



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“ESTIMACION DE LA CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO EN EL AREA DE TRANSITO VEHICULAR EN LA CALIDAD DEL AIRE EN EL DISTRITO DE SALAS, ICA, 2021”

Presentado por:

BERROCAL PACHECO, PEDRO LUIS

BACHILLER del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 1%** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20124507**

Con CODIGO: **ATIT_2023-FIAS-019**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 23 de Mayo del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
UNIDAD DE INVESTIGACION

Dr. Pedro Córdova Mendoza
Dr. Pedro Córdova Mendoza
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



INFORME DE INVESTIGACION DE TESIS

**Estimación de la concentración de material particulado en el
área de tránsito vehicular en la calidad del aire en el distrito de
Salas, Ica, 2021**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES

Presentado por:

Bach. BERROCAL PACHECO, Pedro Luis

ICA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A Dios el Eterno Padre por otorgarme el regalo de la vida y guiarme en el camino de la sabiduría y la fe.

A mis padres, **Pedro Berrocal y Luisa Pacheco** quienes, con su esfuerzo, lucha y sacrificio me han permitido cumplir mis objetivos, por ser mi motivación y soporte, por inculcar en mí la valentía y la perseverancia.

A mis hermanas, "Yazmin y Yuliana"
por su cariño y apoyo
incondicional en todo este proceso.

AGRADECIMIENTO

A mi Alma Mater Universidad Nacional San Luis Gonzaga, por acogerme durante estos 5 años de estudios y por otorgarme unos docentes competentes que contribuyeron a mi formación académica.

A mi asesor Dr. Pedro Córdova Mendoza por brindarme su apoyo, paciencia y dedicación en la asesoría de la presente tesis.

Alas autoridades del distrito de Guadalupe por brindarme las facilidades para poder desarrollar mi trabajo de investigación.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
INDICE DE CONTENIDO	4
INDICE DE TABLAS INDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
SUMMARY	10
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	13
1.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	13
1.2.1. Antecedentes Internacionales	13
1.2.2. Antecedentes nacionales	15
1.2.3. Antecedentes locales	16
1.3. BASES TEÓRICAS	16
1.3.1. Dispersión de contaminantes	16
1.3.2. Concentraciones de material particulado a nivel del suelo.....	17
1.3.3. Clasificación y fuente de material particulado (PM)	18
1.3.4. Fuente puntual continua	18
1.3.5. Origen, tamaño y distribución del material particulado en la atmósfera	19
1.3.6. Material particulado	20
1.3.7. Calidad de aire	20
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.4.1. Problema general.....	20
1.4.2. Problemas específicos	21
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.5.1. Objetivo principal.....	21
1.5.2. Objetivos Específicos	21
1.6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	21
1.6.1. Hipótesis principal.....	21
1.6.2. Hipótesis Específicas.....	21
1.6.3. Variables de investigación	21
1.7. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	22

1.7.1.	Justificación	22
1.7.2.	Importancia.....	22
1.8.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	23
1.8.1.	Partículas (PM)	23
1.8.2.	Contaminación Atmosférica.....	23
1.8.3.	Estándares de Calidad del Aire (ECA).....	24
1.8.4.	Concentración.....	24
1.8.5.	Concentración de 24 horas.....	24
1.8.6.	Límites Máximos Permisibles (LMP).....	24
1.8.7.	Gravimetría.....	24
1.8.8.	Índice de Calidad del Aire por Partículas ICAP.....	25
1.8.9.	Impacto Ambiental	25
1.8.10.	Inmisión y Emisión.....	25
1.8.11.	Material particulado respirable (MPR)	25
1.8.12.	Material Particulado (MP)	25
1.8.13.	Microgramos (μg).....	26
1.8.14.	Microgramos por Metro Cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	26
1.8.15.	Monitoreo.....	26
1.8.16.	Nano gramo (ng).....	26
1.8.17.	Partes por Millón (ppm).....	26
1.8.18.	Partículas en Suspensión	26
II.	ESTRATEGIA METODOLOGICA	27
2.1.	ÁREA DE ESTUDIO.....	27
2.2.	PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE.....	28
2.4.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	29
2.4.1.	Tipo, nivel y diseño de investigación	29
2.4.2.	“Población y muestra	30
2.4.3.	“Técnicas de recolección de datos	30
2.5.1.	“Instrumentos de recolección de datos.....	31
2.5.2.	Técnicas de procesamiento de datos e interpretación de los resultados. 33	
2.6.	NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL AIRE	33
2.6.1.	Ley General del Ambiente (Ley N°28611, LGA).....	33
2.6.2.	Ley Orgánica de Municipalidades Ley N°27972.....	33

2.6.3.	Decreto Supremo N°003 – 2017 - PCM Estándares nacionales de calidad ambiental del aire.	34
III.	RESULTADOS	35
3.1.	ESTIMAR LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN EL ÁREA DE TRÁNSITO VEHICULAR EN LA CALIDAD DEL AIRE EN EL DISTRITO DE SALAS	35
3.2.	EVALUAR LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN EL ÁREA DE TRÁNSITO VEHICULAR Y LOS ESTÁNDARES DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE EN EL DISTRITO DE SALAS.	45
IV.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50
4.1.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE MEDIANTE TECNOLOGÍA DE PURIFICACIÓN SOLAR PARA EL CONSUMO HUMANO	50
4.2.	EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN EL ÁREA DE TRÁNSITO VEHICULAR Y LOS ESTÁNDARES DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE EN EL DISTRITO DE SALAS	51
V.	CONCLUSIONES	53
VI.	RECOMENDACIONES	54
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 :	Número de estaciones de muestreo de la calidad del aire sugerido	29
Tabla 2 :	Parámetros meteorológicos, mes octubre y mes enero	31
Tabla 3 :	Normas de calidad ambiental del aire, material particulado en el Perú [55].....	34
Tabla 4 :	Condiciones climatológicas en el distrito salas en la ciudad de Ica. datos del SENAMHI, Punto PB-2.....	35
Tabla 5 :	Resultado de las estaciones de muestreo de la calidad del aire, mes de octubre y mes de enero	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	: Sistema de coordenadas y nomenclatura para idea gaussiana columna de humo”[28].	17
Figura 2	: Área de estudio Panamericana Sur-Distrito de Guadalupe.	27
Figura 3	: Puntos de monitoreo de calidad de aire en la panamericana sur, distrito de Salas	28
Figura 4	: Muestreador de material particulado HI-VOL (TISCH)	32
Figura 5	: Filtro de microcuarzo instalado	32
Figura 6	: Temperatura ambiente día 10.10.2022, en el distrito de Salas	36
Figura 7	: Temperatura ambiente día 11.10.2022, en el distrito de Salas	36
Figura 8	: Temperatura ambiente día 30.01.2023, en el distrito de Salas	37
Figura 9	: Temperatura ambiente día 31.01.2023, en el distrito de Salas	37
Figura 10	: Niveles de comodidad de la humedad, día 10.10.2022, distrito de Salas	38
Figura 11	: Niveles de comodidad de la humedad, día 10.10.2022, distrito de Salas	38
Figura 12	: Niveles de comodidad de la humedad, día 30.01.2023, distrito de Salas	39
Figura 13	: Niveles de comodidad de la humedad, día 31.01.2023, distrito de Salas	39
Figura 14	: Velocidad del viento, día 10.10.2022, distrito de Salas.	40
Figura 15	: Velocidad del viento, día 11.10.2022, distrito de Salas.	40
Figura 16	: Velocidad del viento, día 30.01.2023, distrito de Salas.	41
Figura 17	: Velocidad del viento, día 31.01.2023, distrito de Salas.	41
Figura 18	: Dirección del viento, día 10.11.2022, distrito de Salas	42
Figura 19	: Dirección del viento, día 11.10.2022, distrito de Salas	42
Figura 20	: Dirección del viento, día 30.01.2023, distrito de Salas	43
Figura 21	: Dirección del viento, día 31.01.2023, distrito de Salas	43
Figura 22	: Energía solar de onda corta, día 10.10.2022, distrito de Salas	44
Figura 23	: Energía solar de onda corta, día 11.10.2022, distrito de Salas	44
Figura 24	: Energía solar de onda corta, día 30.01.2023, distrito de Salas	44
Figura 25	: Energía solar de onda corta, día 31.01.2023, distrito de Salas	44
Figura 26	: Monitoreo, distrito Salas, mes octubre-2022	46
Figura 27	: Monitoreo, distrito Salas, mes enero-2023	46
Figura 28	: Distribución de t-Student para el monitoreo del PM10, distrito Salas	48

RESUMEN

Objetivo, fue identificar que la estimación de la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular influye significativamente en la calidad del aire en el distrito de Salas, Ica. **Material y Métodos** el estudio realizado de tipo observacional-prospectivo-longitudinal, nivel descriptivo, diseño experimental, la investigación aplicada. **Resultados**, para tal efecto la temperatura promedio se relaciona con dos períodos regularmente definidos durante el año. El dato máximo tomado se tomó en el mes de enero 2023 con temperatura de 34,0°C, humedad 39%, velocidad relativa 16.4 Km/h y dirección del viento 28% (O) y el dato tomado en el mes de octubre 2022 con temperatura 19,0 °C, humedad 15.30%, velocidad relativa 16 Km/h y dirección del viento 9 % (O). Los puntos denominados (PB-01, PB-02 y PB-03) se registró una concentración de material particulado PM10 (31,5, 31,6 y 31,1) octubre y (32.9, 33.5 y 33.1) enero ambas inferiores a la contemplada en la norma de calidad ambiental vigente, en comparación con los límites máximos permisibles del Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. **Discusión**, se evaluó la significancia de la muestra del material particulado donde se empleó el estadístico de prueba de t-student y en ella se obtuvo un tExperimental (-5.1433) por lo que se aceptó la hipótesis alterna y se encontraron dentro de la norma. **Conclusión**, Se concluye que es importante considerar la vía principal que es la carretera panamericana sur en el distrito de Salas como la puerta de ingreso con destino a la ciudad de Ica, se deben considerar puntos de evaluaciones futuras en estaciones de las emisiones como los gases (SO₂, NO₂, y H₂S), como contaminantes a la atmósfera en la ciudad de Ica.

Palabras Claves: *Concentración Material Particulado, Calidad del Aire; tránsito vehicular.*

SUMMARY

Objective was to identify that the estimation of the concentration of particulate matter in the area of vehicular traffic significantly influences the air quality in the district of Salas, Ica. **Material and Methods**, the study carried out of an observational-prospective-longitudinal type, descriptive level, experimental design, applied research. **Results**, for this purpose the average temperature is related to two regularly defined periods during the year. The maximum data taken was taken in the month of January 2023 with a temperature of 34.0°C, humidity 39%, relative speed 16.4 km/h and wind direction 28% (W) and the data taken in the month of October 2022 with temperature 19.0 °C, humidity 15.30%, relative speed 16 km/h and wind direction 9% (W). The points called (PB-01, PB-02 and PB-03) recorded a concentration of particulate matter PM10 (31.5, 31.6 and 31.1) in October and (32.9, 33.5 and 33.1) in January, both below that contemplated in the current environmental quality standard, in comparison with the maximum permissible limits of Supreme Decree No. 003-2017-MINAM. **Discussion**, the significance of the sample of particulate matter was evaluated using the t-student test statistic and an Experimental t (-5.1433) was obtained, therefore the alternate hypothesis was accepted and found to be within the norm. **Conclusion**, It is concluded that it is important to consider the main road that is the South Pan-American Highway in the Salas district as the entrance gate to the city of Ica, future evaluation points should be considered in stations of emissions such as gases (SO₂, NO₂, and H₂S), as pollutants to the atmosphere in the city of Ica.

Keywords: *Particulate Matter Concentration, Air Quality; vehicular traffic.*

I. INTRODUCCIÓN

“La contaminación del aire se convierte en el mayor riesgo ambiental para la salud” [1]. Se ha observado que la exposición a contaminantes del aire puede afectar la salud humana de varias maneras; enfermedades cardíacas y derrames cerebrales además de enfermedades respiratorias crónicas y cáncer de pulmón [2]. “Estudios epidemiológicos y animales recientes han indicado que la contaminación del aire tiene un impacto negativo en los resultados del embarazo” [3], los comportamientos sociales [4] y las actividades de aprendizaje [5]. El sudeste asiático es ahora la región más contaminada del mundo, los países de bajos y medianos ingresos en el sudeste asiático tenían una gran carga relacionada con la contaminación del aire con un total de 3.3 millones de muertes relacionadas con la contaminación del aire interior y 2.6 millones de muertes debido a la contaminación del aire exterior [6].

