	Anual	25	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM10)	24 horas	100	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	

B. Colecta de muestras

El componente de la colecta también se ha cumplido según los requerimientos del DS. 003-2017-MINAM donde cómo se puede ver en la tabla 1 donde indica que el periodo de colecta será de 24 horas. Esto es respecto a 24 horas de mediciones continuas. En este trabajo el material particulado fue colectado con equipos de medición de alto volumen (HI-VOL) de modelo VFC-PM10, marca Thermo Scientific, cuenta con controlador de flujo volumétrico y Partisol TM FRM 2000, marca Thermo Fisher Scientific, el colector tiene un generador de flujo continuo a través de una bomba de vacío 16.7 l/min a través de los filtros de teflón de 47 mm de diámetro. (ver anexo 3)

Para determinar el volumen del aire totalmente, tenemos que ver el flujo de volumen que se conoce y el tiempo de exposición; para medir la concentración de PM presente en el aire medimos todo lo que se acumuló en el filtro (masa total) y lo dividimos por el aire de muestra (en volumen), toda esta concentración determinada lo expresamos en $\mu g/m^3$ (microgramos por metro cúbico)

En ese sentido todos los equipos fueron programados para tomar muestras de aire durante 24 horas continuas completando 24 m³ de aire.

C. Preparación de compuestos del proceso

La técnicas e instrumentos para la preparación de compuestos en el

proceso de recojo de datos de la presente investigación son (ver tabla 9):

Tabla 9. Técnicas e instrumentos para la preparación de compuestos en el proceso

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Pesado de filtros	Un colector de partículas
	Una balanza con precisión de hasta 10 μg
	Varios filtros de teflón de porosidad 2.0 μm
	Portafiltros
Tratamiento estadístico descriptivo	Medidas de tendencia central (media, mediana)
	Medidas de dispersión (desviación estándar)

Fuente: Elaboración propia

Estadístico

En el presente estudio se consideró las siguientes técnicas de procesamiento de la información y para su posterior análisis de los resultados:

- Colecta para obtención de información de material particulado para PM₁₀ y PM_{2.5}.
- Revisión de información sobre instrumentos para fines de comparación.
- Organización y sistematización de la base de datos.
- Análisis estadístico de la base de datos mediante hoja de cálculo Excel y software especializado IBM SPSS Statistics 20.
- Generación de reportes de estadística descriptiva según sitio de muestreo.
- Aplicación de pruebas de estadística inferencial: comparaciones entre datos de la concentración del material particulado y la normatividad existente (Estándares de Calidad Ambiental del Aire) para evaluar su cumplimiento.

3.6. Método para el análisis de la información

Para poder analizar la información de la determinación de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ han sido tratados mediante estadística descriptiva, para ello se utilizó el software Microsoft Excel, empleando tablas y gráficos; para la evaluación de los datos meteorológicos, se empleó el software Microsoft Excel y el software WRPLOT View, para la elaboración de rosa de vientos por estación.

3.7. Aspectos éticos

Para este estudio todos los instrumentos están debidamente validados, todo el proceso de ha desarrollado con total transparencia y honestidad, enfocados en los lineamientos del código de ética de la Universidad Cesar Vallejo (UCV), también se respetó a cada uno de los autores en la contribución académica de la presente investigación, así como, su intelectualidad, puesto que la investigación recabada no generó ningún impacto negativo al medio ambiente ni a las personas, se garantizó el cumplimiento de la normativa referido a los protocolos para la evaluación de material particulado; también se refiere que el presente estudio fue sometido al software Turniting y tener así el porcentaje de similitud (ver anexo 13).

IV. RESULTADOS

4.1. Fuentes de contaminación

Se ha identificado las fuentes fijas que producen PM₁₀ y PM_{2.5}

Tabla 10. Determinación de fuentes fijas de contaminación en Huancayo Metropolitano

Distrito	Cantidad (unidades)	Fuente	Rubro
Huancayo	100	Pollerías	Industria
	12	Panadería	Industria
	2	Maderera	Industria
	2	Fábrica Textil	Industria
	1	Fábrica de bolsas de plástico	Industria
	2	Fábrica de zapatos	Industria
	1	Taller de metalurgia	Industria
	2	Planta de tratamiento de agua	Industria
	1	Centro de jardinería y compostaje	Industria
	1	Suministro y fabricación de alimentos	Industria
Chilca	28	Pollerías	Industria
	3	Panadería	Industria
	2	Maderera	Industria
	1	Fábrica textil	Industria
	2	Taller de metalurgia	Industria
El tambo	43	Pollerías	Industria
	7	Panadería	Industria
	6	Maderera	Industria
	5	Taller de metalurgia	Industria
	1	Planta química y metalúrgica	Industria
	1	Empresa de aire acondicionado	Industria
	2	Fábrica de maquinaria agrícola	Industria
Total	225		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 10, se tiene que Huancayo tiene en su jurisdicción una mayor cantidad de fuentes fijas (puntuales y de área), cuenta con un total de 124 fuentes de emisión, entre las cuales la mayor cantidad es proveniente de las

pollerías (100 centros de atención), mientras que para el distrito de Chilca se cuenta con un total de 36 fuentes de emisión fijas, de las cuales el índice más alto lo tienen las pollerías (28 centros de atención), el distrito del El Tambo por su parte cuenta con 65 fuentes de emisión fijas, de las cuales las pollerías son las que tienen mayor cantidad de unidades (43 centros de atención).

Por otro lado, se ha identificado las fuentes móviles con énfasis en la flota vehicular como se muestra a continuación.

Tabla 11. Determinación de la cantidad de vehículos en zonas de alta congestión de Huancayo Metropolitano para días típicos y atípicos

Ítem	Descripción	Días	Cantidad según tipo de Vehículo			Total (unidades)	Calificación
			Menores (motos y trimotos) (unidades)	Livianos (automóviles, camionetas, pick up, furgonetas, station wagon, SUV y todoterrenos) (unidades)	Pesados (camiones, tractocamiones, minibús y ómnibus) (unidades)		
1	Intersección de la Calle Real y la Av. Giráldez	Típico	12	225	14	251	Congestionada
2		atípico	18	263	12	293	Congestionada
3	Intersección de la Av. Ferrocarril y Av. Centenario	Típico	9	225	18	252	Congestionada
4		atípico	5	245	22	272	Congestionada
5	Intersección del Jirón Guido con Av. Giráldez	Típico	5	189	10	204	Congestionada
6		atípico	6	165	8	179	Congestionada
7	Intersección de calle Real con Jr. Ayacucho	Típico	9	139	10	158	Congestionada
8		atípico	8	162	10	180	Congestionada
9	Intersección de calle Real con Jr. 13 de noviembre	Típico	12	154	16	182	Congestionada
10		atípico	4	162	12	178	Congestionada
11	Intersección de calle Real con Jr. Alejandro O. Deustua	Típico	15	268	26	309	Congestionada
12		atípico	8	302	18	328	Congestionada
13	Intersección de calle Real con Jr. Sebastián Lorente	Típico	18	154	12	184	Congestionada
14		atípico	12	162	14	188	Congestionada
15	Intersección de calle Real con Av. Mariátegui	Típico	5	356	8	369	Congestionada
16		atípico	3	302	12	317	Congestionada
17	Intersección de calle	Típico	12	388	8	408	Congestionada

18	Real con Jr. Loreto	atípico	16	326	6	348	Congestionada
19	Intersección de calle	Típico	8	125	12	145	Congestionada
20	Real con Jr. Los Manzanos	atípico	6	136	16	158	Congestionada
21	Intersección de calle	Típico	18	389	32	439	Congestionada
22	Real con Av. Evitamiento	atípico	20	347	28	395	Congestionada
23	Intersección de Av	Típico	12	278	12	302	Congestionada
24	Mariscal Castilla con Jr. José Balta	atípico	8	245	10	263	Congestionada

En la tabla 11, se aprecia los datos obtenidos la cantidad de vehículos que circularon por las principales arterias del centro urbano metropolitano de la ciudad de Huancayo y que se clasifican como congestionadas, para días típicos y atípicos, este es un registro de flujo vehicular durante una hora determinada y catalogada como hora punta (de 12:00 a 13:30), como detalla los resultados presentados para días típicos (miércoles) se notó un alto índice de congestión vehicular en la Intersección de calle Real con Av. Evitamiento con un flujo de 439 unidades en una hora, esto debido porque en esta zona hay una gran afluencia de vehículos que se dirigen para la capital y la selva del Perú, por el contrario la zona con menos flujo vehicular es la zona de la Intersección de calle Real con Jr. Los Manzanos, donde se registró un flujo vehicular de 145 unidades en hora punta; para días atípicos (domingos), se puede apreciar que la misma zona de la Intersección de calle Real con Av. Evitamiento registra un alto índice de congestión vehicular, y en la zona de Intersección de calle Real con Jr. Los Manzanos registra 158 unidades de flujo vehicular por hora, en ambas circunstancias se cataloga como congestionada las ubicaciones.

4.2. Material Particulado (PM10)

Se ha realizado mediciones de PM10, usando el HI VOL en las tres estaciones indicadas en metodología; los resultados se muestran a continuación.

Tabla 12. Resultados promedio en la determinación de material particulado PM₁₀

Estaciones de monitoreo	Concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	CA – 01	CA – 02	CA – 03

	Coordenadas UTM		Coordenadas UTM		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
	-12.030683	-75.234545	-12.041075	-75.320361	-12.079323	-75.203625
VALORES MÁXIMOS	92,3		48,5		89,3	

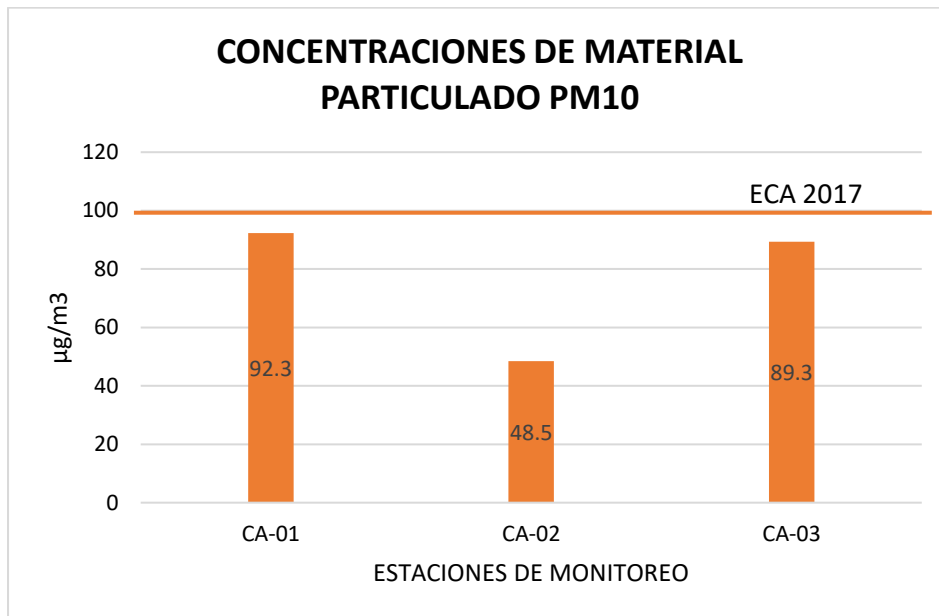


Figura 14. Concentración de material particulado PM_{10} en Huancayo Metropolitano, durante noviembre 2020

La concentración de masa de PM_{10} según las estaciones de muestreo para la calidad de aire para las estaciones de monitoreo UNCP (CA-01), Instituto Geofísico del Perú (CA-02) y de la Familia Callupe (CA-03) fue de $92.3 \mu g/m^3$, $48.5 \mu g/m^3$ y $89.3 \mu g/m^3$, respectivamente. En la figura 14, los resultados que se encontraron para PM_{10} según el monitoreo que se realizó, nos indica el estado de la calidad de aire sobre la metrópoli de Huancayo, la concentración más alta como se observa se concentra en las estaciones de monitoreo de CA-01 ($92.3 \mu g/m^3$) y CA-03 ($89.3 \mu g/m^3$), haciendo un contraste sobre la concentración más baja de la estación de monitoreo de la CA-02 ($48.5 \mu g/m^3$), se puede observar también que ninguna de las tres estaciones supera los estándares de calidad de aire peruano.