Por lo tanto, la investigación está estructurada en capítulos:

Capítulo I: Describe la situación problemática del material particulado PM10 presentes en el ambiente relacionados con la calidad del aire. Se ha revisado los antecedentes internacionales, nacionales y locales, que ha permitido determinar la justificación e importancia de la investigación, asimismo, se han revisado fuentes bibliográficas para elaborar del marco teórico.

Capítulo II: El enfoque “metodológico de la investigación es de tipo observacional-retrospectiva-longitudinal, nivel descriptivo y diseño no experimental”. Se identificó como población al desplazamiento vehicular liviano y de carga pesada en la carretera panamericana sur del distrito de Salas y “el tamaño de la muestra, se determinó mediante el equipo Hybol en los tres puntos seleccionados en campo como estación de muestreo PB-1, PB,2 y PB-3. “La técnica empleada fue la observación y el instrumento Hybol se registró en cada punto por 24 horas como lo indica la norma.

Capítulo III: Se evaluó en los puntos indicados con las estaciones de muestreo la concentración del material particulado PM10 en el área de tránsito vehicular en la

calidad del aire en la panamericana sur en el distrito de Salas, “se aplicó y se aplicó el estadístico t-Student. para la evaluación de la significancia de las variables estudiadas”.

Capitulo IV: En base a los resultados obtenidos de las estaciones de muestreo en la carretera panamericana sur en el distrito de Salas, se ha realizado la discusión de resultados”.

En los Capítulo V y VI; “se indican las conclusiones y recomendaciones y en el capítulo VII se señalan las referencias bibliográficas”.

1.1. Situación problemática

“El mundo de hoy se enfrenta a importantes problemas ambientales, es el calentamiento global, el agotamiento de la capa de ozono, la acumulación de desechos, etc., en las últimas décadas, la investigación indica que el clima global está cambiando rápidamente”[7] y [8] y también “revela el hecho de que este cambio continuará con el tiempo. Por lo tanto, existe una necesidad urgente de mitigar estos problemas indeseables derivados de nuestra forma de vida moderna para salvar nuestro medio ambiente y nuestro mundo” [9].

Como es el caso en el país China la ciudad de Yangon es una de las ciudades más densamente pobladas y urbanizada de Myanmar, según datos del Departamento de Población, la densidad de población de la ciudad es más alta en el país con 716 personas por kilómetro cuadrado [10]. La reciente relajación en las regulaciones de importación de vehículos causa una notable afluencia de vehículos de motor en Yangon; Los vehículos registrados han aumentado en gran medida de aproximadamente 480,000 vehículos en 2013 [11] a más de 870,000 vehículos en abril de 2018 [12], además, debido al aumento de las inversiones en la economía basada en la industria, también hay un fuerte desarrollo industrial en Yangon.

Estudios previos sobre la calidad del aire reportaron altos niveles de gases ácidos en el exterior, como el NO₂ y el SO₂ [13].

1.2. Antecedentes del problema

1.2.1. Antecedentes Internacionales

Actualmente, la contaminación atmosférica significativa ocurre en países en desarrollo como India debido al rápido aumento de las emisiones junto con el aumento de la población, las industrias, la urbanización y el consumo de energía. “La contaminación del aire tiene efectos significativos sobre la visibilidad, el ecosistema y la salud humana” [14]. “Un estudio previo mostró que India representó 0.6 a 1 millón de muertes como resultado de la contaminación del aire causada por partículas con un diámetro aerodinámico no mayor de 2.5µm (PM2.5)”[15] y [16].

El aumento de la población y el rápido crecimiento económico en los países en desarrollo son importantes impulsores de la demanda de energía, el consumo mundial de energía ha aumentado considerablemente en aproximadamente un 50% en el lapso de 25 años a partir de 1990 y actualmente se proyecta que aumente en aproximadamente un 28% entre 2015 y 2040, “los combustibles fósiles siguen siendo la fuente dominante de energía en todos los sectores principales, de los cuales las industrias y el transporte colectivamente comparten aproximadamente el 75% del consumo total de energía 2040” [17].

“La estimación de las emisiones atmosféricas desde fuentes fijas de combustión es una necesidad en la gestión de la calidad del aire urbano de la ciudad de Cuenca”[18], “con la finalidad de disponer de la información del inventario de emisiones que permita determinar el impacto generado al recurso aire, el cual afecta visiblemente a la salud humana y al ecosistema”[18]. “El objetivo de esta investigación fue cuantificar y estimar las emisiones atmosféricas de los contaminantes más representativos generados en fuentes fijas de procesos de combustión”[18].

“La contaminación del aire se está convirtiendo en un tema de intensa investigación a todos los niveles debido al aumento del nivel de actividades antropogénicas y los cambios climáticos”[19], que surgen de la búsqueda de la industrialización tanto en los países desarrollados como en desarrollo del mundo”[19]. “Es una de las principales causas del deterioro de las condiciones de salud humana, ya que respirar aire seguro es tan importante como el agua o los alimentos seguros” [19]. “Sin embargo, una buena proporción de la población humana en los países en desarrollo está sujeta a respirar aire contaminado por la combustión de combustibles fósiles, biomasa y otras fuentes difusas”[19].

“Los países desarrollados como Europa y Estados Unidos han utilizado muchos modelos de calidad del aire basados en Gauss, como ADMS y AERMOD, que son muy avanzados y complejos, pero fáciles de usar

para gestionar la calidad del aire local (EPA, 2009; CERC, 2006)”[19]. “La aplicación de los modelos ADMS y AERMOD es limitada en el desarrollo como Nigeria debido a la falta de disponibilidad de datos de entrada, el costo involucrado en evaluar los datos de entrada requeridos de tales modelos y el tiempo”[19]. El estudio presentó un modelo gaussiano modificado que es simple y fácil de usar, ya que requiere pocos parámetros de entrada. El modelo se utilizó para predecir patrones de dispersión de contaminantes gaseosos (CO y NO₂)”[19]. “El objetivo es medir la contribución de la chimenea a la contaminación del aire ambiente y evaluar los posibles efectos sobre la salud humana”[19].

1.2.2. Antecedentes nacionales

En el Perú, “los ecosistemas de montaña, especialmente los glaciares con altitudes superiores a 4000m sobre el nivel del mar (msnm) en las regiones tropicales, son muy sensibles al cambio climático” [20]. “El carbono negro y otros contaminantes absorbentes de luz depositados sobre la nieve del glaciar reducen el albedo de la nieve” [21] y, en consecuencia, “producen derretimiento de la nieve” [22]. La cadena montañosa de los Andes sudamericanos domina el lado occidental de América del Sur, se extiende a siete países del continente y constituye una barrera natural para los vientos alisios del este provenientes del Océano Atlántico. Conforme [23], “los Andes centrales, donde se encuentra parte del Perú, contienen más del 99% de los glaciares del mundo en latitudes tropicales, y Perú representa el 70% de esta cantidad”. “El carbono negro, que es un componente fuertemente absorbente de los aerosoles carbonosos, tiene un efecto importante sobre la reflectancia de la nieve” [21]. “Tiene un efecto directo sobre el forzamiento radiactivo de la nieve, que es tres veces más que el forzamiento de CO₂” [24].

“La contaminación atmosférica en los últimos años se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales, debido entre otros muchos factores a desastres naturales y al impacto de las actividades

antropogénicas”[25]. “Aspectos que han producido un efecto perjudicial en la calidad del aire y que han provocado la preocupación de la sociedad y de sus autoridades” [25]. “Bustillos en su investigación de la contaminación causada por las chimeneas de las industrias existentes en la región clasificadas como fuentes fijas”[25].

“Los resultados de la modelación gaussiana muestran la incidencia de las chimeneas de los calderos 17 y 20 de la empresa Cartavio S.A.A. en sus colindantes, sectores de la ciudad de Cartavio, sector El Ingenio y campos agrícolas al Norte”[26]. “Se concluye que la empresa ha mejorado su desempeño ambiental, al disminuir sus emisiones y por ende su impacto sobre la calidad del aire de sus colindantes, cabe resaltar que sus emisiones no sobrepasarían los ECAs según los datos analizados” [26].

1.2.3. Antecedentes locales

“Para reducir el impacto de la contaminación del aire en la salud, es básico comprender la descripción general de la contaminación del aire, sin embargo, debido a datos insuficientes, se limita a describir el estado de la calidad del aire, por lo tanto, se necesita con urgencia llevar a cabo la investigación para evaluar la calidad del aire, y diseñamos este estudio para dar una imagen completa de la calidad del aire en el cercado de Ica” [27].

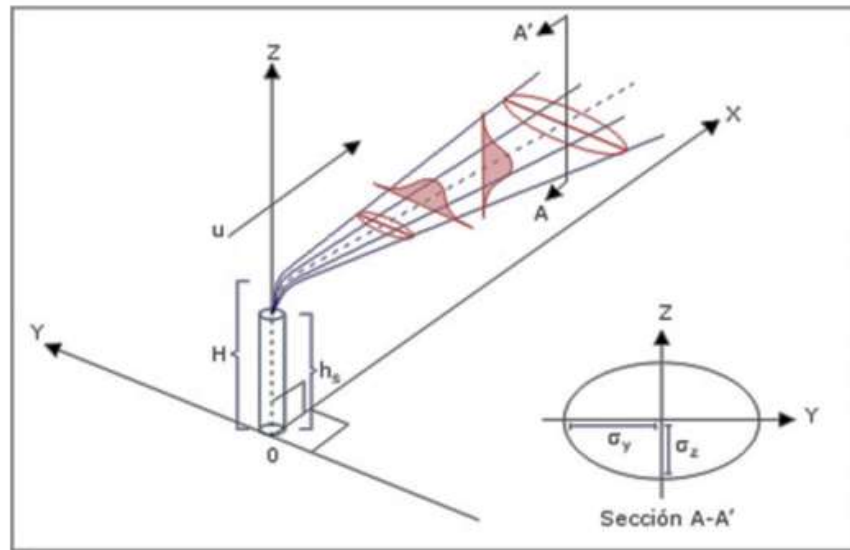
1.3. Bases teóricas

1.3.1. Dispersión de contaminantes

“A medida que una pluma de contaminantes progresa en la dirección del viento, el modelo gaussiano supone que el perfil de concentración por mezcla turbulenta adquiere una distribución gaussiana”[28].

Continua *Cabrera*, “si la condición atmosférica es neutra, entonces se desarrollará una pluma en forma de cono. La concentración en la línea central de la pluma será máxima a una distancia cercana del foco emisor y disminuirá en la dirección viento abajo”[28]. “A medida que la

distancia viento abajo aumenta, los extremos de la pluma pueden impactar sobre el terreno tal y como se muestra en la (figura 1)”[28].



Fuente. Depaz [29].

“ Figura 1 sistema de coordenadas y nomenclatura para idea gaussiana columna de humo”[28]

1.3.2. Concentraciones de material particulado a nivel del suelo

“El material particulado (PM) es el parámetro clave de las redes de monitoreo de la calidad del aire debido a su efecto sustancial en la salud humana, el clima y el medio ambiente”[30]. “Las observaciones terrestres de PM pueden proporcionar concentraciones distribuidas espacial y temporalmente en los centros urbanos, ya que las redes de monitoreo existen principalmente en las grandes ciudades”[31]. “Sin embargo, las mediciones in situ no brindan información adecuada sobre la distribución espacial de las partículas debido a la concentración altamente variable en el espacio y el tiempo”[32]. “No siempre se prefieren a menos que se requieran debido a sus altos costos operativos. La cobertura temporal de las mediciones de PM in situ también varía según la funcionalidad del instrumento y el período de operación” [32].

1.3.3. Clasificación y fuente de material particulado (PM)

“Aunque el PM puede definirse o clasificarse de varias formas, el diámetro aerodinámico es uno de los principales criterios para describir su capacidad de transporte en la atmósfera y/o capacidad de inhalación a través de un organismo respiratorio”[30]. “La EPA ha estado regulando partículas principalmente en dos categorías de tamaño basadas en su capacidad de penetración prevista en el pulmón como”[30].