4.2.1. Estadística descriptiva para el análisis de material particulado (PM₁₀)

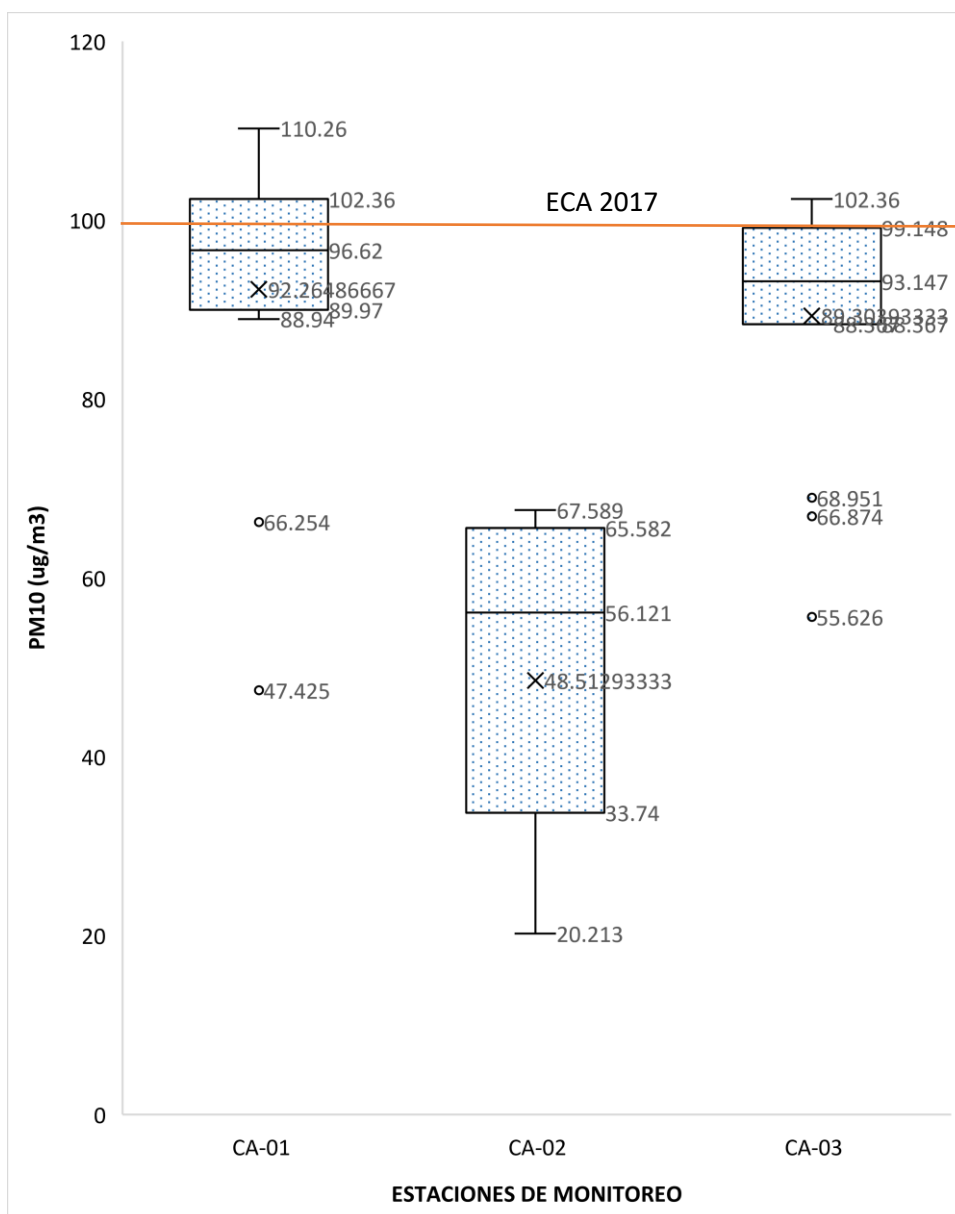
La tabla 13, muestra algunos datos de la estadística descriptiva para material particulado menor a 10 micras (PM₁₀), donde se puede apreciar según lo detallado en negrita el rango, la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación (CV); de lo indicado podemos señalar que el CV para la estación de monitoreo ubicado en el IGP tiene una alta variabilidad del PM₁₀; podemos determinar también que los valores máximos diarios registrados para PM₁₀ en la metrópoli de Huancayo supera el ECA diario (ECA PM₁₀ diario es 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabla 13. Indicadores de estadística para el material particulado PM₁₀, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en tres las tres estaciones de monitoreo de Huancayo Metropolitano

Estadístico	CA-01 (UNCP)	CA-02(IGP)	CA-03 (FAM.CALLUPE)
Número de observaciones	15	15	15
Mínimo	88.940	20.213	88.547
Máximo	110.260	67.589	102.360
Rango	21.320	47.376	13.813
1° Cuartil	89.970	33.740	88.367
Mediana	96.620	56.121	93.147
3° Cuartil	102.360	65.582	99.148
Media	92.265	48.513	89.304
Media geométrica	90.574	45.036	88.051
Desviación típica (n-1)	16.024	17.229	14.292
Coeficiente de variación	0.174	0.355	0.160

En la figura 15, determinamos que el PM₁₀ diario en la estación de monitoreo correspondiente al Instituto Geofísico del Perú (CA-02), se distribuye más uniformemente, mientras que en las estaciones de la UNCP (CA-01) y Familia Callupe (CA-03), han evidenciado emisiones altas diarias, tal es el caso de la estación ubicada en la Universidad Nacional del Centro del Perú donde por dos días registró 102.36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 110.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo este último el día más alto registrado durante los

quince días de monitoreo, superando el ECA 2017 de Perú; para la estación de Chilca tuvo un día donde registró un contenido alto de PM₁₀ con un valor de 102.36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, este proceso de cambio se explica debido a que en el aire hay presencia de partículas que pueden modificar un poco la tendencia, así la dispersión se hace distinta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Diagrama de caja para material particulado menor a 10 μm , (PM₁₀) en Huancayo Metropolitano durante noviembre 2020

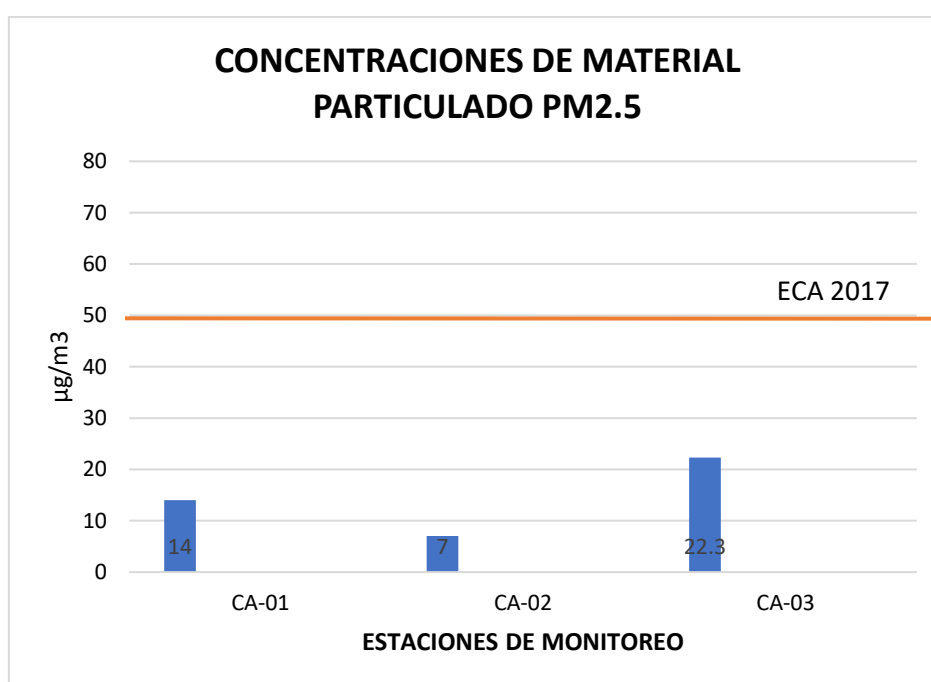
4.3. Material Particulado (PM_{2.5})

Se ha realizado mediciones de PM_{2.5}, usando el LOW VOL en las tres estaciones indicadas en metodología; los resultados se muestran a continuación

Tabla 14. Resultados de la determinación de material particulado PM_{2.5}

Estaciones de monitoreo	Concentraciones ($\mu g/m^3$)					
	CA – 01		CA – 02		CA – 03	
	Coordenadas UTM		Coordenadas UTM		Coordenadas UTM	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
	-12.030683	-75.234545	-12.041075	-75.320361	-12.079323	-75.203625
VALORES MÁXIMOS	14.0		7.0		22.3	

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Concentración de material particulado PM_{2.5} en Huancayo Metropolitano durante noviembre 2020

Para la concentración de masa de PM_{2.5} de acuerdo a las estaciones de monitoreo de la calidad de aire para las estaciones de monitoreo de la UNCP (CA-01), Instituto Geofísico del Perú (CA-02) y de la Familia Callupe (CA-03) fueron de 14.0 $\mu g/m^3$, 7.0 $\mu g/m^3$ y 22.3 $\mu g/m^3$, respectivamente, tal como se puede apreciar en la figura 16 del monitoreo de calidad de aire para partículas menores a 2.5 μm , nos indica que el estado de calidad

de aire para este material en el centro urbano de la ciudad de Huancayo, de acuerdo a las concentraciones de monitoreo los índices más altos de encontraron en CA-01 ($14.0 \mu g/m^3$) y CA-03 ($22.3 \mu g/m^3$), en contraste con la más baja CA-02 ($7.0 \mu g/m^3$). Por otro lado, de acuerdo a las tres estaciones mencionadas ninguna ha superado los estándares de calidad de aire peruano.

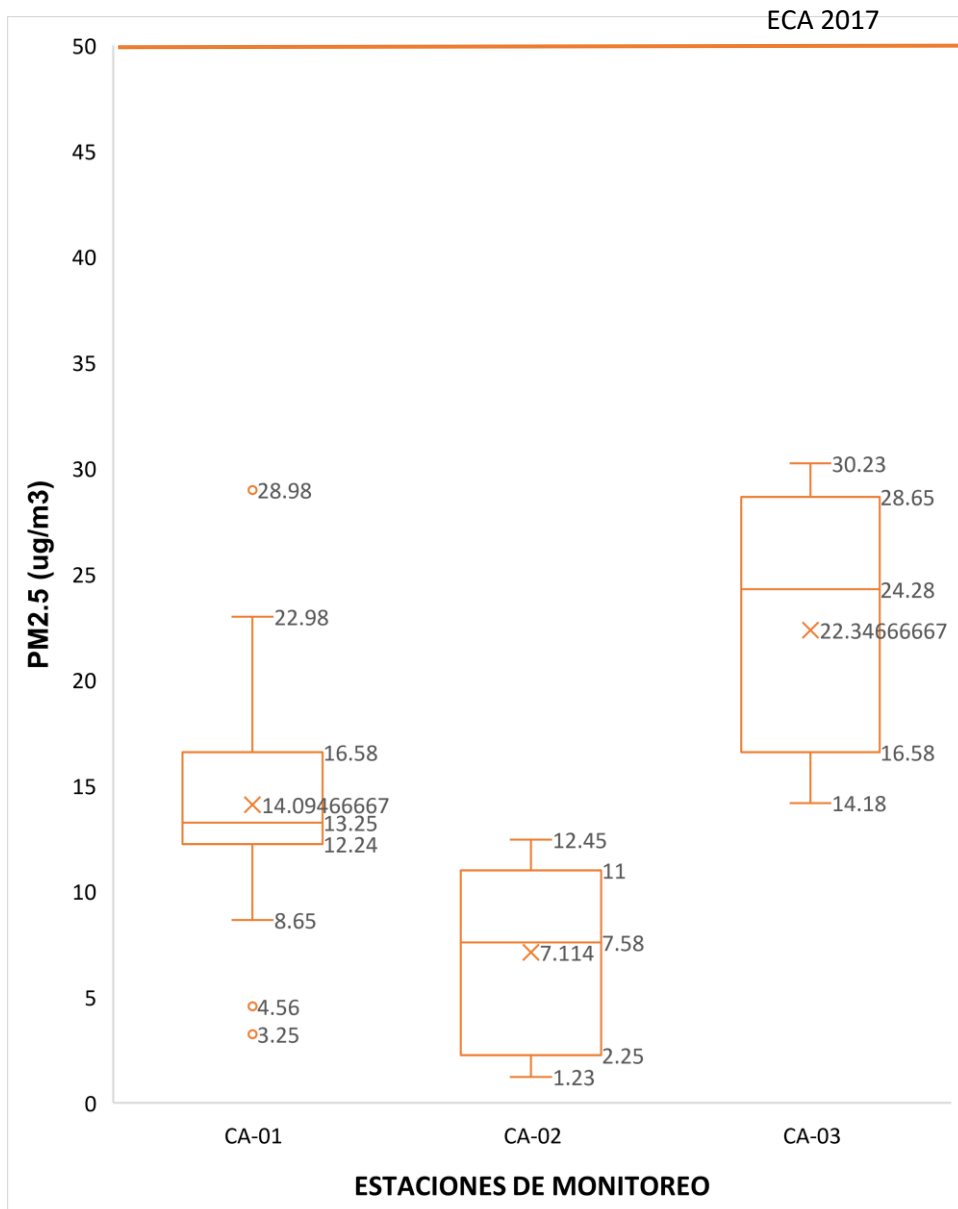
4.3.1. Estadística descriptiva para el análisis de material particulado (PM_{2.5})

Observando la tabla 15, nos muestra datos de la estadística descriptiva para material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5}), donde se puede apreciar según lo detallado en negrita el rango, la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación (CV); de lo indicado podemos señalar que el CV para la estación de monitoreo ubicado en el IGP tiene una alta variabilidad del PM_{2.5}; podemos determinar también que los valores máximos diarios registrados para PM₁₀ en el centro urbano metropolitano de la ciudad de Huancayo no supera el ECA diario (ECA PM_{2.5} diario es $50 \mu g/m^3$).