- (i) “Material particulado grueso (PM10) con un diámetro aerodinámico de 10 μm
- (ii) Material particulado fino (PM2.5) con un diámetro aerodinámico de 2,5 μm ”[30].

“Estos PM provienen principalmente de una amplia gama de fuentes que incluyen polvo de carreteras, polvo agrícola, lechos de ríos, sitios de construcción, operaciones mineras y actividades similares”[33].

1.3.4. Fuente puntual continua

“En respuesta a una creciente preocupación por los temas ambientales, especialmente sobre la calidad del aire en las ciudades, se han realizado muchos trabajos científicos sobre modelos de dispersión de la contaminación atmosférica durante las últimas décadas”[34].

“Las especies químicas y los contaminantes tienen varias vías de emisión a la atmósfera. Pueden ser emitidas desde varias fuentes:”[34]

“Fuentes puntuales:

- Chimeneas de plantas industriales,
- Erupciones volcánicas,
- Descargas accidentales en centrales nucleares

Fuentes lineales:

- Autopistas

Fuentes de área:

- Emisiones de precursores fotoquímicos de smog e
- Incendios forestales”[34]

“La deposición, transporte e interacción con edificios u obstáculos de partículas se pueden modelar de varias formas” [34].

“Muchos estudios sobre modelos de dispersión de la contaminación se han centrado en entornos a gran escala “[35], [36]. “En estos casos, cuando los obstáculos o las dimensiones de los edificios son insignificantes en comparación con la sección transversal de la pluma dispersante, generalmente se utilizan modelos de dispersión convencionales, como los modelos gaussianos”[37] o “los modelos lagrangianos”[38] “para simular los flujos y patrones de dispersión” [34].

“La interacción de la pluma continua liberada de fuentes puntuales con edificios y otras estructuras es el factor principal que afecta la dispersión a corto alcance de los contaminantes atmosféricos en las áreas urbanas”[34]. “En estos casos, es necesario el uso de algunos estudios de campo y experimentos en túnel de viento para explicar mejor esta interacción”[34].

1.3.5. “Origen, tamaño y distribución del material particulado en la atmósfera”

[39] “Indican que el material particulado atmosférico se origina de una diversidad de fuentes y posee una amplia condición de propiedades químicas, físicas y termodinámicas”; “ellas se forman mediante subdivisiones o roturas de fragmentos mayores de materia y/o por aglomeración de fragmentos pequeños conteniendo moléculas”[39].

“Las partículas se clasifican de acuerdo a su origen, en natural o antrópico”. “Las fuentes naturales primeras más importantes son: el polvo levantado por el viento, el aerosol marino, las emisiones volcánicas, los incendios de bosques y matorrales. Las fuentes naturales secundarias incluyen sulfatos, nitratos y compuestos orgánicos”.

1.3.6. Material particulado

[40] “Los sistemas de muestreo (para gases), el acondicionamiento de muestras, los sistemas de ponderación para el material particulado (PM) y los procedimientos de laboratorio son factores clave que influyen en la calidad de los datos finales”.

1.3.7. Calidad de aire

“La legislación establece como “objetivo de la calidad del aire” la cuantía de cada contaminante en la atmósfera, aisladamente o asociado con otros, cuyo establecimiento conlleva obligaciones según las condiciones que se determinan para cada contaminante” [41].

1.4. Formulación del problema

El Perú, como otros países en desarrollo, tiene que enfrentarse a problemas relacionados con la inmisión de contaminantes por lo que “la condición del aire de la ciudad de Ica”, con el paso de los últimos años, ha ido en aumento, existe información limitada sobre la contaminación del aire, la reducción de la contaminación del aire salva vidas y uno de los objetivos de la Política Nacional de Salud es “reducir el peligro para la salud ambiental de todos los ciudadanos, para reducir el impacto de la contaminación del aire en la salud, es básico comprender la descripción general de la contaminación del aire, sin embargo, debido a datos insuficientes, se limita a describir el estado de la calidad del aire”, por lo tanto, se necesita con urgencia llevar a cabo la investigación para evaluar la calidad del aire, y diseñamos este estudio para dar una imagen completa de la calidad del aire en el distrito de Guadalupe, provincia de Ica [27].

1.4.1. Problema general

¿“De qué manera la estimación de la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular influye significativamente en la calidad del aire en el distrito de Salas, Ica, 2021”?

1.4.2. Problemas específicos

PE1: ¿De qué manera la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular mejora significativamente en los estándares de la calidad ambiental del aire en el distrito de Salas, Ica, 2021?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo principal

Estimar la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular influye significativamente en la calidad del aire en el distrito de Salas, Ica, 2021.

1.5.2. Objetivos Específicos

OE1: Evaluar que la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular mejora significativamente en los estándares de la calidad ambiental del aire en el distrito de Salas, Ica, 2021.

1.6. Hipótesis de investigación

1.6.1. Hipótesis principal

La concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular influye significativamente en la calidad del aire en el distrito de Salas, Ica, 2021.

1.6.2. Hipótesis Específicas

HE1. La concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular mejora significativamente en los estándares de la calidad ambiental del aire en el distrito de Salas, Ica.

1.6.3. Variables de investigación

Variable independiente

Concentración de material particulado: – “Variedad de partículas que son microscópicas sólidas y líquidas, de origen humano y natural, que

están suspendidas en el aire durante un tiempo determinado. Estas tienen un tamaño, estructura y forma muy variable y muchas de ellas son perjudiciales para la salud ambiental y humana” [42]

Variable independiente

Calidad del aire. - “Tener un ambiente sano y equilibrado para el desarrollo de la vida, contribuye a una mejor vida poblacional y ambiental, que se logra con el compromiso y la participación activa de todos los actores involucrados” [43].

Variable interviniente

Tránsito automovilístico. – “Fenómeno causado por el flujo de vehículos en una autopista. También en otros fenómenos como el flujo de partículas”[44].

1.7. Justificación e Importancia

1.7.1. Justificación

La importancia del presente proyecto radica en lo valioso que sería para la región de Ica aplicar los fundamentos de muestreo activo de material particulado y definir el lugar crítico o lugares críticos mediante un mapa de georeferenciación, para tal efecto ha y que considerar los factores ocupacionales como el corte o pulido de piedras, el trabajo en la industria metalúrgica o del acero, el polvo de madera, la agricultura, la ganadería, el polvo vegetal o animal y la peluquería también se han asociado a problemas de la salud, para tal efecto se deberá documentarse sobre el material particulado suspendido en el aire, el cual será descrito y detallado, además el polvo inorgánico se puede visualizar como partículas particulado birrefringentes (PM).

1.7.2. Importancia

El proyecto de investigación tendrá la siguiente importancia según los criterios o valores potenciales de investigación [27]:

- **Conveniencia:** permitirá considerar, la sostenibilidad ambiental de la región de Ica mediante la educación sostenible de la calidad del aire, que permita implementar un sistema de tratamiento para los contaminantes particulado;
- **Implicaciones metodológicas:** permitirá utilizarse el desarrollo en base a una metodología exploratoria científica que permita tener fundamentos claros sobre los contaminantes particulado y la comunidad de la región de Ica sepa estimar la carga de contaminación de material particulado dispuesta;
- **Implicaciones prácticas:** podrá sugerirse en base a la documentación científica a sistemas de tratamiento para mejorar los lugares donde hay emisiones por contaminación para valorar la eficiencia de la calidad del aire;
- **Conveniencia social:** reconocerá la calidad de aire en el ambiente en el Provincia de Ica.

1.8. Definiciones conceptuales

1.8.1. Partículas (PM)

“El material particulado consigue ser un elemento transcendental como factor determinante de la calidad de la atmósfera de una ciudad, una zona o sitio, pueden estar depositadas sobre el suelo, aunque generalmente flotan en el aire”[45].

1.8.2. Contaminación Atmosférica

“La contaminación atmosférica hace referencia a la variación de la composición uniforme del aire o a la permanencia en el aire de sustancias” [46] o “formas de energía (irradiaciones, oscilaciones, ruido, ionizantes, etc.) que involucren peligro, daño o molestia grave para los hombres o a sus bienes de cualquier índole, o para el ambiente”[46].

1.8.3. “Estándares de Calidad del Aire (ECA)”

“Los ECA son indicadores de calidad ambiental. Miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo”[46].

1.8.4. Concentración

“La concentración de contaminante presente en un medio, generalmente se expresada en unidades de masa como micro o nanogramos fraccionando a una unidad de masa mayor como gramos o kilos ($\mu\text{g}/\text{k}$ o ng/g) o a una de volumen como centímetros o metros cúbicos ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ o ng/cm^3)” [46]

1.8.5. “Concentración de 24 horas”

“Corresponde a la media aritmética de los valores efectivamente medidos de concentración en cada estación monitora en 24 horas consecutivas” [46]. “En caso de utilizarse monitores con resolución temporal inferior a 24 horas, o de pérdida parcial de información horaria, el número de valores a considerar en el cálculo de la media será mayor o igual que el equivalente a 18 horas” [46].

1.8.6. “Límites Máximos Permisibles (LMP)”

[39] “Los LMP miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva (minería, hidrocarburos, electricidad, etc.), que al exceder causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”

1.8.7. Gravimetría

“La gravimetría hace referencia al cálculo del peso. Es el peso del filtro con los metales recolectado disminuyendo el peso de un filtro nuevo el cual da la cantidad de material particulado de volumen de aire” [46].

1.8.8. Índice de Calidad del Aire por Partículas ICAP

“Es un indicador creado, basado en la cantidad de partículas respirables (PM10), medidas en mg, presentes en un m³”[46].

1.8.9. Impacto Ambiental

“Es la variación efectiva o negativa de la calidad ambiental, inducida o estimulada por la acción de un individuo” [47]. “Es una aseveración del valor que genera un contaminante y su efecto ambiental, es un canje neto (bueno o malo) en la salud del individuo o en su bienestar”[47].

1.8.10. “Inmisión y Emisión”

Inmisión. “Unión de contaminantes una vez expuestos, trasladados y diseminados en la atmósfera con carácter temporal o permanente y es lo que venimos respirando en la calle”[48].

Emisión. “Expulsión de materiales al aire, ya sea por un foco determinado (emisión primaria) o como consecuencia de las reacciones fotoquímicas o cadena de reacciones iniciadas por un proceso fotoquímico (emisión secundaria)” [48].

1.8.11. “Material particulado respirable (MPR)”

[46]“Está determinado por las partículas, cuyo diámetro aerodinámico (d.a.) es menor a 10 µm”. “Es una conjunción compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas. Estas partículas ingresan al sistema respiratorio alcanzando los pulmones, en el que producen irritaciones, generando y estimulando enfermedades” [46].

1.8.12. “Material Particulado (MP)”

[49] “Es la unión de partículas líquidas, sólidas o líquidas y sólidas detenidas en el aire que se diferencian en tamaño, composición y origen”. “El tamaño de las partículas atajadas en la atmosfera varia de cuatro resoluciones de magnitud, desde unos pocos nanómetros a decenas de micrómetros” [49].

1.8.13. “Microgramos (μg)”

“Es una unidad de masa que corresponde a la millonésima parte de un gramo” [46].

1.8.14. “Microgramos por Metro Cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)”

“Unidad que con mucha frecuencia se maneja. Corresponde a la masa de contaminante con el volumen de aire que lo contiene” [46].

1.8.15. Monitoreo

“Son las acciones de observación, muestreo, medición y análisis de los datos técnicos y ambientales para precisar las características del medio o ambiente, identificar los impactos ambientales de las acciones del sector y su diversificación o cambio durante el tiempo” [28]

1.8.16. Nano gramo (ng).

“Es la unidad de masa que pertenece a la milmillonésima parte de un gramo o la milésima de un microgramo”[46].

1.8.17. Partes por Millón (ppm)

“Es la unidad de concentración que concierne a la división de una unidad en un millón. Establecida en medidas de volumen, representando el volumen de contaminante contenido en un millón de volumen de aire”[46].