Tabla 15. Indicadores de estadística para el material particulado PM_{2.5}, en $\mu g/m^3$ en tres las tres estaciones de monitoreo Huancayo Metropolitano

Estadístico	CA-01 (UNCP)	CA-02(IGP)	CA-03 (FAM.CALLUPE)
Número de observaciones	15	15	15
Mínimo	3.250	1.230	14.180
Máximo	28.980	12.450	30.230
Rango	25.730	11.220	16.050
1° Cuartíl	16.580	11.000	28.650
Mediana	13.250	7.580	24.280
3° Cuartíl	12.240	2.250	16.580
Media	14.095	7.114	22.347
Media geométrica	12.484	5.569	21.517
Desviación típica (n-1)	6.425	4.095	6.119
Coeficiente de variación	0.456	0.576	0.274

A través de la figura 17 podemos determinar lo siguiente: que el $PM_{2.5}$ diario para la estación ubicada en el Instituto Geofísico del Perú (CA-02), está distribuido más uniformemente, juntamente con la estación de la UNCP (CA-01), por otro lado, también podemos apreciar que para la estación de ubicada la casa de la fam. Callupe (CA-03) hay una pequeña variación de máximos y mínimos referente a las demás estaciones, el valor más alto se registró en la estación de monitoreo ubicado en la azotea de la casa de la Fam. Callupe (CA-03), donde registró $30.23 \mu g/m^3$.



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Diagrama de caja para material particulado menor a $2.5 \mu m$ ($PM_{2.5}$) en Huancayo Metropolitano durante noviembre 2020

4.4. Dispersión de PM10 y PM2.5 en la metrópoli de Huancayo

Para determinar la predicción de la distribución de material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}) se utilizó un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto disperso con valores z . El método kriging, realiza ponderación a través de los valores que están alrededor de una ubicación y a través de ella realizar una predicción.

La fórmula que permite interpolar a través de una suma ponderada de datos, es la siguiente:

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i)$$

Donde:

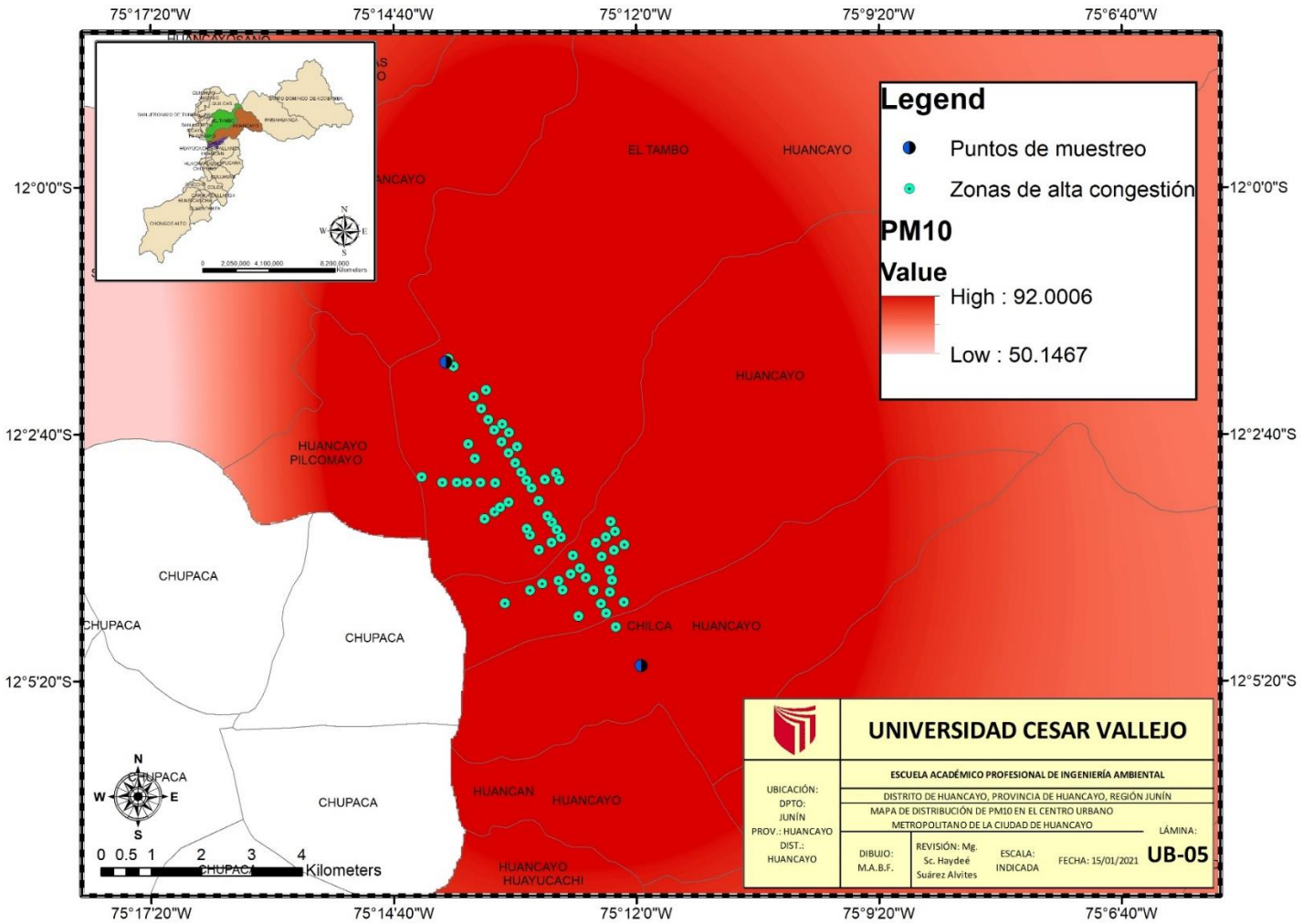
- $Z(S_i)$ = el valor medio de la i – ésima ubicación
- λ_i = una ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación i
- S_0 = la ubicación de la predicción
- N = la cantidad de valores medidos

La ponderación λ_i está basada a parte de la distancia que hay entre los puntos de monitoreo y las ubicaciones de predicción, también está basado en la disposición espacial general de los puntos medidos.

En la figura 18, se aprecia el mapa de distribución de material particulado PM₁₀ clasificado en dos rangos de medición bajo y alto, los niveles de contaminación más altos, están representados por el color rojo intenso con un rango de 92.0006 $\mu g/m^3$ y que va hasta los niveles más bajos de 50.1467 $\mu g/m^3$, principalmente se presenta en todo el centro urbano metropolitano de la ciudad de Huancayo, zona de gran flujo vehicular tanto para vehículos liviano como pesados, se puede apreciar también que parte del distrito de EL Tambo (al norte) y del distrito de Chilca (al sur) presentan zonas de alta congestión vehicular. Por otra parte, cabe señalar que la dirección de los vientos tiene una influencia para la distribución de PM₁₀.

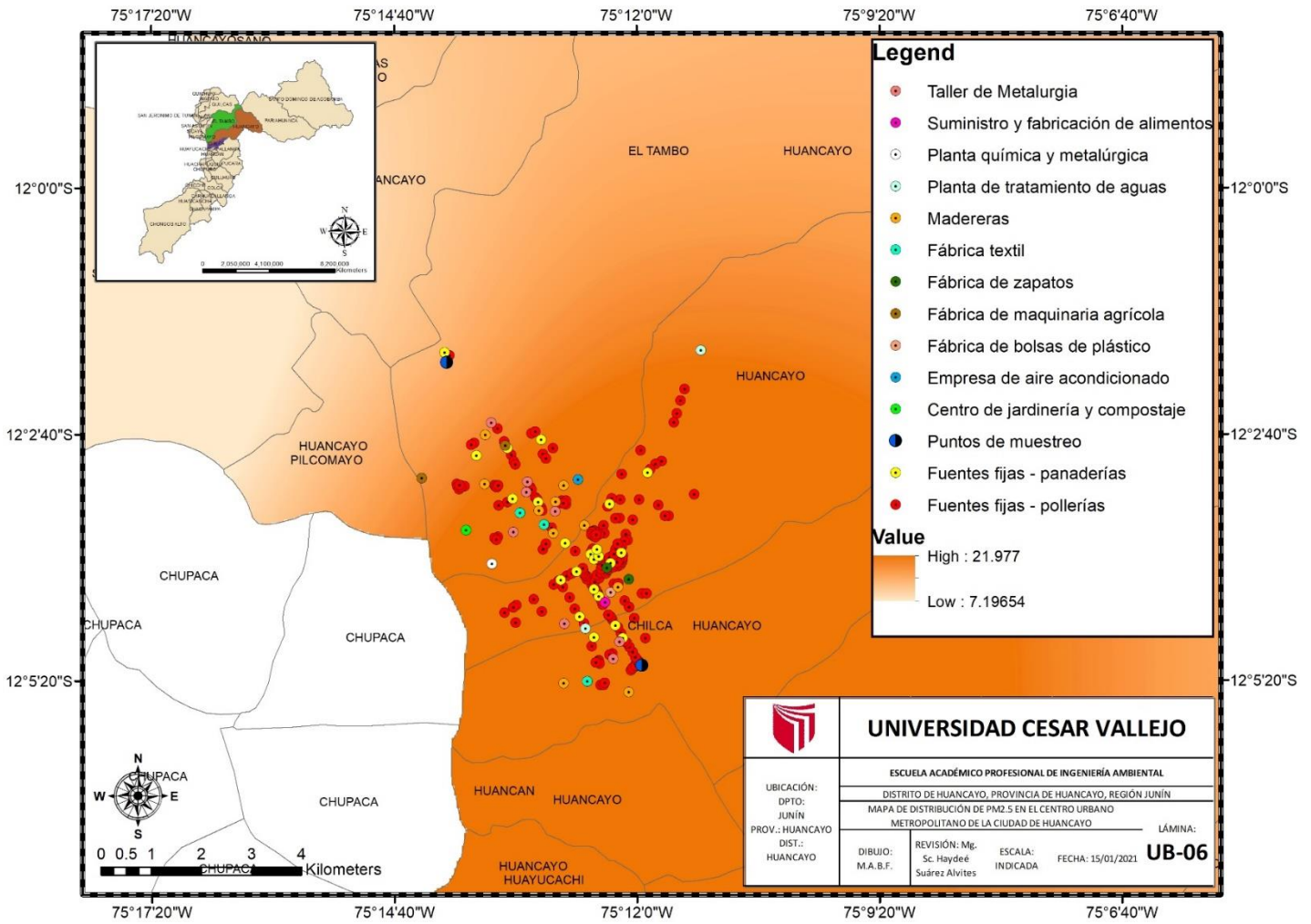
En la figura 19, apreciamos a través del mapa de distribución de material particulado PM_{2.5} donde los niveles más altos se registran de color anaranjado

intenso, cuyo rango de concentración esta desde $7.19654 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta $21.977 \mu\text{g}/\text{m}^3$ está determinada por la cantidad de pollerías y panaderías que existe en la zona de influencia, podemos apreciar que la zona centro de Huancayo y de Chilca tienen la mayor concentración en un tiempo de exposición de 24 horas para material particulado $\text{PM}_{2.5}$, estas también pueden tener aportes relacionados con el polvo del suelo y las fuentes vehiculares (Huamán, 2019).



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Mapa de modelación de dispersión de material particulado PM_{10} en Huancayo Metropolitano durante noviembre 2020, a través del método de Interpolación de Kriging



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Mapa de modelación de dispersión de material particulado PM2.5 en Huancayo Metropolitano durante noviembre 2020, a través del método de Interpolación de Kriging.

V. DISCUSIÓN

Con respecto a la estimación para fuentes principales de emisión de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), tanto de fuentes fijas como para fuentes móviles se determinó que; para fuentes fijas, existe un total de 225 puntos de emisión de material particulado distribuidos en los tres distritos (El Tambo, Huancayo y Chila) que conforman la metrópoli de la provincia de Huancayo ([Plan de Desarrollo Urbano, 2006](#)), la mayor cantidad de fuentes de emisión de material particulado viene dada por las pollerías que suman un total de 177 centros de atención, de las cuales Huancayo es la que cuenta con el mayor número de estas 100, seguido del distrito de El tambo con 43 y Chilca con 28 centros, igual estudio se presentó específicamente sobre la emisión de material particulado $PM_{2.5}$ emitido por pollerías emitido en Huancayo Metropolitano ([Lizárraga, I; Pomalaya, J.; Suárez, L. y Bendezú, Y.; 2019](#)); en este estudio solo se analizó las pollerías como fuentes fijas de contaminación, para la presente investigación de detecto más fuentes fijas, permitiendo cuantificar de manera exacta la cantidad de emisión por fuente de contaminación; por otro lado el Ministerio del Ambiente también refiere las dentro de las zonas de atención prioritaria, el material particulado proviene de las fuentes fijas ([Informe Nacional de la calidad del aire, 2014](#)). Para el caso de fuentes móviles se observa que existe una alta congestión vehicular en casi toda la metrópoli de Huancayo, tanto para días típicos (miércoles) con un promedio de 439 por hora unidades entre menores, livianos y pesados; de los cuales se pudo detectar que la mayor parte la concentran los vehículos livianos (automóviles, camionetas, pick up, furgonetas, station wagon, SUV y todoterrenos) en la calle principal de la metrópoli de Huancayo, para días atípicos (domingos) el promedio detectado fue de 395 unidades por hora para vehículos livianos; existe 65 puntos de intersección en toda la metrópoli de Huancayo donde existe congestión vehicular moderada y alta, de los cuales 12 son de alta congestión vehicular para días típicos y atípicos la mayoría ubicada en la Calle Real (principal arteria de la ciudad de Huancayo), estudios similares presentan que el parque automotor es uno de los principales problemas como principal fuente de PM_{10} y $PM_{2.5}$ ([Álvarez, D; Suárez L; 2020](#)), el Ministerios del Ambiente en el año 2014 también presenta un informe donde presenta la

principal fuente de contaminación en Huancayo, viene dado por el parque automotor ([Informe Nacional de la calidad del aire, 2014](#)).

De acuerdo a la tabla 12, para la determinación de material particulado menor a $10 \mu m$ (PM_{10}) la estación de monitoreo ubicado en la Universidad Nacional del Centro del Perú (CA-01) registro una máxima de $92.3 \mu g/m^3$ y de la estación ubicada en el distrito de Chilca (CA-03) $89.3 \mu g/m^3$ todo esto en promedio de la medición, sin embargo, y tal como se puede apreciar en la figura 15 para la estación de la UNCP (CA-01) hubo dos días donde se registró valores elevados de emisión de material particulado $102.36 \mu g/m^3$ y $110.26 \mu g/m^3$ para la estación de la UNCP (CA-01) y un día de $102.36 \mu g/m^3$ para la estación de Chilca (CA-03), superando los ECA peruano diario; un estudio en la ciudad de Huancayo nos presente que para los años de 2007 y 2008 los resultados de PM_{10} fueron de $64.54 \pm 30.87 \mu g/m^3$ anuales, esto supera la normativa de calidad de aire peruano ([Suarez, L.; Álvarez, D.; 2017](#)).

Los resultados mostrados en la figura 17, permiten determinar que la cantidad de emisión de material particulado $PM_{2.5}$ de la ciudad en estudio fue de una concentración máximo promedio de $14.0 \mu g/m^3$ y una concentración mínima promedio de $7.0 \mu g/m^3$, no superan los ECAs peruanos respecto a la calidad del aire; un estudio sobre la evaluación de la calidad de aire en la ciudad de Huancayo en al año 2004, muestra que la concentración mínima promedio de $PM_{2.5}$ es de $15.8 \mu g/m^3$ y la concentración promedio máxima es de $39.2 \mu g/m^3$ ([Ministerio de Salud – División de vigilancia y monitoreo de la calidad de aire, 2004](#)), por otro lado un estudio sobre la presencia de material particulado en el centro urbano de la ciudad de Huancayo realizado en el año 2008, muestra que para la concentración anual de $PM_{2.5}$ supera la normativa de calidad de aire con $34.47 \pm 14.75 \mu g/m^3$ ([Suarez, L.; Álvarez, D.; 2017](#)), otro estudio realizado por el Ministerio del Ambiente en el año 2014, presenta que Huancayo tiene en relación a $PM_{2.5}$ una contaminación moderada con $24.0 \mu g/m^3$ no supera los ECAs peruanos diarios ([Informe Nacional de la calidad del aire, 2014](#)).

VI. CONCLUSIONES

1. La dispersión de material particulado en la metrópoli de Huancayo, está clasificado en dos rangos de medición alto y bajo, los niveles de contaminación más altos, está dado por $50.1467 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $92.0006 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} , mientras que para $\text{PM}_{2.5}$ la dispersión esta dada por los niveles más altos se registran de en concentración desde $7.19654 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta $21.977 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ambas determinadas por la cantidad de fuentes fijas y móviles presentes en la ciudad y con datos de fuentes meteorológicas de la estación del Instituto Geofísico del Perú y de la estación portátil de la Universidad Nacional del Centro del Perú.
2. La principal fuente de emisión de material particulado provenientes de fuentes fijas esta dado por las pollerías, y para las fuentes móviles la congestión vehicular estada dada por vehículos livianos (automóviles, camionetas, pick up, furgonetas, station wagon, SUV y todoterrenos) en la metrópoli de Huancayo durante el mes de noviembre del 2020.
3. La metrópoli de Huancayo presenta medianos problemas de contaminación para material particulado menor a 10 micras (PM_{10}), ya que se registró dos días donde superaron los ECAs nacionales para calidad de aire $102.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $110.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ECA 2017 = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), los resultados promedios son: $92.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $48.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $89.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, para el periodo de estudio la calidad de aire en esta área de estudio se puede considerar como medianamente satisfactoria, al no haberse detectado que los índices de contaminación superan en gran escala a la normativa vigente respecto a la calidad de aire, D.S. N°003-2017 MINAM.
4. Para el material particulado menor a 2 micras ($\text{PM}_{2.5}$) se determina que no excede en ningún día de estudio los ECAs peruanos sobre calidad de aire donde los valores promedio registrados son: $14.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $7.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $22.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ECA 2017 = $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), por lo que se establecería que la metrópoli de Huancayo no tiene contaminación para $\text{PM}_{2.5}$ durante el periodo de estudio, D.S. N°003-2017 MINAM.

5. Desde el punto de vista económico social, se pudo determinar que, debido a la reducción en las emisiones, va a disminuir las afecciones pulmonares en la población del centro urbano en la metrópoli de Huancayo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios más específicos para PM_{10} y $PM_{2.5}$ mensualmente, para tener un panorama más objetivo acerca del progreso de la contaminación atmosférica como un efecto significativo para la salud humana.
2. Colocar de manera permanente un equipo de monitoreo de bajo volumen (low vol.) en el centro de la ciudad de Huancayo, esto permitirá realizar monitoreos continuos y permanentes de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, esto debido al alto índice de fuentes fijas y móviles presentes en la ciudad de Huancayo.
3. Colocar estaciones portátiles en sectores puntuales de la ciudad de Huancayo, esto con la finalidad de evaluar la temperatura ambiente como relación entre el material particulado y el impacto en las personas y materiales.
4. Es necesario realizar un monitoreo en otros lugares, en las que se haya podido detectar por circunstancias visibles o informativas, esto acompañado de puntos de muestreo permitirá la recolección de datos; así como, información climática y meteorológica in situ, con la finalidad de hacer un comparativo estadístico con los datos que se obtuvieron en la presente investigación.
5. Se recomienda incentivar sistemas de mitigación y control para fuentes bajas de emisiones con mayor impacto en PM_{10} que puedan respirar los pobladores.
6. Es importante cuantificar el material particulado después de la cuarentena, para poder tener una mejor visualización del comportamiento del material particulado en la metrópoli de Huancayo.

REFERENCIAS

- ARCINIÉGAS, César. Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm10, Colombia. 2012, n.34, pp. 195-2013. ISSN 1909-2474 Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742012000100012&lang=es
- ARRIETA, Alvaro. Dispersión de material particulado (PM₁₀), con interrelación de factores meteorológicos y topográficos. Revista de Ingeniería, Investigación y Desarrollo, 16(2): 43-54, 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.19053/1900771X.v16.n2.2016.5445>
- CHEN, J. La influencia de la luz en el crecimiento del cultivo. [en línea]. PROMIX. EE.UU. 4 de diciembre de 2020. [Fecha de consulta: 04 de enero de 2020]. Disponible en: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-influencia-de-la-luz-en-el-crecimiento-del-cultivo/>
- CHOEZ, Paola; MOYA, Carmen y MORA, Fredy. Cálculo referencial de material particulado en el aire como factor de contaminación ambiental en el área urbana de la ciudad de Pujilí. Enfoque UTE [online]. 2016, vol.7, n.2, pp.109-119. ISSN 1390-6542. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422016000200109&lng=es&nrm=iso
- EPA EN ESPAÑOL. Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente [en línea]. EE.UU. 5 de junio del 2018. [Fecha de consulta: 04 de enero de 2020]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- FERNÁNDEZ, Nandy. Caracterización de Material Particulado y Plomo en el distrito de San Juan de Sigvas – Arequipa. Tesis (Ingeniero Ambiental). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín del Perú, 2017. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5382>
- GALLEGOS, Aracelly; LANG, Benjamín; FERNANDEZ, Miguel y LUJAN, Marcos. Contaminación atmosférica por la fabricación de ladrillos y sus posibles

efectos sobre la salud de los niños de zonas aledañas. RevActaNova. [online]. 2006, vol.3, n.2 [citado 2021-01-04], pp. 192-210. ISSN 1683-0789 Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892006000100005&lng=es&nrm=iso.

- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. GUÍA metodológica para la estimación de emisiones de PM_{2.5} por Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México: Primera edición, 2011. ISBN: 978-607-8246-52-6 Disponible en: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/225459.pdf>

- INFORME Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014. MINAM, 2016. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>

- KARUE, J., KINYUA, A. y EL-BUSAYDI, A. (1992). Measured components in total suspended particulate matter in Kenyan urban area. Atmospheric Environment. 26, 505-511. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/095712729290057Y>

- LACASAÑA M, AGUILAR C, ROMIEU I. (1999) Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de América Latina. Salud Publica Mex [Internet]. 5 de mayo de 1999 [citado 4 de enero de 2021];41(3):203-15. Disponible en: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/6150>

- MATUS, P. y OYARZUN, M. Impacto del Material Particulado aéreo (MP 2,5) sobre las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños: estudio caso-control alterno. Rev. chil. pediatr. [online]. 2019, vol.90, n.2, pp.166-174. ISSN 0370-4106 Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062019000200166&lng=es&nrm=iso

- MINAM. (2017). Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire”.