1.8.18. Partículas en Suspensión

“Son partículas suspendidas en el aire de diversa característica, el cual puede ser procedente por acción natural, por actividades del hombre o una combinación de ambos”[46].

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1. Área de estudio

La investigación se “llevó a cabo en Ica, ciudad del centro sur del Perú, capital del departamento de Ica”. “Este departamento está ubicado en el centro oeste del país, limitando al norte con Lima, al este con Huancavelica y Ayacucho, al sur con Arequipa y al oeste con el Océano Pacífico. Con 21 327 km² es el sexto departamento menos extenso y se fundó el 30 de enero de 1866”[44]. Su territorio es casi por completo parte del desierto costero del Perú y conforma el llamado gran tablazo de Ica. La ciudad de Ica, incluye 5 distritos urbanos, es la decimoprimer ciudad más poblada del Perú y albergaba una población de más de 300000 habitantes”[44]. “Actualmente se destaca por su amplia producción agroexportadora situada en el estrecho valle que forma el río Ica, entre el Gran Tablazo de Ica y las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes”[44].

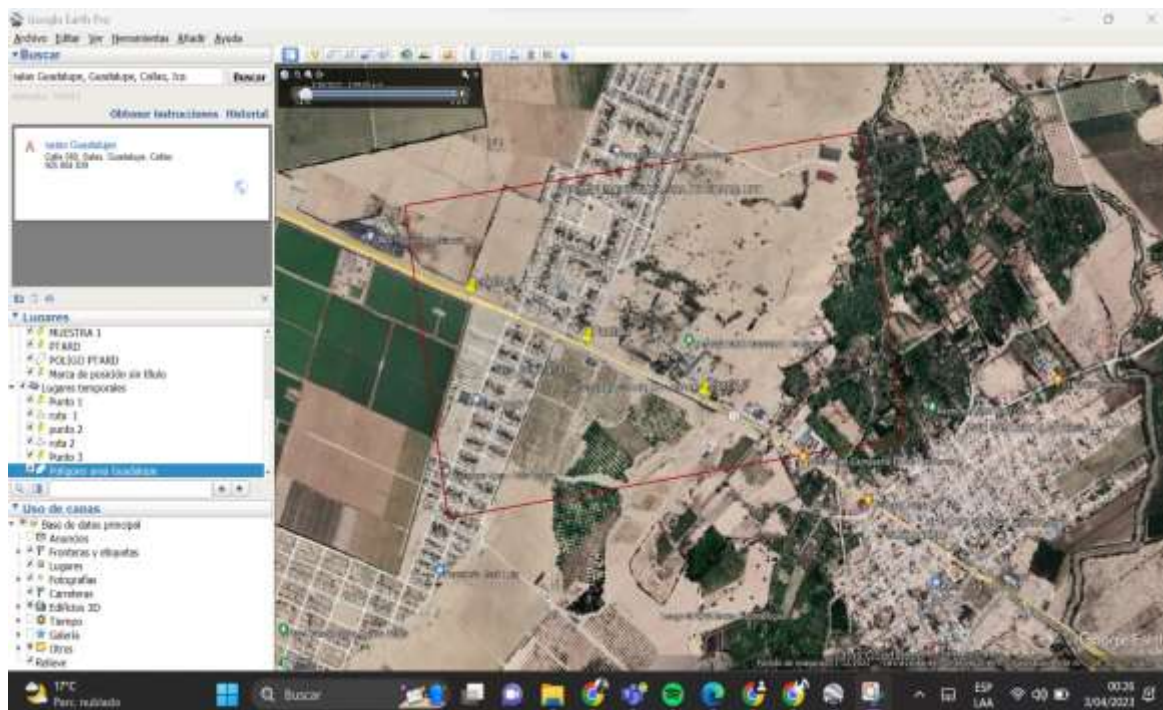


Figura 2 Área de estudio Panamericana Sur-Distrito de Guadalupe

2.2. Puntos de Monitoreo de Calidad de Aire

Se establecieron tres puntos de monitoreo de la calidad del aire por material particulado se localizaron tres puntos, ambos localizados en el distrito de Ica, con una distancia de 3 km entre cada uno de los puntos. El punto PB-1 se localizó a tres Km proveniente de la ciudad de Ica al distrito de Salas Guadalupe [44] “(Coordenadas UTM: 420795 E 8 442 708 N, Datum WGS84 Huso 18 Sur) a 445 m.s.n.m. El punto PB-2 se localizó en la Plaza de Armas del distrito de Salas Guadalupe (Coordenadas UTM: 416539 E 8453 683 N”, “Datum WGS84 Huso 18 Sur) a 453 m.s.n.m., y el punto PB-3 se localizó a la salida del distrito de Salas Guadalupe con dirección a la ciudad de Pisco (Coordenadas UTM: 416586 E 8453 675 N, Datum WGS84 Huso 18 Sur) a 455 m.s.n.m”., Figura 3.



Figura 3. Puntos de monitoreo de calidad de aire en la panamericana sur, distrito de Salas

2.3. Número de puntos de muestreo sugerido por la OMS y EPA.

[50] “El número de puntos de muestreo dentro de una misma área se incrementará en las zonas en las que se alcancen o excedan los valores permisibles y en donde las variaciones de calidad de aire sean mayores”. “También se requerirán más

número de puntos de muestreo cuando se tengan tiempos de muestreo cortos y cuando las mediciones sean menos frecuentes, esto es, a menor frecuencia mayor número de sitios de muestreo” [50].

La Organización Mundial de la Salud (OMS), sugiere el número de puntos de muestreo en función de la densidad de población y del parámetro que se pretende medir, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 Número de estaciones de muestreo de la calidad del aire sugerido

Población urbana (millones de personas)	Parámetro de monitoreo	
	Partículas	Meteorológicos
<1	2	1
1 - 4	5	2
4 – 8	8	2
>8	16	3

Fuente: EPA, 1998. (US EPA)

2.4. Metodología de investigación

2.4.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

Tipo de investigación

“Es aplicada, se aplicaron los conocimientos existentes para aplicar soluciones viables, observacional-prospectiva-longitudinal” [51].

Nivel de investigación

“Descriptivo-Explicativo” [51].

“Diseño de la investigación

No experimental” [51].

2.4.2. “Población y muestra

Población

Estuvo representado por el tránsito vehicular liviano y pesado en la carretera panamericana sur del distrito de Salas Guadalupe.

Muestra

“Se llevo a cabo el muestreo en el área limitada de estudio que fueron tres puntos significativos para la investigación, en la carretera panamericana sur en el distrito de Salas, provincia de Ica” [51].

2.4.3. “Técnicas de recolección de datos

Etapas preliminares de gabinete

“Etapa donde se inició las actividades. En la fase preliminar de gabinete se realizó las coordinaciones con el personal asignado por A&B CONSULTING GROUP PERÚ E.I.R.L.”, para la ejecución del Monitoreo Ambiental.

“Adicionalmente, en esta etapa se hizo referencia a la”:

- “Calibración de instrumentos y equipos de muestreo”.
- “Elaboración de fichas técnicas, preparación de materiales, equipos e instrumentos para la fase de campo, entre otras actividades”.

Etapas de Campo

- “Etapa de reconocimiento del área de trabajo”, ambientes donde se establecieron las estaciones de evaluación ambiental para el trabajo que se realizara en el distrito de Salas Guadalupe.
- “Toma de muestras y mediciones de campo”.
- “El trabajo en campo para el muestreo de calidad de aire” y parámetros meteorológicos se realizó en un intervalo de dos etapas, un día (01) desde el 10 al 11 del mes de octubre del 2022 y el otro un día (01) desde el 30 al 31 del mes de enero del 2023.

- Los muestreos fueron de la siguiente manera: Muestreo de Gases Contaminantes, Material Particulado PM-10 y parámetros meteorológicos

“La toma de muestras en campo se hizo siguiendo los criterios establecidos en el protocolo de monitoreo de calidad de aire y emisiones”.

- Para el registro de los parámetros en campo de los parámetros meteorológicos se empleó en dos eventos distintos en el mes de octubre-2022 y enero-2023, una (01), se empleó la estación meteorológica de marca Davis Instruments, modelo Vantage Pro Plus #6162. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros meteorológicos, mes octubre y mes enero

Parámetros Muestreados				
Temperatura ambiente	Humedad relativa	Velocidad del viento	Dirección del viento	Radiación Solar

2.4.4. “Instrumentos de recolección de datos

Se evaluó el material particulado (PM10). “El período de observación fue del 10 al 11 del mes de octubre del 2022 y del 30 al 31 de enero del 2023, en los tres puntos seleccionados” [52]. “La toma de muestras en campo se realizó siguiendo los criterios establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad de Aire” [52]. “La climatología en la ciudad de Ica fue obtenida de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)”[53].

“Para el registro en campo de los parámetros meteorológicos se ha empleado una estación meteorológica Davis Instruments, modelo Vantage Pro Plus #6162”[54]. “Se utilizó un GPS (Garmin ETREX) para georreferenciar la zona, levantar información de las coordenadas UTM, sistema: WGS-84, Zona: 18L. Además, se empleó un muestreador de

material particulado HI-VOL (TISCH) y el método separación inercial/ filtración”.



Figura 4 Muestreador de material particulado HI-VOL (TISCH)

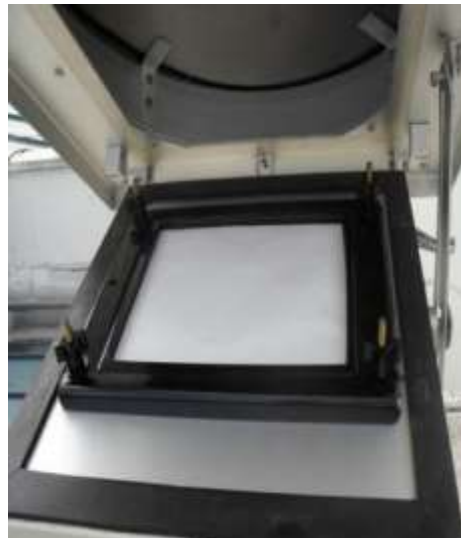


Figura 5 Filtro de microcuarzo instalado

“Los muestreos puntuales se realizaron según la normativa peruana vigente”. [52], [55] Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad de Aire y Ley del ambiente; [56] Aprueban estándares de calidad ambiental para aire; y [57] Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

2.4.5. Técnicas de procesamiento de datos e interpretación de los resultados **Etapa Final de Gabinete**

“En cuanto a la etapa final de gabinete, esta se relaciona con la elaboración final del informe incluye el procesamiento de la información generada en las etapas anteriores”.

Comprende la interpretación de los resultados con las normas ambientales peruanas vigentes; así como la elaboración de cuadros y figuras, entre otros datos, en base a la norma técnica peruana [58].

2.5. Norma de Calidad Ambiental para el Aire

2.5.1. Ley General del Ambiente (Ley N°28611, LGA)

[59] “Menciona que toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y tiene el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente”, “así como a sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y desarrollo sostenible del país”[59]. Además “hace referencia a que todos los proyectos nuevos deberán incluir en su Instrumento de Gestión Ambiental, medidas de prevención para mantener sus emisiones por debajo del valor establecido en el D.S. N°003-2017-MINAM (20 ug/m³)” [39].

2.5.2. Ley Orgánica de Municipalidades Ley N°27972.

Artículo 80.- Saneamiento, salubridad y salud: “Las municipalidades, en materia de saneamiento, salubridad y salud, ejercen las siguientes funciones: Regular y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiente”[60].

2.5.3. Decreto Supremo N°003 – 2017 - PCM Estándares nacionales de calidad ambiental del aire

[57]“El presente reglamento establece los estándares nacionales de calidad ambiental del aire”. Además, “indica los planes de acción para mejorar la calidad del aire con el fin de establecer las estrategias, políticas y medidas necesarias para alcanzar los estándares primarios de calidad del aire en un plazo determinado” [57], Tabla 3.

Tabla 3 Normas de calidad ambiental del aire, material particulado en el Perú [57]

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Criterio de evaluación	Método de análisis*
“Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})”	24 horas	100	“NE más de 7 veces al año”	“Separación inercial/filtración”
	Anual	50	“Media aritmética anual”	“(Gravimetría)”

* Valor de concentración en microgramos por metro cúbico. NE significa “No Exceder”.