- MOLINA, M. y MOLINA, L. (2004). Megacities and atmospheric pollution. Journal of the Air & Waste Management Association. 54(6). 644-680. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10473289.2004.10470936>
- MONTENEGRO, Edgar y LUJAN, Marcos. Análisis de la variación estacional de la contaminación atmosférica y su relación con variables climáticas en el valle central de Cochabamba, Bolivia. RevActaNova. [online]. 2018, vol.8, n.3, pp. 451-466. ISSN 1683-0789 Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000100011&lng=es&nrm=iso
- MOSCOSO-VANEGAS, Diana Lucía et al. Efecto fitotóxico del material particulado pm10 recolectado en el área urbana de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Iteckne [online]. 2019, vol.16, n.1, pp.12-20. ISSN 1692-1798 Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-17982019000100012&lng=en&nrm=iso
- Oliver, A. (1990) "Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems". International Journal of Geographic Information Systems.
- Royle, G.; Clausen F. y Frederiksen P. (1981) "Practical Universal Kriging and Automatic Contouring." Geoprocessing.
- SEINFELD, J. y PANDIS, S. (2006). Atmospheric Chemistry and Physics - From Air EE.UU. EE.UU, McGraw-Hill., pág. 824.
- SUAREZ, Luis; ALVAREZ, Daniel; BENDEZU, Yéssica y POMALAYA, José. Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. Rev. Soc. Quím. Perú [online]. 2017, vol.83, n.2, pp.187-199. ISSN 1810-634X. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000200005&lng=es&nrm=iso
- VARA, María. Contaminación atmosférica con material particulado en la ciudad del Cusco y su comportamiento – 2016. Tesis (Doctor en Ciencias y Tecnologías Medio Ambientales). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín del Perú, 2017. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4426>

ANEXOS

Anexo 1

Tabla Operacionalización de variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDADES DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE
CONCENTRACIÓN DE PM10 Y PM2.5 EN HUANCAYO METROPOLITANO, REGIÓN JUNÍN	Material particulado: Es una mezcla de partículas sólidas microscópicas y gotas líquidas suspendidas en el aire (aerosoles), el cual se clasifica de acuerdo a su tamaño, en partículas con diámetro menor a 10 micras, 2,5 micras y 1 micra. La Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA), del Ministerio de Salud, realizó un estudio que permitió medir Material Particulado menor a 10 micras (PM10), Material Particulado menor a 2.5 micras (PM2.5), para obtener datos de la calidad del aire a fin de determinar el nivel de la contaminación a la cual se encuentra expuesta la población.	Cuantificar a través del equipo Partisol FRM2000 marca Thermo Scientific de bajo volumen que opera a un flujo de 16.7 litros por minuto; el material particulado para PM10 y PM2.5 en el centro urbano de la ciudad de Huancayo, en días típicos y atípicos.	Fuentes móviles	Congestión vehicular: automóviles, camiones, autobuses, ferrocarriles y motocicletas.	Número de vehículos	Cuantitativa Discreta
			Fuentes fijas	Industrias: Pollerías, panaderías, madereras, fábrica textil, metalurgia, industrias alimentarias, fábricas de zapatos.	Número fuentes fijas	
		Concentración de PM	Obteniéndose el porcentaje de material particulado registrado en el tiempo de estudio, también de la página web SENAHMI se obtuvo información sobre las variaciones climáticas registradas para el tiempo de estudio.	Concentración de PM10 atmosférico	µg/m ³	Cuantitativa Discreta
			Para determinar la dispersión del material particulado PM10 y PM2.5 se utilizó el método de interpolación de Kriging a través del software ArcGis 10.5	Concentración de PM2.5 atmosférico	µg/m ³	
		Clima	Para datos climatológicos se utilizó el software WRPLOT para dirección del viento a través de una rosa de vientos.	Temperatura	°C	
				Humedad	H ₂ O %	
				Precipitación	mm/año	
Velocidad del viento	Km/h					
Dirección del viento	Barlovento/sotavento					

Anexo 2 - Instrumentos de recojo de datos




Ficha N° 01 – Determinación del área de estudio

Ubicación del área de estudio			
	Distrito	Provincia	Departamento
Fecha			
Nombre del responsable			
Coordenadas	N		Zona
	E		Altitud
Observaciones			


 Suarez Salas Luis Fernando
 Ingeniero Químico
 CIP. 106381


 GRIZEL DAYANNA
 SANCHEZ CHAVARRY
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 198082


 AARON ANCHO ALVAREZ
 ING. FORESTAL AMBIENTAL
 CIP N° 101427

Ficha N° 04 – Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – PM10


Responsable:

N° de Semanas: Mes: Operador: Nombre / Número de la Estación:
 Método de Muestreo y Análisis: Ubicación:
 Última Calibración del Equipo: Equipo de Muestreo:

Horas	Días															Prom.	V.Max	V.Min.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
Prom.																		
V.MAX.																		
V.MIN.																		

Fuente: DIGESA

OBSERVACIONES:


 Suarez Salas Luis Fernando
 Ingeniero Químico
 CIP. 106381


 GRIZEL DAYANNA
 SANCHEZ CHAVARRY
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 198082


 AARON ANCHO ALVAREZ
 ING. FORESTAL AMBIENTAL
 CIP N° 101427

Ficha N° 08 – Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Velocidad del viento (m/s)

Responsable:

N° de Semanas: Mes: Operador: Nombre / Número de la Estación:
 Método de Muestreo y Análisis: Ubicación:
 Última Calibración del Equipo: Equipo de Muestreo:

Horas	Días															Prom.	V.Max	V.Min.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
Prom.																		
V.MAX.																		
V.MIN.																		

OBSERVACIONES:

Fuente: DIGESA



 Suarez Salas Luis Fernando
 Ingeniero Químico
 CIP. 106381



 GRIZEL DAYANNA
 SANCHEZ CHAVARRY
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 198082



 AARON ANCHO ALVAREZ
 ING. FORESTAL AMBIENTAL
 CIP N° 101427

Ficha N° 06 – Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Temperatura (°C)

Responsable:

N° de Semanas: Mes: Operador: Nombre / Número de la Estación:
 Método de Muestreo y Análisis: Ubicación:
 Última Calibración del Equipo: Equipo de Muestreo:


Horas	Días															Prom.	V.Max	V.Min.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
Prom.																		
V.MAX.																		
V.MIN.																		

OBSERVACIONES:

Fuente: DIGESA


 Suarez Salas Luis Fernando
 Ingeniero Químico
 CIP. 106381


 GRIZEL DAYANNA
 SANCHEZ CHAVARRI
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 198082


 AARON ANCHO ALVAREZ
 ING. FORESTAL AMBIENTAL
 CIP N° 101427

Ficha N° 07 – Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Dirección del viento (grado)


Responsable:

N° de Semanas: Mes: Operador: Nombre / Número de la Estación:
 Método de Muestreo y Análisis: Ubicación:
 Última Calibración del Equipo: Equipo de Muestreo:

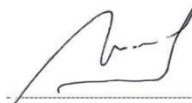
Horas	Días															Prom.	V.Max	V.Min.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
Prom.																		
V.MAX.																		
V.MIN.																		

OBSERVACIONES:

Fuente: DIGESA


 Suarez Salas Luis Fernando
 Ingeniero Químico
 CIP. 106381


 GRIZEL DAYANNA
 SANCHEZ CHAVARRY
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 196082


 AARON ANCHO ALVAREZ
 ING. FORESTAL AMBIENTAL
 CIP N° 101427

Ficha N° 08 – Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Velocidad del viento (m/s)

Responsable:

N° de Semanas: Mes: Operador: Nombre / Número de la Estación:
 Método de Muestreo y Análisis: Ubicación:
 Última Calibración del Equipo: Equipo de Muestreo:

Horas	Días															Prom.	V.Max	V.Min.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
Prom.																		
V.MAX.																		
V.MIN.																		

OBSERVACIONES:

Fuente: DIGESA



 Suarez Salas Luis Fernando
 Ingeniero Químico
 CIP. 106381



 GRIZEL DAYANNA
 SANCHEZ CHAVARRY
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 198082



 AARON ANCHO ALVAREZ
 ING. FORESTAL AMBIENTAL
 CIP N° 101427

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 01

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. SUAREZ SALAS Luis Fernando**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Investigador Agregado del Instituto Geofísico del Perú**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Determinación del área de estudio**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN


CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											90%		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											90%		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											90%		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											90%		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											90%		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.											90%		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											90%		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.											90%		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											90%		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											90%		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación. SI
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90%

Huancayo, 09 de febrero del 2021



 Suarez Salas Luis Fernando
 Ingeniero Químico
 CIP. 106381

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. SUAREZ SALAS Luis Fernando**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Investigador Agregado del Instituto Geofísico del Perú**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Identificación de Fuentes Móviles**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											90%		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											90%		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											90%		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											90%		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											90%		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.											90%		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											90%		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.											90%		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											90%		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											90%		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

 SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90%

Huancayo, 09 de febrero del 2021



Suarez Salas Luis Fernando
 Ingeniero Químico
 CIP. 106381

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 03
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. SUAREZ SALAS Luis Fernando**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Investigador Agregado del Instituto Geofísico del Perú**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Identificación de Fuentes Fijas**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											90%		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											90%		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											90%		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											90%		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											90%		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.											90%		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											90%		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.											90%		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											90%		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											90%		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.


SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Huancayo, 09 de febrero del 2021


 Suarez Salas Luis Fernando
 Ingeniero Químico
 CIP. 106381

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 05
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. SUAREZ SALAS Luis Fernando**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Investigador Agregado del Instituto Geofísico del Perú**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – PM2.5**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											90%		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											90%		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											90%		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											90%		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											90%		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.											90%		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											90%		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.											90%		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											90%		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											90%		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

 SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90%

Huancayo, 09 de febrero del 2021



.....
 Suarez Luis Fernando
 Ingeniero Químico
 CIP. 106381

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 07
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. SUAREZ SALAS Luis Fernando**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Investigador Agregado del Instituto Geofísico del Perú**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Dirección del viento (grado)**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											90%		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											90%		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											90%		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											90%		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											90%		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.											90%		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											90%		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.											90%		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											90%		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											90%		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

 SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: **90%**

Huancayo, 09 de febrero del 2021



 Suarez Salas Luis Fernando
 Ingeniero Químico
 CIP. 106381

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 01

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. SANCHEZ CHAVARRY Grizel Dayanna**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Gerencia de medio ambiente – Municipalidad de Chaclacayo**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Determinación del área de estudio**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										85%			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										85%			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										85%			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										85%			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										85%			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.										85%			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										85%			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.										85%			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.										85%			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										85%			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: **85%**

Huancayo, 09 de febrero del 2021

Grizel Dayanna Sanchez Chavarry
 GRIZEL DAYANNA
 SANCHEZ CHAVARRY
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 198062

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 03

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. SANCHEZ CHAVARRY Grizel Dayanna**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Gerencia de medio ambiente – Municipalidad de Chacabuco**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Identificación de Fuentes Fijas**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										85%			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										85%			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										85%			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										85%			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										85%			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.										85%			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										85%			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.										85%			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.										85%			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										85%			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

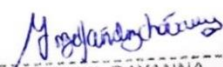
El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

 SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: **85%**

Huancayo, 09 de febrero del 2021



GRIZEL DAYANNA
SANCHEZ CHAVARRY
INGENIERA AMBIENTAL
Reg. CIP N° 198082

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 05

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. SANCHEZ CHAVARRY Grizel Dayanna**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Gerencia de medio ambiente – Municipalidad de Chaclacayo**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – PM2.5**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										85%			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										85%			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										85%			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										85%			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										85%			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.										85%			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										85%			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.										85%			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.										85%			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										85%			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

 SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: **85%**

Huancayo, 09 de febrero del 2021



GRIZEL DAYANNA
SANCHEZ CHAVARRY
INGENIERA AMBIENTAL
Reg. CIP N° 498082

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 07

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. SANCHEZ CHAVARRY Grizel Dayanna**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Gerencia de medio ambiente – Municipalidad de Chacacayo**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Dirección del viento (grado)**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										85%			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										85%			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										85%			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										85%			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										85%			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.										85%			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										85%			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.										85%			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.										85%			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										85%			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Huancayo, 09 de febrero del 2021

Grizel Dayanna Sanchez Chavarry
 GRIZEL DAYANNA
 SANCHEZ CHAVARRY
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 198082

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 01

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. ANCHO ALAVAREZ Aaron**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Dirección de protección del Medio Ambiente – Policía Nacional del Perú**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Determinación del área de estudio**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											90%		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											90%		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											90%		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											90%		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											90%		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.											90%		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											90%		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.											90%		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											90%		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											90%		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

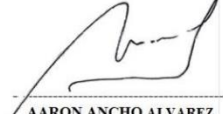
El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

 SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90%

Huancayo, 09 de febrero del 2021



AARON ANCHO ALVAREZ
ING. FORESTAL AMBIENTAL
CIP N° 101427

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 03

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. ANCHO ALAVAREZ Aaron**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Dirección de protección del Medio Ambiente – Policía Nacional del Perú**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Identificación de Fuentes Fijas**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											90%		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											90%		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.											90%		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											90%		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											90%		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.											90%		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											90%		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.											90%		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											90%		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											90%		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

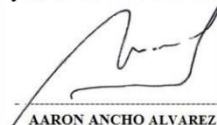
El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

 SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90%

Huancayo, 09 de febrero del 2021



AARON ANCHO ALVAREZ
ING. FORESTAL AMBIENTAL
CIF N° 101427

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 05

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. ANCHO ALAVAREZ Aaron**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Dirección de protección del Medio Ambiente – Policía Nacional del Perú**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – PM2.5**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										85%			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										85%			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										85%			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										85%			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										85%			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.										85%			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										85%			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.										85%			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.										85%			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										85%			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: **90%**

Huancayo, 09 de febrero del 2021



AARON ANCHO ALVAREZ
ING. FORESTAL AMBIENTAL
CIP N° 101427

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 07

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. ANCHO ALAVAREZ Aaron**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Dirección de protección del Medio Ambiente – Policía Nacional del Perú**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Dirección del viento (grado)**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										85%			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										85%			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										85%			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										85%			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										85%			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.										85%			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										85%			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.										85%			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.										85%			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										85%			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

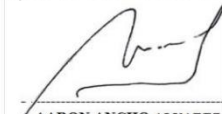
SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Huancayo, 09 de febrero del 2021



AARON ANCHO ALVAREZ
ING. FORESTAL AMBIENTAL
CIP N° 101427

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 08

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. ANCHO ALAVAREZ Aaron**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Dirección de protección del Medio Ambiente – Policía Nacional del Perú**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y Gestión de los Recursos Naturales**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calidad de Aire – Hoja de Datos – 15 días – Velocidad del viento (m/s)**
- 1.5. Autor de Instrumento: **BARRANTES FLORES Miguel Ángel**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										85%			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										85%			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación.										85%			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										85%			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										85%			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la variable de la hipótesis.										85%			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										85%			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variable e indicadores.										85%			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.										85%			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico										85%			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.


SI

El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Huancayo, 09 de febrero del 2021

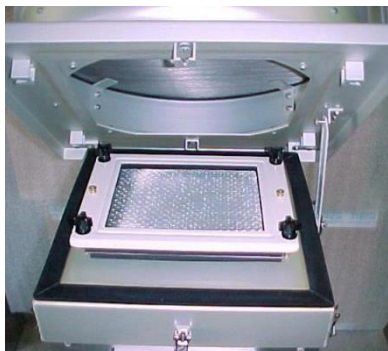

AARON ANCHO ALVAREZ
ING. FORESTAL AMBIENTAL
CIP N° 101427

Anexo 3 – Equipos de medición de alto volumen (HI-VOL) de modelo VFC-PM10, marca Thermo Scientific, cuenta con controlador de flujo volumétrico y Partisol TM FRM 2000, marca ThermoFisher Scientific



Anexo 4 – Instalación y ensamble de equipo HI-VOL

1. Instalar la base de muestreador de material particulado en la estación de muestreo y sobre él colocar el cabezal.



2. Posteriormente colocar el trapecio en la abertura del porta filtro.



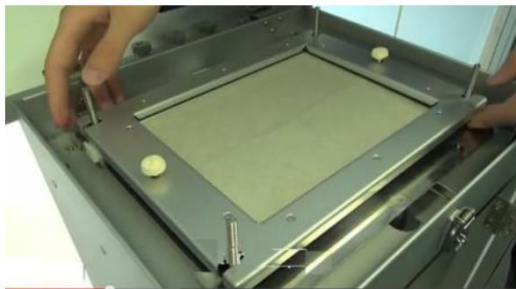
3. Introducir por la parte inferior de la abertura el motor con la junta (para evitar fugas).



4. El trapecio debe ser enroscado con el Venturi por la parte inferior del cuerpo del Equipo para no deteriorar el sello del porta filtro.



5. Colocar el filtro y el porta filtro.



6. Cerrar (sin dejar caer sobre la base del cabezal) y posteriormente enganchar con los sujetadores el cabezal.



7. Asegurar el equipo ante posibles caídas.



8. Programar el tiempo de muestreo en el temporizador digital, colocar la carta de registro de flujo (flow chart) y proceder al encendido del equipo conectándolo a una fuente de energía



Anexo 5 - Confiabilidad de los instrumentos de recojo de datos

Prueba de confiabilidad de Alfa de Cronbach de instrumentos de variable de concentración de material particulado PM10 y PM2.5

Cuadro 1. Resumen del procesamiento de casos

	N	%
Válidos	3	100.0
Casos Excluidos ^a	0	.0
Total	3	100.0

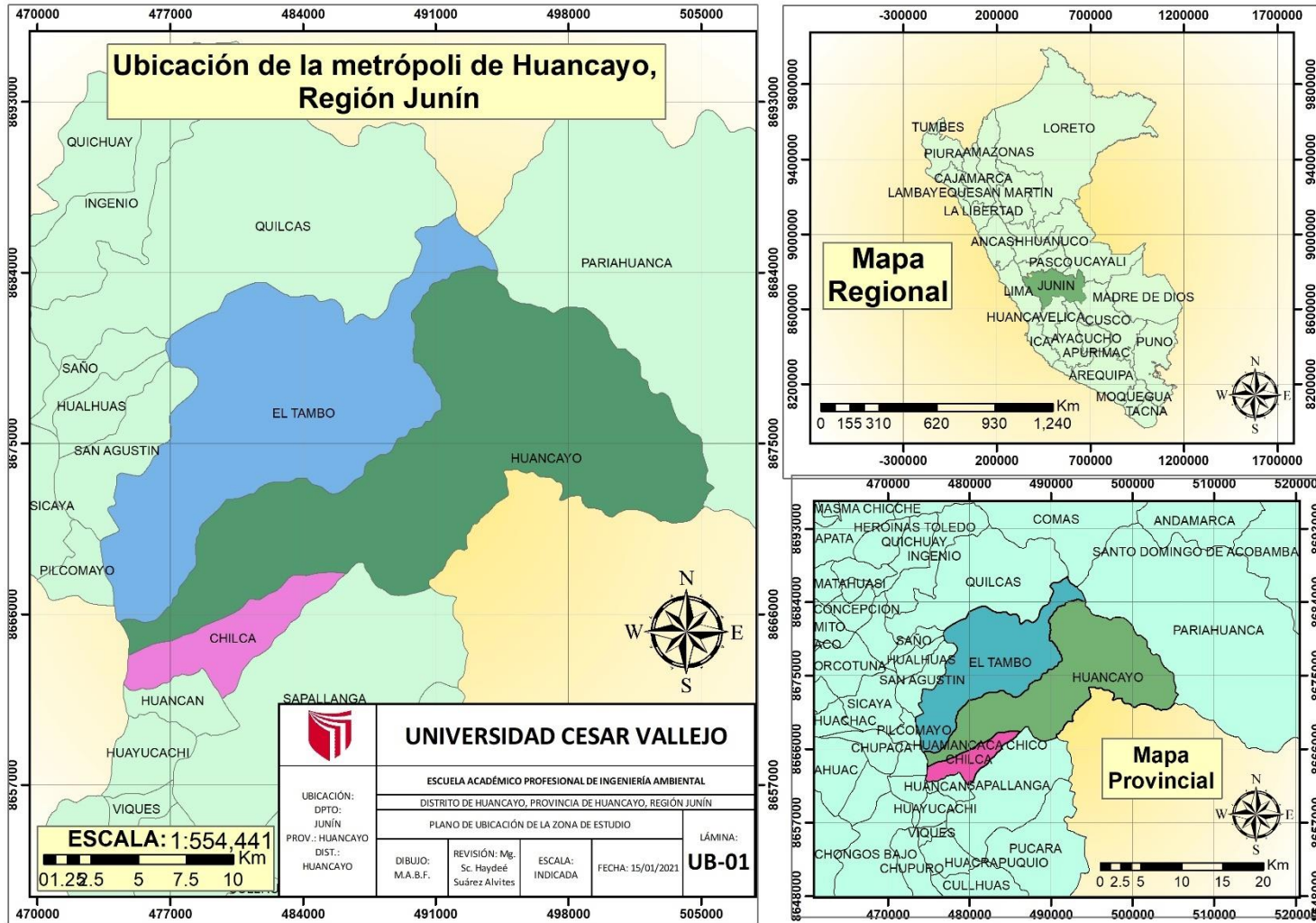
a. Eliminación por lista basada en todas las variables del procedimiento.

Cuadro 2. Resultados de la estadística de fiabilidad

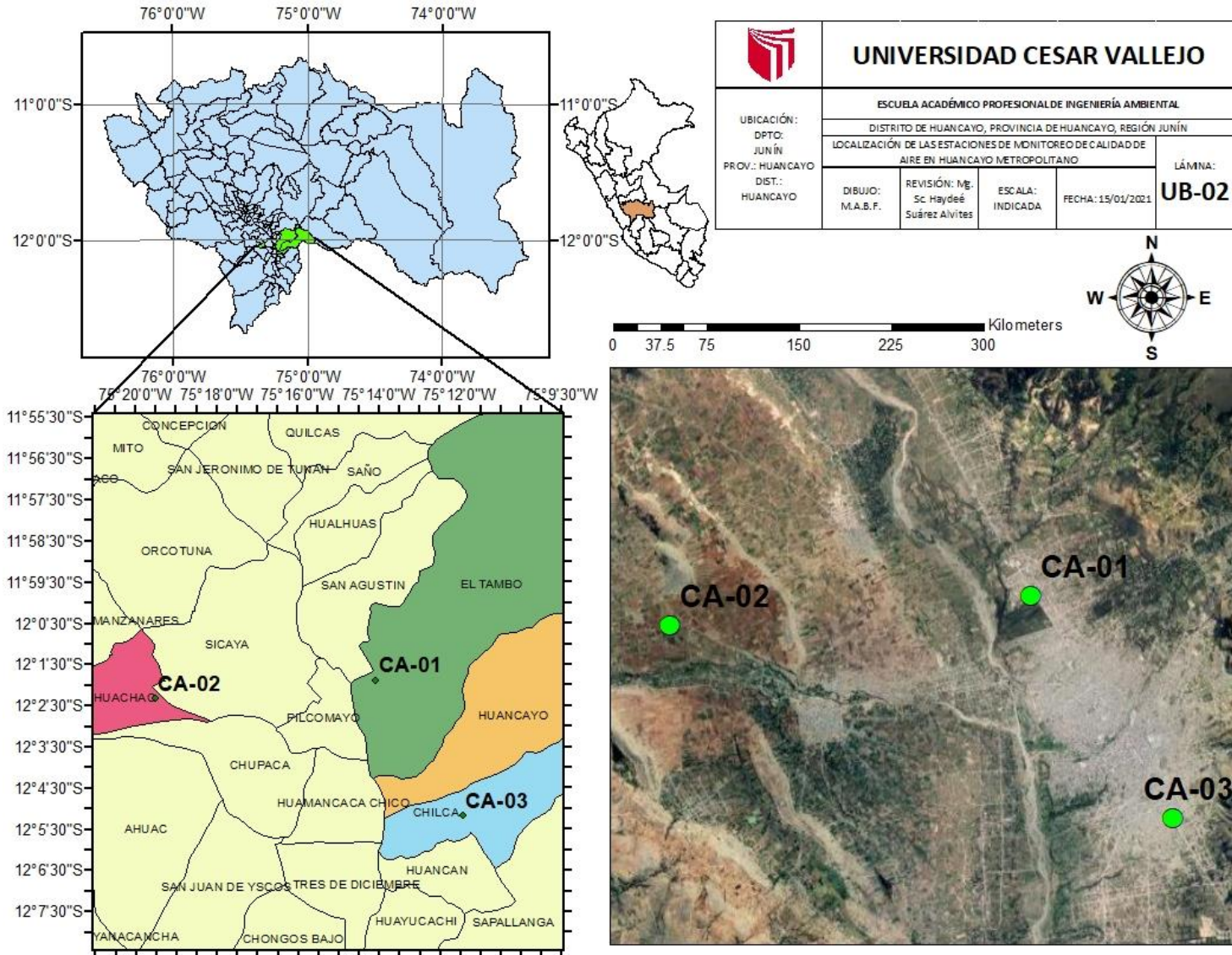
Alfa de Cronbach	N de elementos
.857	8

En los cuadros 1 y 2, se observa que el cálculo de la prueba del coeficiente Alfa de Cronbach resultó .857, indicando que el instrumento tiene un nivel excelente para ser aplicado en la muestra investigada.