III. RESULTADOS

3.1. “Estimar la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular en la calidad del aire en el distrito de Salas”

Parámetro muestreado: Material particulado menores de 10 Micras (PM10)

“Indicador para evaluar la cantidad de materia sólida o líquida suspendida en la atmósfera, menores a 10 micrómetros de diámetro, los cuales pueden penetrar a los pulmones”.

Climatología

[61] “La temperatura promedio se relaciona con dos períodos regularmente definidos durante el año”. [61] “El dato máximo tomado se tomó en el mes de enero 2023 con temperatura de 34,0°C, y el dato mínimo tomado en el mes de octubre 2022 con temperatura 19,0 °C”. “La tabla 4 muestra la humedad relativa. Basamos el nivel de comodidad de la humedad sobre la base del punto de rocío. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo”.

Tabla 4 Condiciones climatológicas en el distrito Salas en la ciudad de Ica. datos del SENAMHI, Punto PB-2

Factor Ambiental	Dia 10.10.2022		Dia 11.10.2022		Dia 30.01.2023		Dia 31.01.2023	
	Dato	Hora	Dato	Hora	Dato	Hora	Dato	Hora
Temperatura ambiental (°C)	30 °C	13:00	30 °C	13:15	34.0 °C	13:30	34.0 °C	13:30
Humedad relativa (%)	0 %	15:30	0 %	15:30	39 %	16:30	39 %	16:30
Velocidad del viento (Km/h)	15.9 Km/h	15:30	16 Km/h	15:30	16.4 Km/h	15:45	16.4 Km/h	15:45
Dirección del viento (%)	8 % (O)	12:00	9 % (O)	12:00	27 % (O)	12:00	28 % (O)	12:00
Radiación solar (kW)	0.90 kW	12:00	0.89 kW	11:45	0.82 kW	11:45	0.82 kW	11:45

1. Temperatura

La evaluación del comportamiento ambiental en el punto PB-2, a la altura de la municipalidad de Salas, la temperatura registrada el día 10.10.2022, fue de 30°C (13:00 horas) y el día 11.10.2022, fue 30°C (13:15 horas). Datos tomados en la estación in situ, Figura 6 y Figura 7.

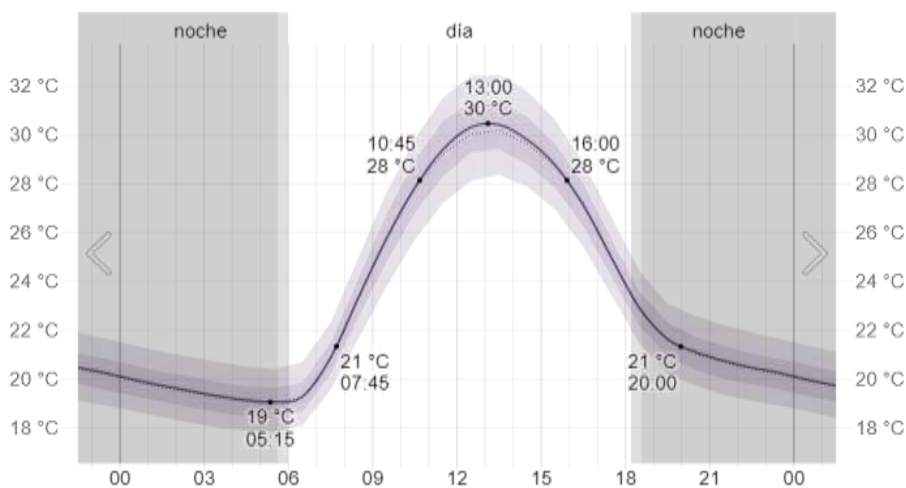


Figura 6 Temperatura ambiente día 10.10.2022, en el distrito de Salas

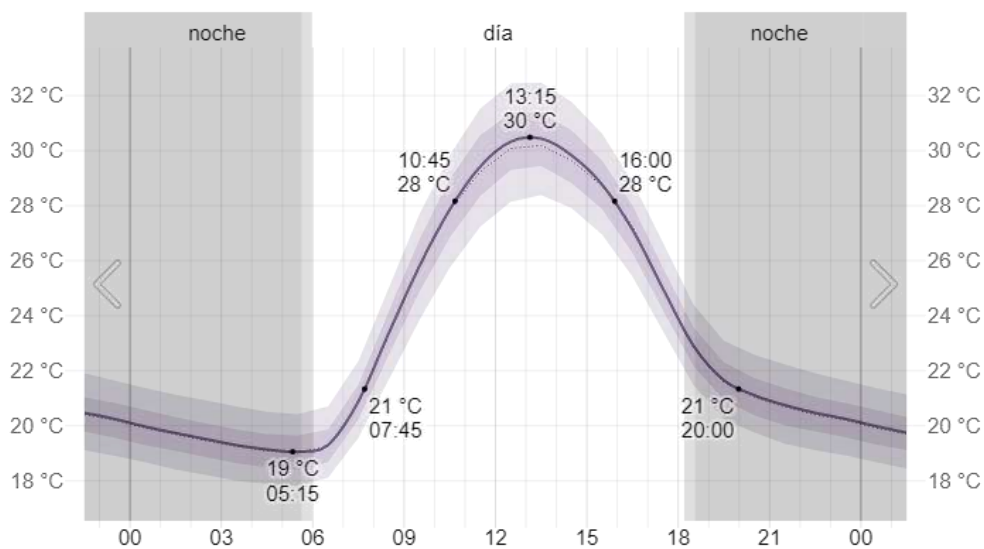


Figura 7 Temperatura ambiente día 11.10.2022, en el distrito de Salas

La evaluación del comportamiento ambiental en el punto PB-2, a la altura de la municipalidad de Salas, la temperatura registrada el día 10.10.2022, fue de

30°C (13:00 horas) y el día 11.10.2022, fue 30°C (13:15 horas). Datos tomados en la estación in situ, Figura 8 y Figura 9.

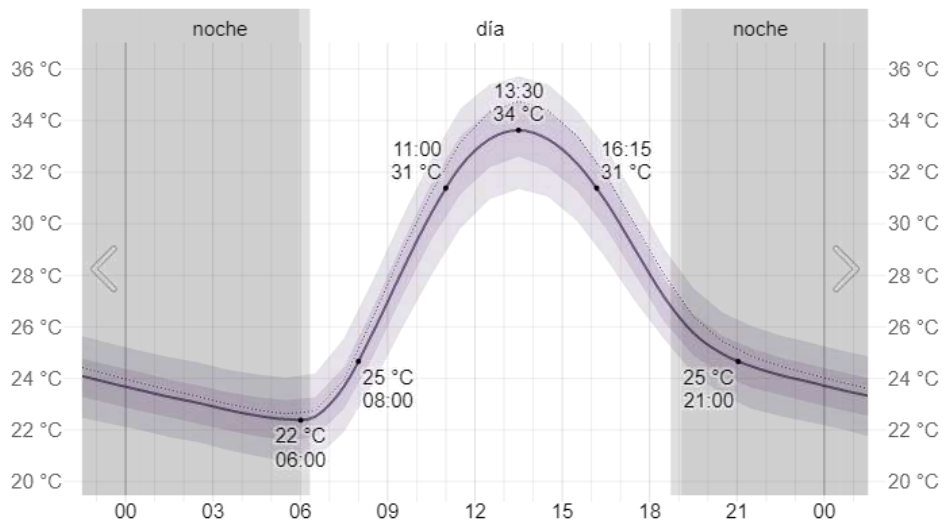


Figura 8 Temperatura ambiente día 30.01.2023, en el distrito de Salas

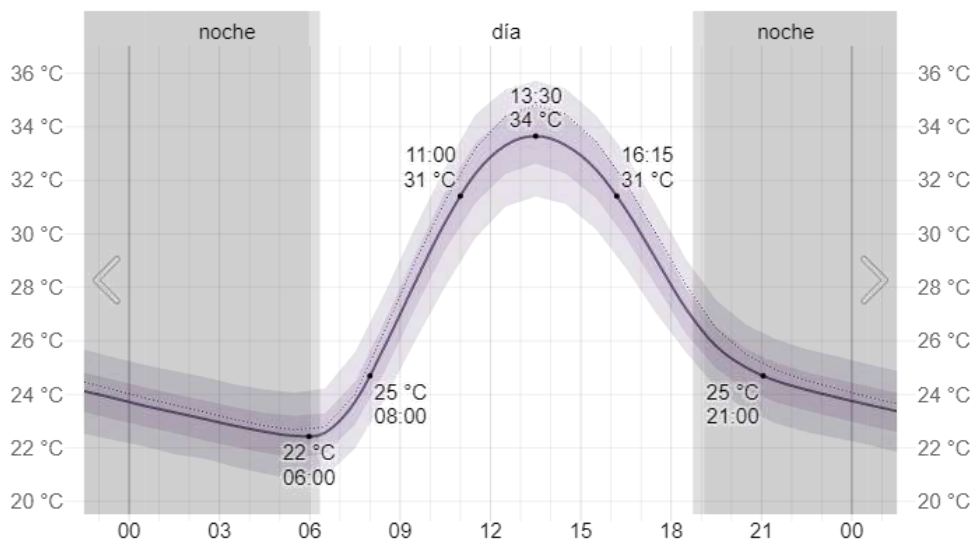


Figura 9 Temperatura ambiente día 31.01.2023, en el distrito de Salas

2. Humedad relativa

Se registró una humedad relativa en el punto PB-2, a la altura de la municipalidad de Salas, el día 10.10.2022, fue de 0 % (10:30 - 15:30 horas) y el día 11.10.2022, fue 30°C (10:30 - 15:30 horas). Datos tomados en la estación in situ, Figura 10 y Figura 11.

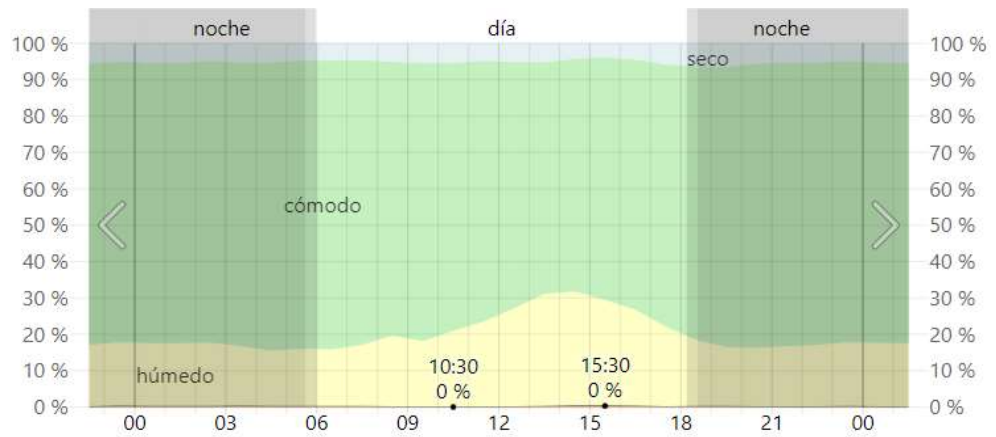


Figura 10 Niveles de comodidad de la humedad, día 10.10.2022, distrito de Salas

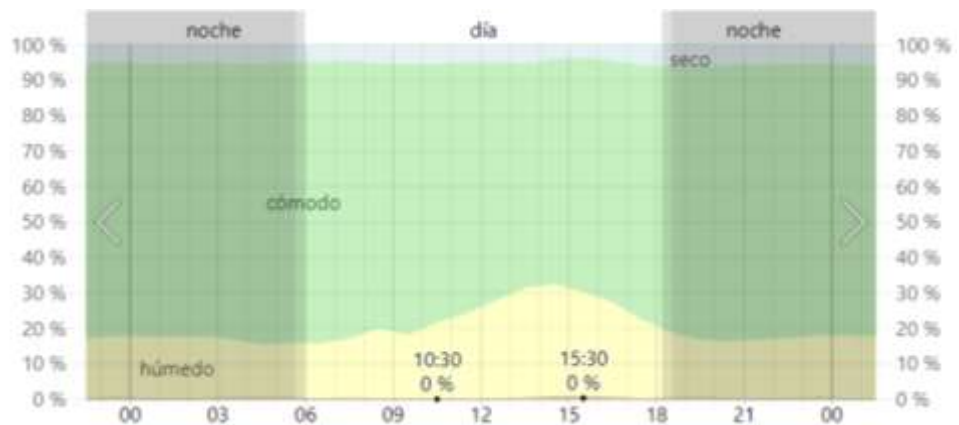


Figura 11 Niveles de comodidad de la humedad, día 10.10.2022, distrito de Salas

Se registró una humedad relativa en el punto PB-2, a la altura de la municipalidad de Salas, el día 30.01.2023, fue de 0 % (10:30 - 15:30 horas) y el día 31.01.2023, fue 30°C (13:15 horas). Datos tomados en la estación in situ, Figura 12 y Figura 13.

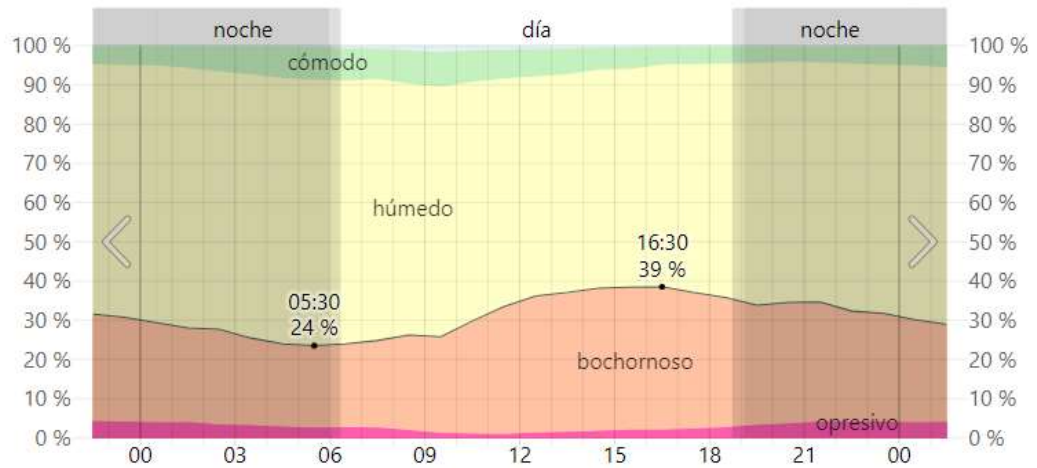


Figura 12 Niveles de comodidad de la humedad, día 30.01.2023, distrito de Salas

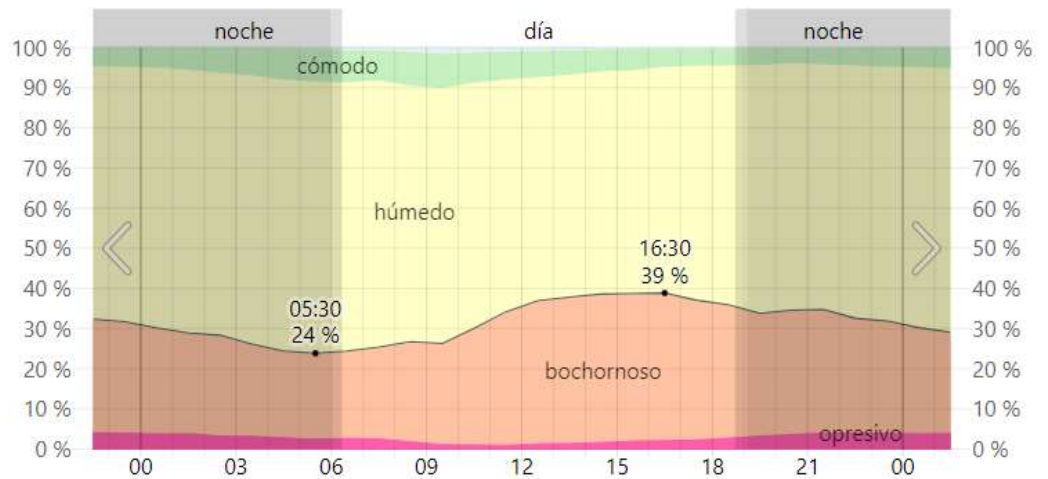


Figura 13 Niveles de comodidad de la humedad, día 31.01.2023, distrito de Salas

3. Viento

“Se trata sobre el vector de viento por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo para el día 10.10.2022 es de 15.9 Km/h equivalente a 4.42 m/s, para el día 11.11.2022 es de 16.0 Km/h equivalente a 4.44 m/s. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora”, Figura 14 y Figura 15.

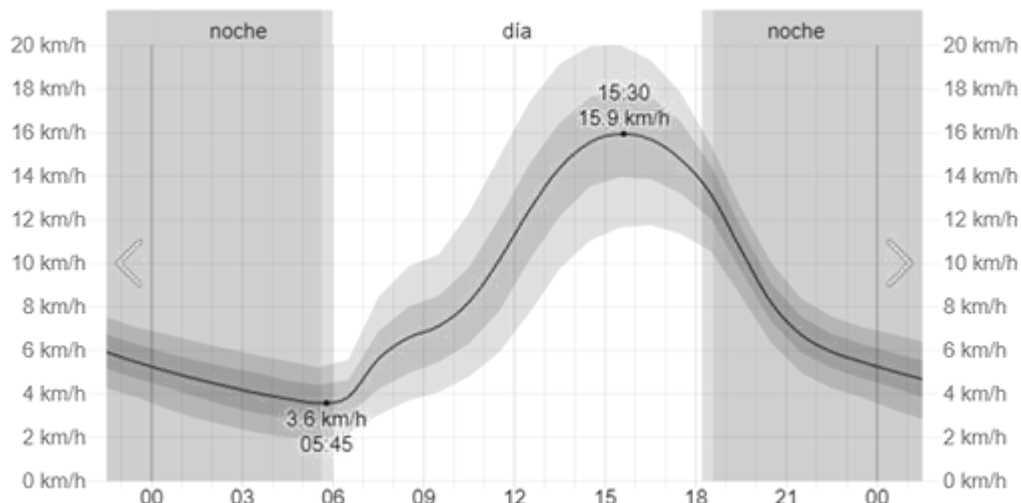


Figura 14 Velocidad del viento, día 10.10.2022, distrito de Salas

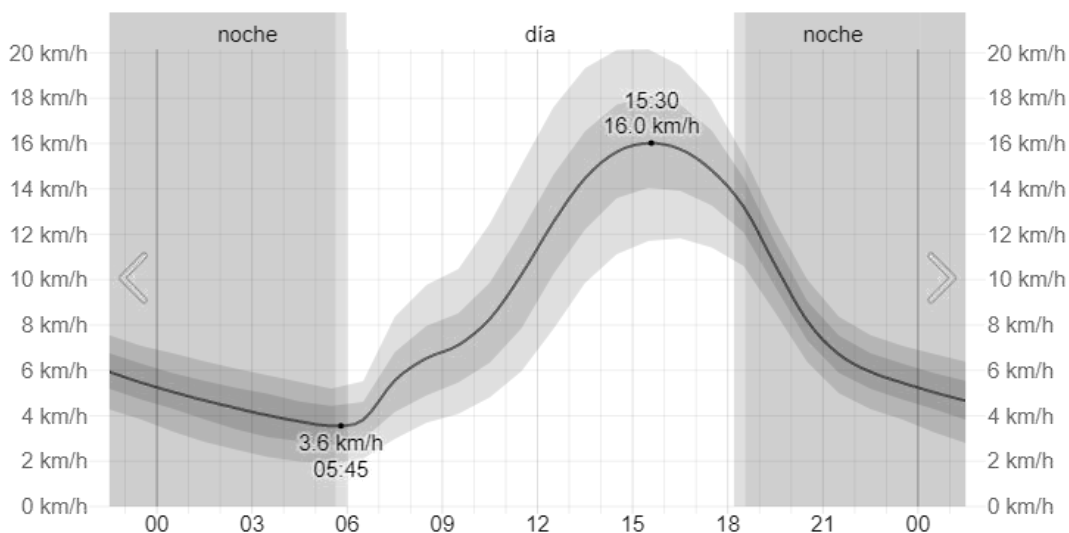


Figura 15 Velocidad del viento, día 11.10.2022, distrito de Salas

El vector de viento por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo para el día 30.01.2023 es de 16.4 Km/h equivalente a 4.6 m/s, para el día 31.01.2023 es de 16.4 Km/h equivalente a 4.6 m/s, Figura 16 y Figura 17.

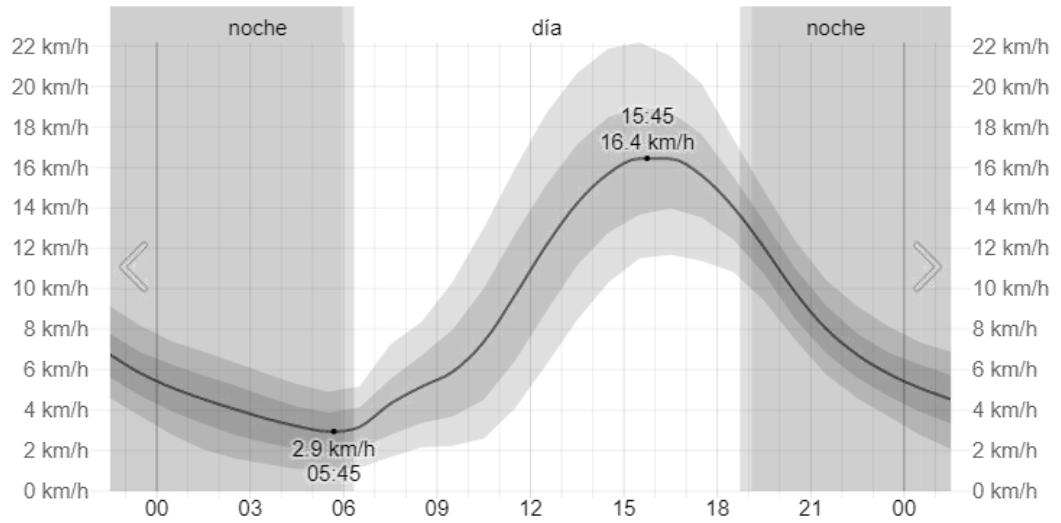


Figura 16 Velocidad del viento, día 30.01.2023, distrito de Salas

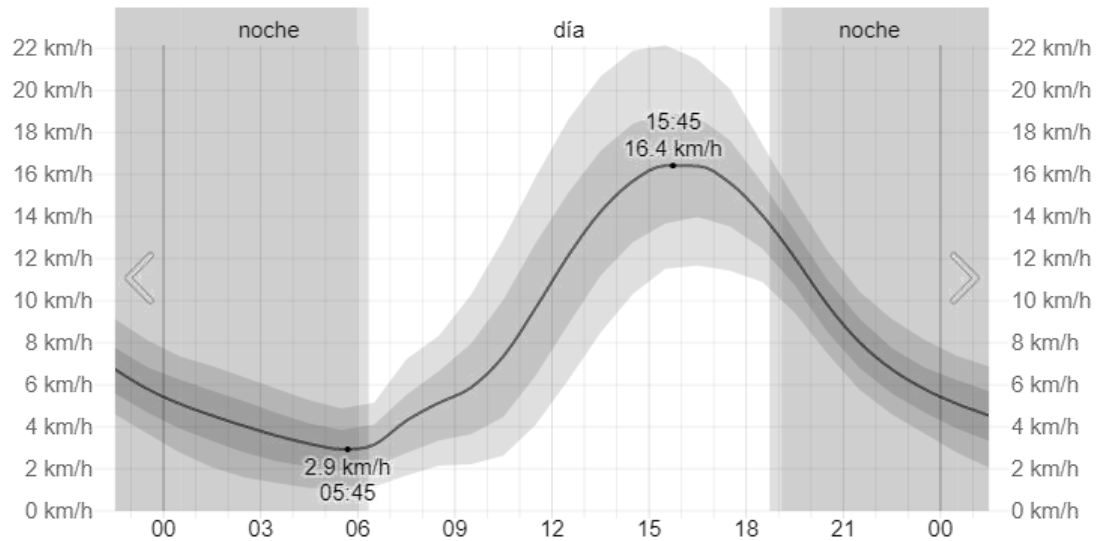


Figura 17 Velocidad del viento, día 31.01.2023, distrito de Salas

4. Dirección del viento

En la Figura 18: Durante el transcurso de todo el día 10.10.2022, en el distrito de Salas, la dirección promedio del viento por hora, en orden prevaeciente es del sur (80 %), este (11 %), oeste (8 %) y norte (0 %).