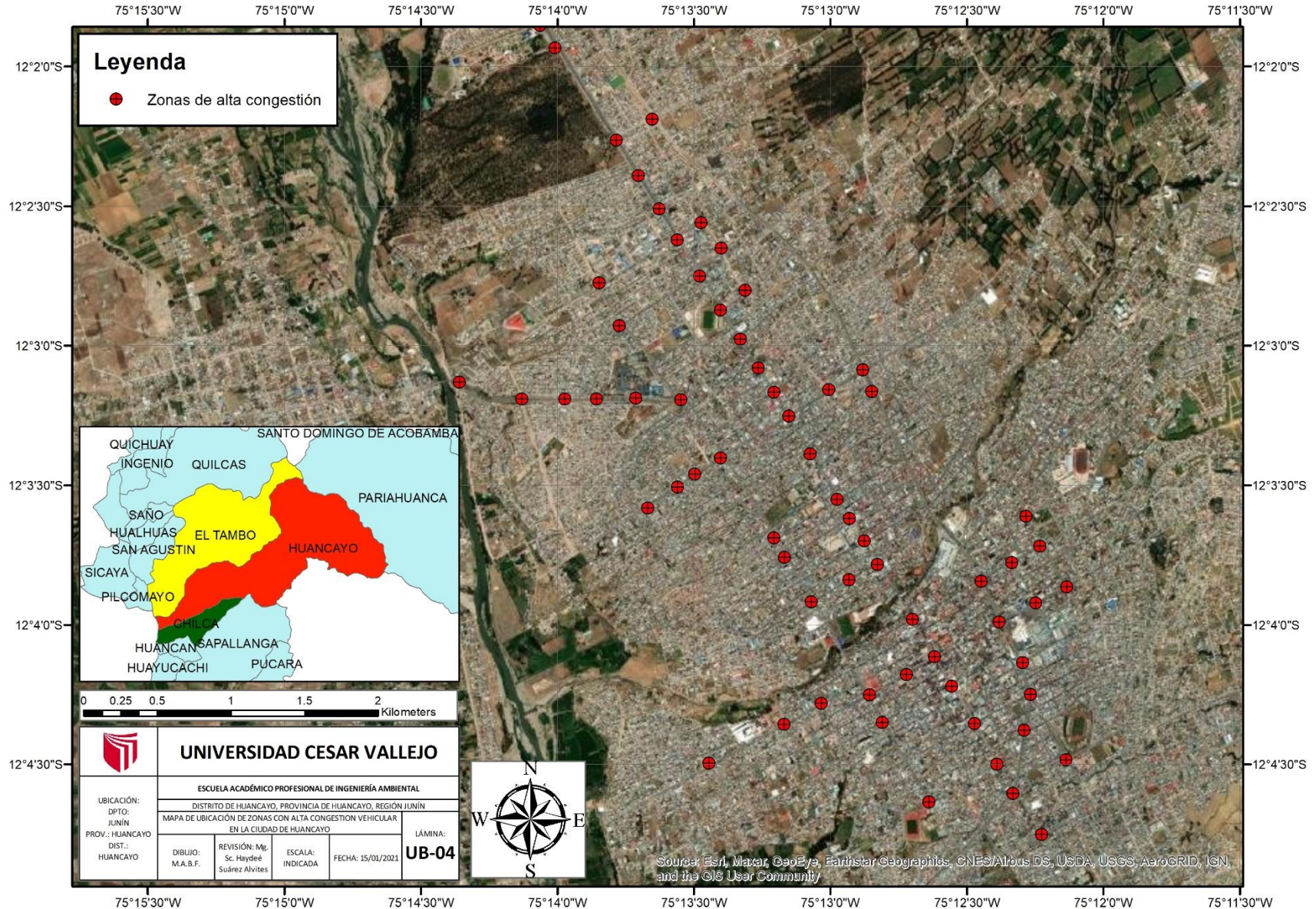
Anexo 6 – Determinación del área de estudio



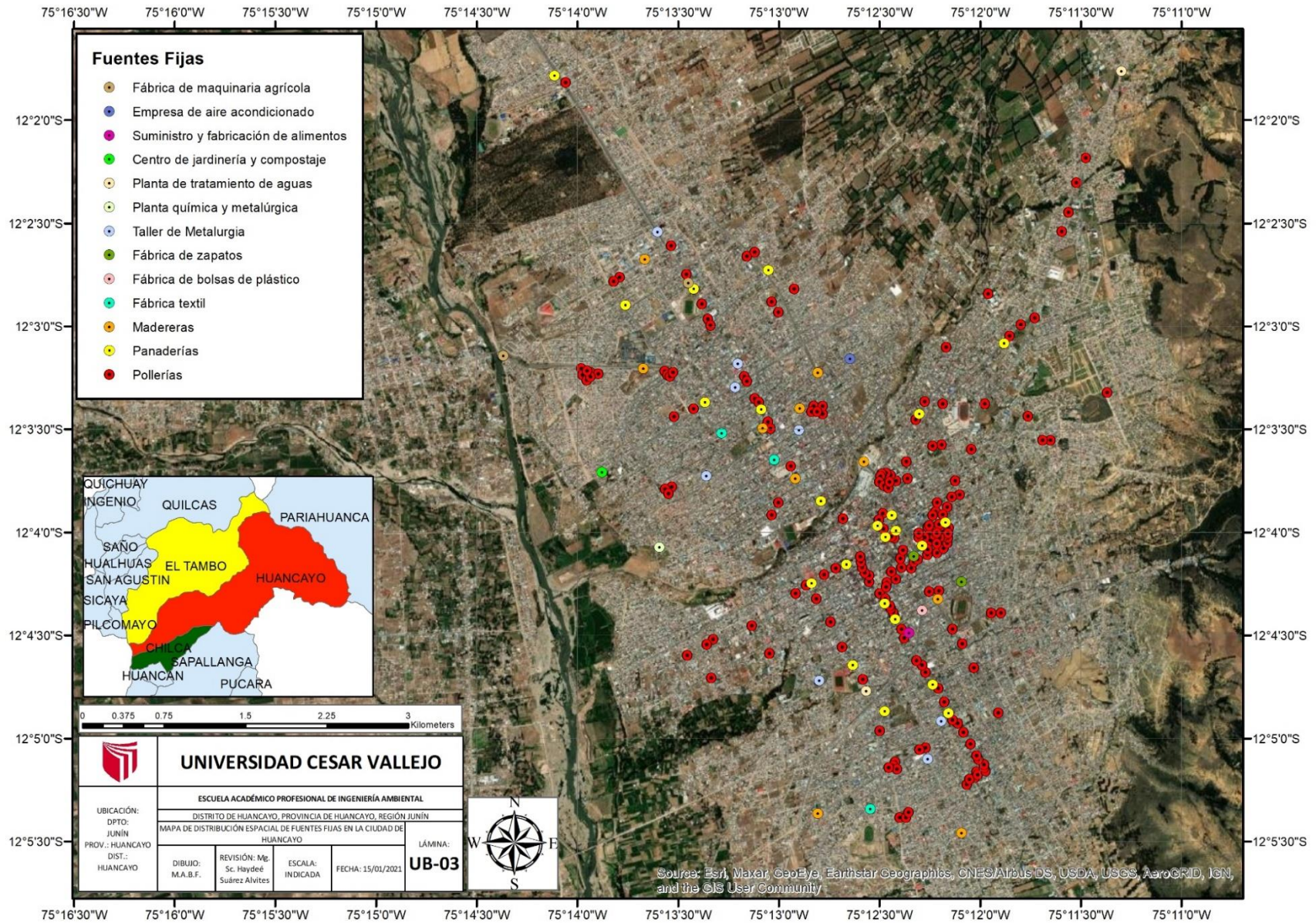
Anexo 7 – Ubicación de las estaciones de monitoreo



Anexo 8– Puntos de ubicación de alta congestión vehicular



Anexo 9 – Puntos de ubicación de fuentes fijas



Anexo 10 - Matriz de Consistencia

Dispersión de material particulado (PM10 y PM2.5) en Huancayo Metropolitano, Región Junín, 2020					
PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿Cómo es la dispersión de material particulado (PM10 y PM2.5) en Huancayo Metropolitano, Región Junín, 2020?</p>	<p>El material particulado (PM10 y PM2.5) se emite por todo Huancayo Metropolitano, Región Junín, para el año 2020.</p>	<p>Objetivo general: Determinar la dispersión de material particulado (PM10 y PM2.5) en Huancayo Metropolitano, Región Junín, 2020.</p>	<p>Concentración de PM10 y PM2.5 en la metrópoli de Huancayo</p>	Fuentes móviles	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada Cuantitativa</p> <p>DISEÑO: No Experimental, descriptivo y transversal</p> <p>TIPO: Básica</p> <p>POBLACIÓN Centro urbano de Huancayo Metropolitano</p> <p>MUESTRA Tres distritos de la metrópoli de Huancayo (Huancato, El Tambo y Chilca)</p> <p>TÉCNICA: Observación</p> <p>INSTRUMENTOS: Hoja de registro de datos</p>
<p>Problemas específicos: ¿Cuáles fueron las principales fuentes de emisión de contaminantes (fuentes móviles y fijas) en la concentración de PM10 y PM2.5 en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020?</p>		<p>Problemas específicos: Estimar las fuentes principales de emisión de contaminantes (fuentes móviles y fijas) en la concentración de PM10 y PM2.5 en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020.</p>		Fuentes fijas	
<p>¿Cuánta presencia de material particulado PM10 fue colectado en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020?</p>		<p>Estimar los niveles de PM10 colectado en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020</p>		Concentración de PM10	
<p>¿Cuánta presencia de material particulado PM2.5 fue colectado en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020?</p>		<p>Estimar los niveles de PM2.5 colectado en Huancayo Metropolitano, Región Junín en el año 2020</p>		<p>Concentración de PM2.5</p> <p>Variaciones naturales del clima</p>	

Anexo 10 – Registro fotográfico de labores de campo



Foto 1. Labor de cambio de filtros de teflón de 47 mm de diámetro para colecta de material particulado atmosféricos utilizando un muestreador Partisol de bajo volumen.



Foto 2. Un acercamiento al filtro de teflón para notar el cambio de color debido a la presencia del material particulado atmosférico sobre diversos lugares de la metrópoli de Huancayo.



Foto 3. Labor de muestreo en campo del material particulado mostrando el equipo utilizado: sistema Partisol de bajo volumen de marca Thermo Scientific con control de flujo.



Foto 4. Ubicación del equipo colector de material particulado atmosférico junto a la torre de mediciones de vientos de 10 m de altura.



Foto 5. Realizando labores de limpieza y mantenimiento de equipo Partisol como limpieza del área de ubicación del filtro, limpieza del ciclón y cabezal de toma de muestra.

**Anexo 11 – Certificado de calibración de equipo Partisol TM FRM 2000,
marca ThermoFisher Scientific – N° serie: P9508 BLX**



Compromiso Social y Ambiental

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Nombre Compañía:	Universidad Nacional del Centro del Perú	Número Serie:	P9508 BLX
Fabricante	THERMO SCIENTIFIC	Procedencia:	Estados Unidos
Modelo:	G10557	Día de Calibración:	13/10/2017
Certificado Calibración:	02.13988.131017	Lugar de Calibración:	ENVIROEQUIP SAC

Revisión Instrumento		Entrega Instrumento:	
En Tolerancia:	SI	Procedimiento Usado:	EPA VOLUMETRICO
Fuera de Tolerancia:	NO	Calibrado Por:	Leonardo Lobaton Norabuena

ESTADO DEL CUMPLIMIENTO DE LA CERTIFICACION CALIBRACION

ENVIROEQUIP S.A.C. certifica que este instrumento ha sido inspeccionado y calibrado por nuestros técnicos calificados y cumple o excede las especificaciones de calidad para la Norma EPA Método de Referencia Numero RFPS 1287-063, cuyos archivos y registros son mantenidos por la Empresa Universidad Nacional del Centro del Perú y una copia en nuestra compañía en Lima.
Este documento es la Certificación que el Tubo Venturi se encuentra dentro del Cumplimiento de la Norma ASTM EPA RFPS 1287-063 cuyo valor diferencial es $0.203\% < 3\%$

DATOS CALIBRACIÓN

TRAZABILIDAD

Se ha usado el Calibrador Modelo TE-5028A, con numero de serie 0438320, trazable NIST y calibrado el 08/02/2017.