En la Figura 19: Durante el transcurso de todo el día 11.10.2022, en el distrito de Salas, la dirección promedio del viento por hora, en orden prevaeciente del sur (80 %), este (11 %), oeste (9 %) y norte (0 %)

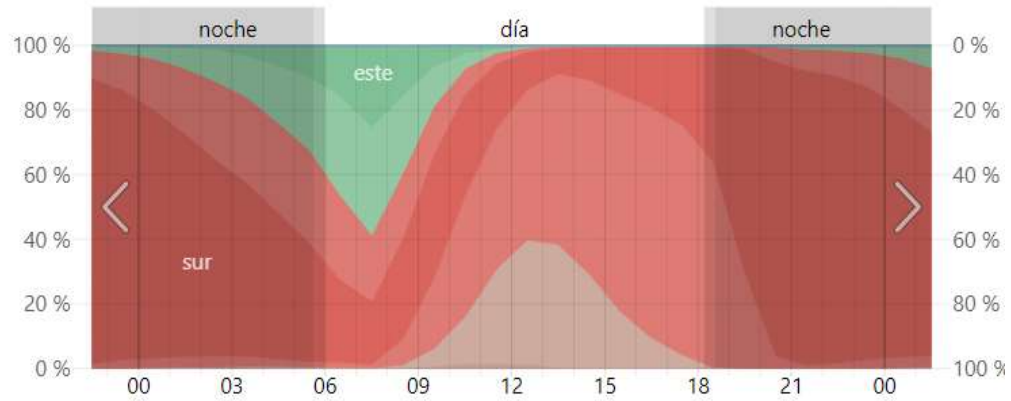


Figura 18 Dirección del viento, día 10.11.2022, distrito de Salas

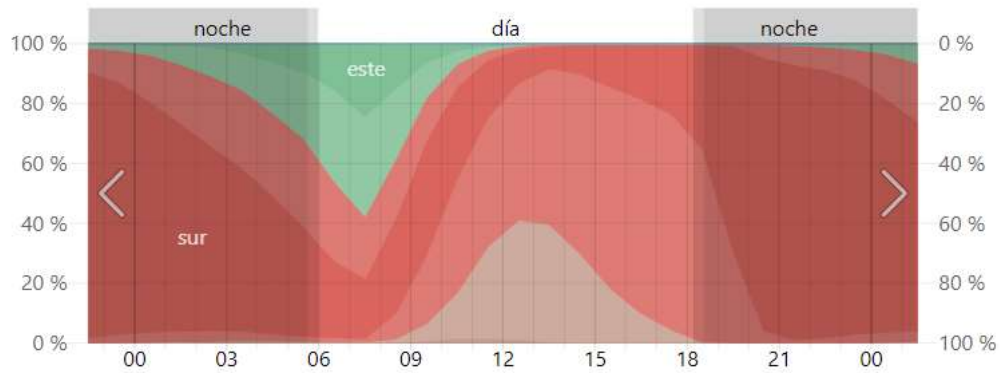


Figura 19 Dirección del viento, día 11.10.2022, distrito de Salas

En la Figura 20: Durante el transcurso de todo el día 30.01.2023, en el distrito de Salas, la dirección promedio del viento por hora, en orden prevaeciente es del sur (62 %), oeste (27 %), este (10 %) y norte (1 %)

En la Figura 21: Durante el transcurso de todo el día 31.01.2023, en el distrito de Salas, la dirección promedio del viento por hora, en orden prevaeciente es del sur (61 %), oeste (28 %), este (10 %) y norte (1 %)

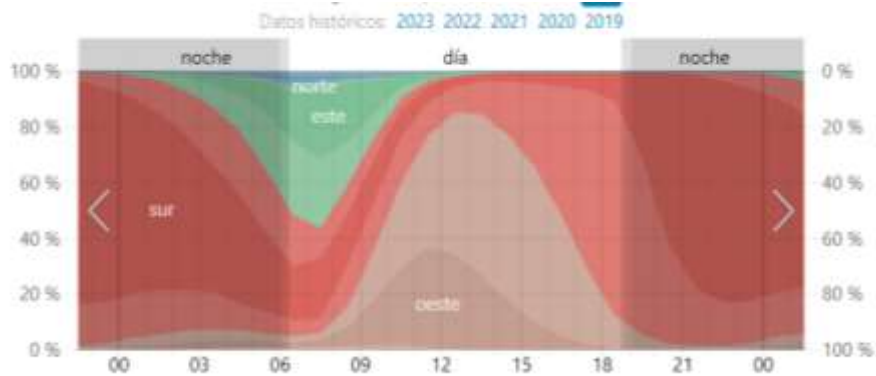


Figura 20 Dirección del viento, día 30.01.2023, distrito de Salas

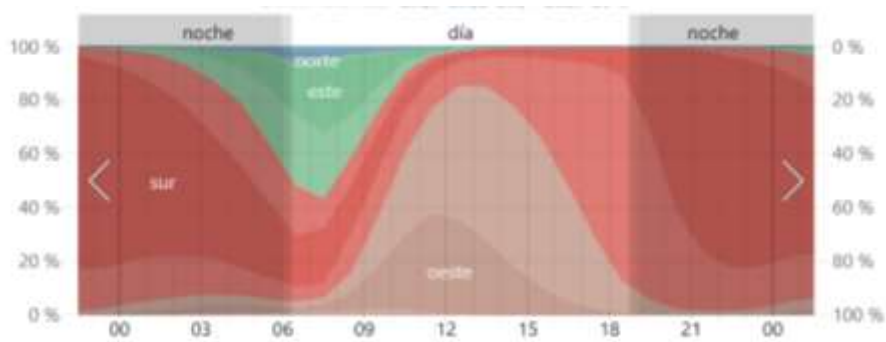


Figura 21 Dirección del viento, día 31.01.2023, distrito de Salas

5. Energía solar

La energía solar de onda corta incidente que llega a la superficie de la tierra en un área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta. En la Figura 22, día 10.10.2022 y Figura 23, día 11.10.2022, en la plaza del distrito de Salas.

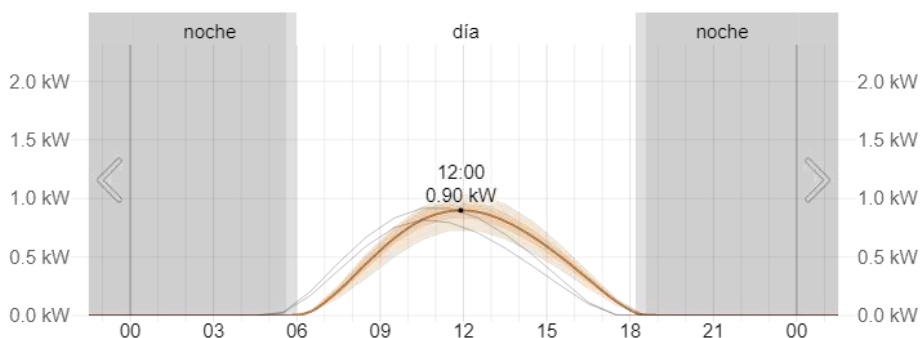


Figura 22 Energía solar de onda corta, día 10.10.2022, distrito de Salas

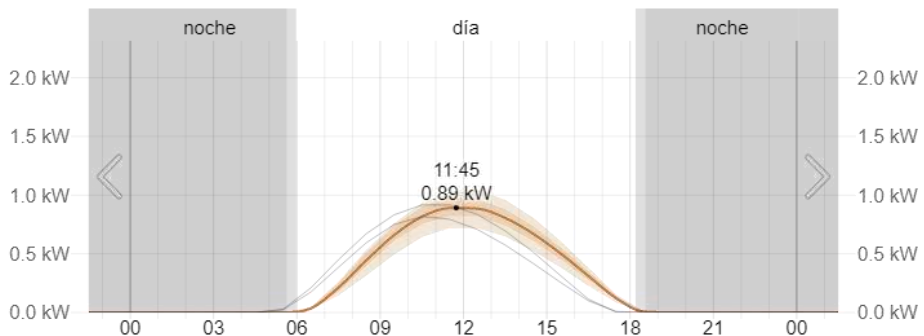


Figura 23 Energía solar de onda corta, día 11.10.2022, distrito de Salas

La energía solar de onda corta, Figura 24, día 30.01.2023 y Figura 25, día 31.01.2023, en la plaza del distrito de Salas.

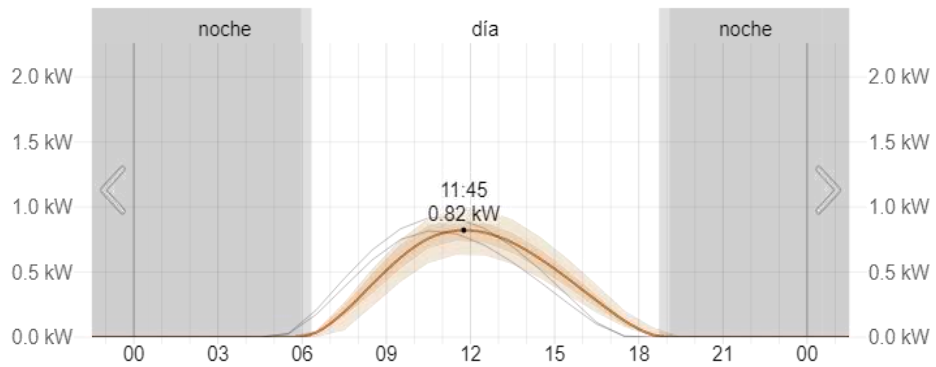


Figura 24 Energía solar de onda corta, día 30.01.2023, distrito de Salas

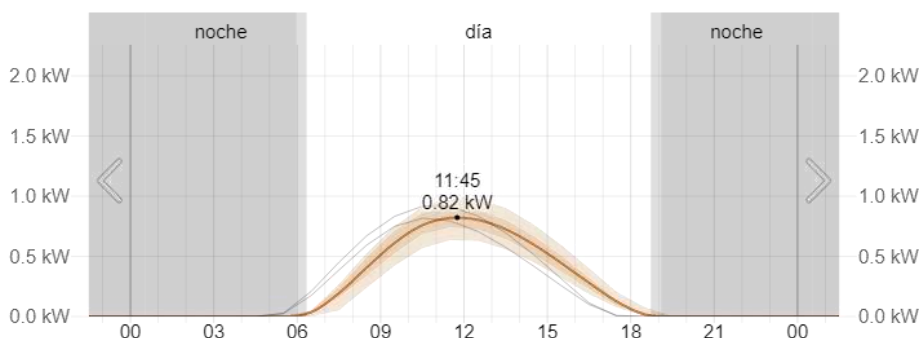


Figura 25 }Energía solar de onda corta, día 31.01.2023, distrito de Salas

Estación de Evaluación

Los puntos denominados (PB-01, PB-02 y PB-03) se “registró una concentración de material particulado PM10 inferior a la contemplada en la norma de calidad ambiental vigente, en comparación con los límites máximos permisibles del Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM” [56] en el que se “establecen las Normas Nacionales de Calidad Ambiental del Aire” [57], cuyo valor 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Resultados del monitoreo de la calidad del aire, Tabla 5.

Tabla 5 Resultado de las estaciones de muestreo de la calidad del aire, mes de octubre y mes de enero

Parámetros	Unidad	Fecha	Periodo	Resultados			ECA vigentes desde 2017 hasta la actualidad (D.S. N°003-2017-MINAM)
				PB-01	PB-02	PB-03	
Partículas de menos de 10 micras (PM10)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	9 al 10.10.2022	24 h	31.5	31.6	31.1	100
		30 al 31.01.2023		32.9	33.5	33.1	

3.2. Evaluar la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular y los estándares de la calidad ambiental del aire en el distrito de Salas.