Calibrado Por:

Aprobado por:


Leonardo Lobaton Norabuena
FIELD SERVICE


Alexander Céspedes Zuñiga
JEFE DE SERVICIOS

Calibración Muestreador de Alto Volumen (HiVol)

DATOS GENERALES		VARIABLES		CONDICIONES	
FECHA	13/oct./17	m_a	0.98188	T_a	292.00
OPERADOR	Leonardo Lobaton Norabuena	b_a	-0.00512	P_a	753.10
MODEL CAL	TE-5028A	m_{std}	1.56805	T_{std}	298.18
S/N	0438320	b_{std}	-0.00813	P_{std}	760.00
FLOW CONTROL		MODELO	G10557	S/N	P9508 BLX

inH2O Calibrador	Q_a (m3/min) (1/m) $\sqrt{(H_2O)(T_a/P_a)-b}$	(inH2O) Muestreador	Pf (mmHg) 25.4(inH2O/13.6)	$P_o/P_a = 1-(P_f/P_a)$	Q_a Look flow rate	%Diff (Look up- Q_a)*100/ Q_a
3.52	1.195	10.9	20.357	0.973	1.193	0.170
3.42	1.178	15.6	29.135	0.961	1.177	0.085
3.36	1.168	17.5	32.684	0.957	1.169	0.114
3.33	1.162	21.8	40.715	0.946	1.160	0.212
3.27	1.152	23.8	44.450	0.941	1.147	0.434
Promedio						0.203

$X=Q_a/\sqrt{(T_a)}$	$Y=P_o/P_a$
0.070	0.973
0.069	0.961
0.068	0.957
0.068	0.946
0.067	0.941

Por Correlacion	
r	0.9903
m	12.357
b	0.1100

Diff H2O	Pf(mmHg)	$Q_{ac}=[(1-P_f/P_a)-b]\sqrt{(T_a)}/m$
16	29.890	1.176

La EPA establece que el promedio de diferencia porcentual (%Diff), debe ser $\pm 3\%$. Si el %Diff fuera mayor quiere decir que una fuga puede haber estado presente durante la calibración y se debería calibrar nuevamente

PASOS A SEGUIR

- 1) Colocar la base (Top plate)
- 2) Colocar el tubo de orificios (Vari flow)
- 3) Encender el Muestreador Hi Vol
- 4) Instalar el Manometro al tubo de orificios y el otro a la cuerpo del Hi Vol
- 5) Tomar 5 lecturas variando el orificio del vari flow o cambiando los discos de orificios

NOMENCLATURA

m_a : Pendiente de la relación de calibración del orificio del Qactual.(Hoja del calibrador)
 b_a : intersección de la relación de calibración del orificio del Qactual
 T_a : Temperatura ambiental °K ($K^\circ=273+^\circ C$)
 P_a : Presión barometrica mmHg (1atm= 760mmHg)

"H2O: Lecturas del manometro inH2O en el tubo de calibración

Q_a : Regimen de flujo actual m3/min

Q_{ac} : Flujo Calculado, usando parametros "b y m" hallados por correlacion de la calibracion

Pf: Diferencia de presión en mmHg

P_o/P_a : Relación P inicial y P ambiental

% Diff: Diferencia porcentual entre los regimenesdel flujo del calibrador

T. (511) 200 - 4700

Ca. Mariano de los Santos N°192
 Urb. Corpac, San Isidro, Lima 27, Peru

informes@enviroequip.pe

Prueba Inicial

Serie VFC (Venturi)	P9508 BLX
Modelo de Venturi	G10557
Temp Std [oK]	298.00
Presion Std [mmHg]	760.00
Temp Ambiente [oC]	19.00
Temperatura	292.00
Presion Actual (Pa)	753.10
Dif. Manometro [in/H2O]	13.80
Diferencial [mmHg]	25.78
Po/Pa = 1-(Pf/Pa)	0.966
Qa	1.191
Qstd	1.204

El Qstd se usa en el caso de enviar los Datos a la US EPA, ver Pag 44 del Manual

Si Qa esta en el Rango de [1.02-1.24]. Es valido, ver Pag 39 del Manual

Error Final -5.40%

Leyenda	
	Cambiables
	Formula / Constantes
	Resultados

Leonardo Lobaton Norabuena
ENVIROEQUIP SAC
Universidad Nacional del Centro del Perú
13/10/2017

Prueba Realizada Por:
Realizada en :
Empresa Cliente:
Fecha:

**ANEXO 12 – Certificado de calibración de equipo Partisol TM FRM 2000,
marca ThermoFisher Scientific – N° serie: P9498 BLX**



Compromiso Social y Ambiental

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Nombre Compañía:	Universidad Nacional del Centro del Perú	Número Serie:	P9498 BLX
Fabricante:	THERMO SCIENTIFIC	Procedencia:	Estados Unidos
Modelo:	G10557	Día de Calibración:	13/10/2017
Certificado Calibración:	01.13988.131017	Lugar de Calibración:	ENVIROEQUIP SAC

Revisión Instrumento		Entrega Instrumento:	
En Tolerancia:	SI	Procedimiento Usado:	EPA VOLUMETRICO
Fuera de Tolerancia:	NO	Calibrado Por:	Leonardo Lobaton Norabuena

ESTADO DEL CUMPLIMIENTO DE LA CERTIFICACION CALIBRACION

ENVIROEQUIP S.A.C. certifica que este instrumento ha sido inspeccionado y calibrado por nuestros técnicos calificados y cumple o excede las especificaciones de calidad para la Norma EPA Método de Referencia Numero RFPS 1287-063, cuyos archivos y registros son mantenidos por la Empresa Universidad Nacional del Centro del Perú y una copia en nuestra compañía en Lima.
Este documento es la Certificación que el Tubo Venturi se encuentra dentro del Cumplimiento de la Norma ASTM EPA RFPS 1287-063 cuyo valor diferencial es $0.356\% < 3\%$

DATOS CALIBRACIÓN

TRAZABILIDAD

Se ha usado el Calibrador Modelo TE-5028A, con numero de serie 0438320, trazable NIST y calibrado el 08/02/2017.

Calibrado Por:

Aprobado por:


Leonardo Lobaton Norabuena
FIELD SERVICE


Alexander Céspedes Zuñiga
JEFE DE SERVICIOS

Calibración Muestreador de Alto Volumen (HiVol)

DATOS GENERALES		VARIABLES		CONDICIONES	
FECHA	13/oct./17	m_a	0.98188	T_a	292.00
OPERADOR	Leonardo Lobaton Norabuena	b_a	-0.00512	P_a	753.10
MODEL CAL	TE-5028A	m_{std}	1.56805	T_{std}	298.18
S/N	0438320	b_{std}	-0.00813	P_{std}	760.00
FLOW CONTROL		MODELO	G10557	S/N	P9498 BLX

inH2O Calibrador	Q_a (m3/min) (1/m) $\sqrt{(H_2O)(T_a/P_a)-b}$	(inH2O) Muestreador	Pf (mmHg) 25.4(inH2O/13.6)	$P/P_a = 1-(Pf/P)$	Q_a Look flow rate	%Diff (Look up- Q_a)*100/ Q_a
3.50	1.192	11.2	20.918	0.972	1.193	0.114
3.44	1.181	15.5	28.949	0.962	1.177	0.375
3.35	1.166	17.5	32.684	0.957	1.169	0.263
3.28	1.154	21.6	40.341	0.946	1.160	0.542
3.21	1.141	23.4	43.703	0.942	1.147	0.488
Promedio						0.356

$X=Q_a/\sqrt{(T_a)}$	$Y=P_o/P_a$
0.070	0.972
0.069	0.962
0.068	0.957
0.068	0.946
0.067	0.942

Por Correlacion	
r	0.9894
m	11.756
b	0.1514

Diff H2O	Pf(mmHg)	$Q_{ac}=[(1-Pf/P_a)-b]\sqrt{(T_a)}/m$
16	29.890	1.176

La EPA establece que el promedio de diferencia porcentual (%Diff), debe ser $\pm 3\%$.

Si el %Diff fuera mayor quiere decir que una fuga puede haber estado presente durante la calibración y se debería calibrar nuevamente

PASOS A SEGUIR

- 1) Colocar la base (Top plate)
- 2) Colocar el tubo de orificios (Vari flow)
- 3) Encender el Muestreador Hi Vol
- 4) Instalar el Manometro al tubo de orificios y el otro a la cuerpo del Hi Vol
- 5) Tomar 5 lecturas variando el orificio del vari flow o cambiando los discos de orificios

NOMENCLATURA

m_a : Pendiente de la relación de calibración del orificio del Qactual.(Hoja del calibrador)

b_a : intersección de la relación de calibración del orificio del Qactual

T_a : Temperatura ambiental °K ($K^\circ=273+^\circ C$)

P_a : Presión barométrica mmHg (1atm= 760mmHg)

"H2O: Lecturas del manometro inH2O en el tubo de calibración

Q_a : Regimen de flujo actual m3/min

Q_{ac} : Flujo Calculado, usando parametros "b y m" hallados por correlacion de la calibracion

Pf: Diferencia de presión en mmHg

P_o/P_a : Relación P inicial y P ambiental

% Diff: Diferencia porcentual entre los regimenesdel flujo del calibrador

T. (511) 200 - 4700

Ca. Mariano de los Santos N°192
Urb. Corpac, San Isidro, Lima 27, Peru

informes@enviroequip.pe

Prueba Inicial

Serie VFC (Venturi)	P9498 BLX
Modelo de Venturi	G10557
Temp Std [oK]	298.00
Presion Std [mmHg]	760.00
Temp Ambiente [oC]	19.00
Temperatura	292.00
Presion Actual (Pa)	753.10
Dif. Manometro [in/H2O]	13.80
Diferencial [mmHg]	25.78
Po/Pa = 1-(Pf/Pa)	0.966
Qa	1.191
Qstd	1.204

El Qstd se usa en el caso de enviar los Datos a la US EPA, ver Pag 44 del Manual

Si Qa esta en el Rango de [1.02-1.24]. Es valido, ver Pag 39 del Manual

Error Final -5.40%

Leyenda
Cambiables
Formula / Constantes
Resultados

Prueba Realizada Por:
Realizada en :
Empresa Cliente:
Fecha:

Leonardo Lobaton Norabuena
ENVIROEQUIP SAC
Universidad Nacional del Centro del Perú
13/10/2017

Anexo 13 – Acta de aprobación de tesis

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código: Versión: Fecha: Página:
---	--	--

Yo Haydeé Suárez Alvites, docente de la facultad de Ingeniería Ambiental y Escuela Profesional Ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo, Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada

“DISPERSIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (PM10 Y PM2.5) EN HUANCAYO METROPOLITANO, REGIÓN JUNÍN, 2020”, del (de la) estudiante

BARRANTES FLORES, MIGUEL ANGEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13% verificable en el reporte de originalidad del programa Turniting.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 11 de marzo del 2021



.....
Firma

Mg. Sc. Ing. Haydeé Suárez Alvites

DNI: 07088154

Anexo 14 – Resultado de porcentaje de similitud en el Turniting

Feedback Studio - Google Chrome
 ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&s=1&student_user=1&u=1112516862&o=1529983464

Miguel Angel Barrantes Flores | Barrantes Flores Miguel Angel

feedback studio

Resumen de coincidencias

13 %

1	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	2 %
2	vidocuments.mx Fuente de Internet	1 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
4	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	qdoc.tips Fuente de Internet	1 %
7	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
8	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
9	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Título de la Tesis

Dispersión de material particulado (PM10 y PM2.5) en Huancayo
Metropolitano, Región Junín, 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:
Barrantes Flores, Miguel Angel (ORCID: 0000-0003-0572-107X)

ASESORIA:
Mg. Sc. Haydee Suarez Aviles (ORCID: 0000-0003-2750-0980)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ
2021

Página: 1 de 56 | Número de palabras: 14046 | Text-only Report | High Resolution | Activado | 12:08 AM 3/11/2021