En el muestreo en el mes de enero-2023, la concentración fue ligeramente mayor en los puntos PB-1, (32.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), PB-2 (33.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y PB-3 (33.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), que las estaciones de muestreo realizado en octubre-2022 en los puntos PB-1, (31.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), PB-2 (31.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y PB-3 (31.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sin embargo, los puntos PB-1, PB-2 y PB-3 tanto en el mes de octubre-2022 y el mes de enero-2023, “cumplen con la norma de calidad ambiental (NCA), siendo su concentración inferior a los límites máximos permisibles, que hacen referencia a los niveles máximos de material particulado establecidos por la norma y que no representa un riesgo significativo a la salud y el ambiente”[62].

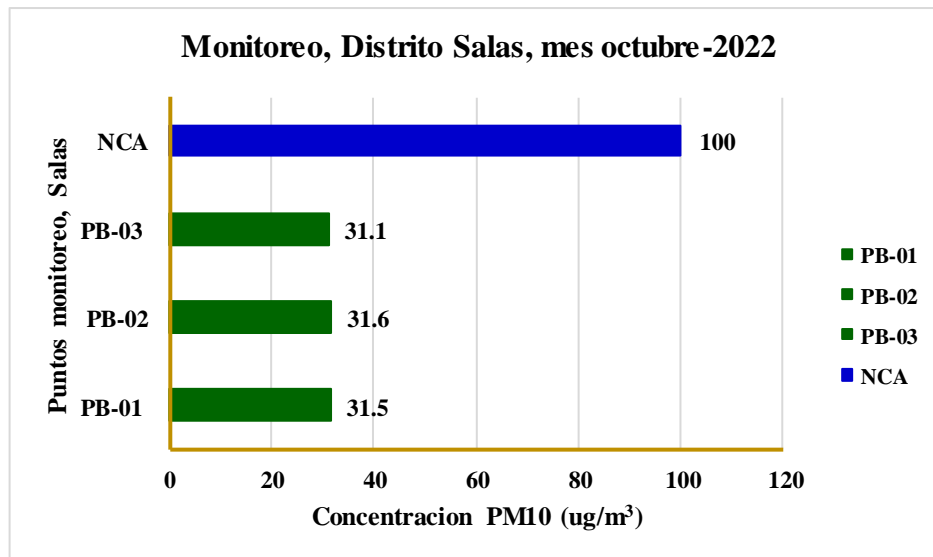


Figura 26 Monitoreo, distrito Salas, mes octubre-2022

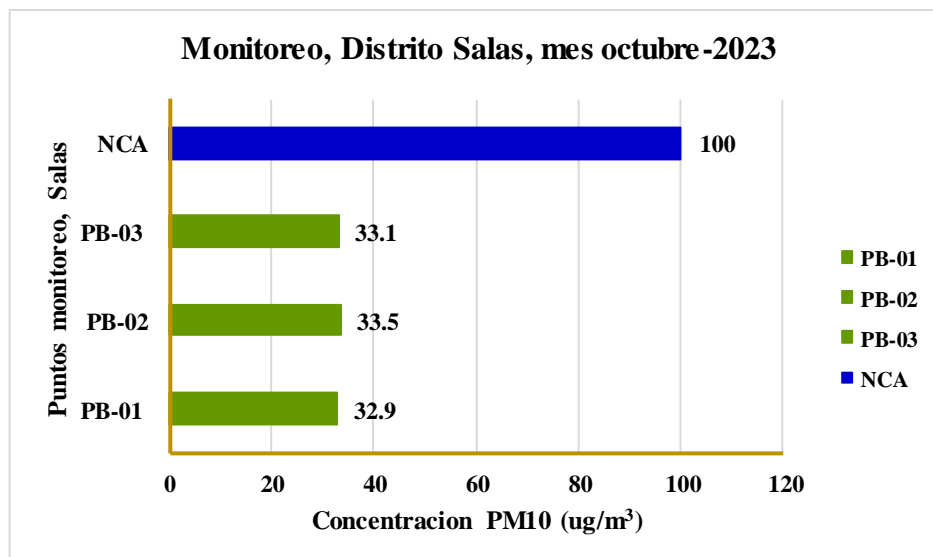


Figura 27 Monitoreo, distrito Salas, mes enero-2023

Prueba de Hipótesis

Se analizó la hipótesis específica 1 (HE1), sobre la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular mejora significativamente en los estándares de la calidad ambiental del aire en el distrito de Salas, Ica, para tal efecto se tomó en cuenta la prueba paramétrica de distribución de “t de Student (ANEXO 1), en correspondencia al “DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM.

H₀: “La concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular” NO mejora significativamente en “los estándares de la calidad ambiental del aire” en el distrito de Salas, Ica ($\mu > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

H_a: “La concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular” SI mejora significativamente en los” estándares de la calidad ambiental del aire” en el distrito de Salas, Ica, ($\mu < 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

1. Se planteo la hipótesis para los siguientes puntos del monitoreo: PB-1, PB-2 y PB-

H_a: $\mu \leq 100 \text{ mg/L}$ (El PM10 SI mejora significativamente en la calidad ambiental del aire, distrito de Salas)

H₀: $\mu > 100 \text{ mg/L}$ (El PM10 SI mejora significativamente en la calidad ambiental del aire, distrito de Salas)

Se considero el nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Se estimo el “estadístico de prueba” (Estadística Descriptiva)

Numero aleatorios	Columna 1	
33.5	Media	32.283333
33.1	Error típico	0.408588
32.9	Mediana	32.25
31.6	Desviación estándar	1.000832
31.5	“Varianza de la muestra”	1.001666
31.1	“Coeficiente de asimetría”	0.036940
	“Rango”	2.4
	“Mínimo”	31.1
	Máximo	33.5
	Suma	193.7
	Cuenta	6
	Nivel de confianza (95%)	1.050309

Se estableció la regla de decisión

$$\mu = 100$$

$\alpha =$	0.05
$n =$	6
$gl =$	5

Se resuelve el t-Student experimental

$$t_{\text{Experimental}} = -1.1433$$

La distribución del $t_{\text{Teórico}} = -2.0150$ (ANEXO 1: Distribución t de Student, $gl = 5$ y $\alpha = 0.05$)

Por lo tanto,

Si $t_{\text{Experimental}} (-5.1433) < t_{\text{Teórico}} (-2.0150)$ entonces se **RECHAZA H_0**

Ha: “La concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular” SI mejora significativamente en “los estándares de la calidad ambiental del aire” en el distrito de Salas, Ica, ($\mu < 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

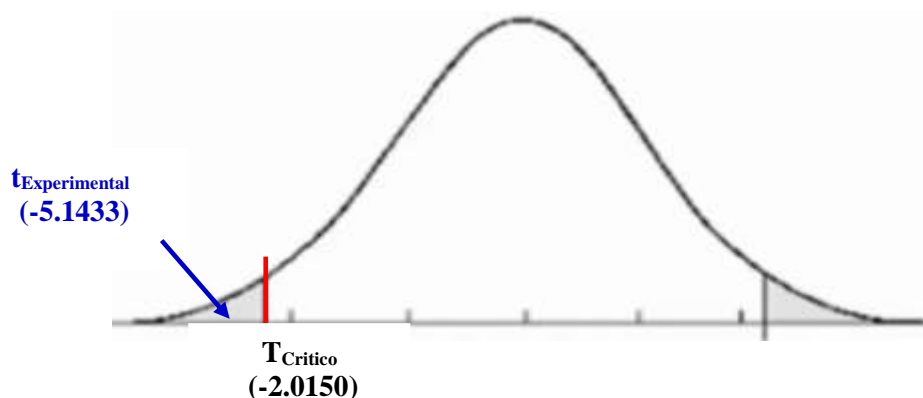


Figura 28 Distribución de t-Student para el monitoreo del PM10, distrito Salas

Se afirma, que:

“Se **ACEPTA** la hipótesis alterna”, y se puede aseverar que el material particulado PM10, se llevó a cabo con el equipo HYBOL por 24 horas y se mostró en la Tabla 5, los resultado del muestreo de octubre-2022 y enero 2023, con una significancia del 0.05, se consideró gl de 5, y un $t_{\text{Experimental}}$ de (-5.1433), quiere decir que “la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular” SI mejora significativamente con los estándares de la calidad ambiental del aire en el distrito de Salas, Ica. Por lo que se estima que los resultados de las estaciones de monitoreo en los tres puntos de muestro con dos repeticiones se

evaluo que se encuentra dentro de la norma del “Decreto Supremo N°003-2017-MINAM”.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Discusión sobre la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular en la calidad del aire en el distrito de Salas

En la estación de muestreo que se realizó en el mes de octubre-2022 con tres puntos PB-1, PB-2 y PB-3 fue ligeramente menor en un promedio de ($31.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a la estación de muestreo que se llevó a cabo en enero-2023 con tres puntos PB-1, PB-2 y PB-3 con ($33.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sin embargo, ambas estaciones de muestreo octubre-2022 y enero-2023 cumplen con la norma de calidad ambiental (NCA), ya que su concentración es inferior los límites máximos permisibles, que hacen referencia a los niveles máximos de material particulado establecidos por la norma y que no representa un riesgo significativo a la salud y el ambiente. [57].

La concentración de material particulado en el aire en el área de tránsito vehicular puede tener un impacto significativo en la calidad del aire. El material particulado se refiere a pequeñas partículas sólidas o líquidas en el aire que pueden ser inhaladas por las personas y pueden causar problemas de salud.

En el caso del distrito de Salas, se realizó una estación de muestreo en dos momentos diferentes: en octubre de 2022 y en enero de 2023. Los datos recopilados en la estación de muestreo en octubre de 2022 mostraron que la concentración de material particulado fue ligeramente menor en un promedio de $31.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en comparación con la estación de muestreo en enero de 2023, que registró una concentración promedio de $33.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Estos resultados sugieren que la calidad del aire en el área de tránsito vehicular puede estar empeorando con el tiempo, ya que la concentración de material particulado ha aumentado entre octubre de 2022 y enero de 2023. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos datos solo representan dos momentos específicos en el tiempo y no pueden ser utilizados para hacer generalizaciones a largo plazo.

4.2. Discusión sobre la evaluación de la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular y los estándares de la calidad ambiental del aire en el distrito de Salas

El objetivo fue evaluar que el muestreo del material particulado PM10 se realizó en la carretera de la panamericana sur en el distrito de Salas en los puntos indicados o estaciones de muestreo como PB-1, PB-2 y PB-3, con dos repeticiones una se llevó a cabo en el mes octubre-2022 y el otro se realizó en el mes enero-2023 y producto del muestreo en campo se verificó la calidad ambiental del aire, en las estaciones seleccionadas, según la Tabla 1 sobre el número de estaciones de muestreo de la calidad del aire para la población urbana del distrito de Salas que está por debajo del millón de personas, recomienda dos (02) estaciones, pero con fines de investigación se consideró tres (03) estaciones. Además, se evaluó la significancia de la muestra del material particulado donde se empleó el estadístico de prueba de t-student y en ella se obtuvo un $t_{\text{Experimental}}$ (-5.1433) por lo que se aceptó la hipótesis alterna y se encontraron dentro de la norma del Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. Los resultados obtenidos de la concentración de material particulado PM10 concuerda con la investigación de **Prieto** [40] sobre las estaciones de monitoreo utilizadas en su evaluación no superó el estándar peruano de calidad ambiental de aire, por el contrario se encontró por debajo de lo establecido.

De tal manera se puede decir que se evaluó la concentración de material particulado PM10 en tres estaciones de muestreo en el distrito de Salas y que se realizaron dos repeticiones en diferentes meses. Además, se consideró el valor del estadístico de prueba de t-student (-5.1433) como significativo y que los resultados están dentro de la norma establecida por el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. También los resultados obtenidos indican que la concentración de material particulado PM10 en el distrito de Salas está por debajo del límite establecido por la norma peruana de calidad ambiental de aire. Esto es una buena noticia, ya que el material particulado PM10 puede ser perjudicial para la salud humana y para el medio ambiente. Luego al comparar los resultados obtenidos con los de otros estudios realizados en el distrito de Salas o en zonas similares,

para determinar si los resultados obtenidos son consistentes con los hallazgos previos. En este caso, se mencionó que los resultados concuerdan con la investigación de Prieto [40], quien también encontró que la concentración de material particulado PM10 estaba dentro de los límites aceptables.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que se puede obtener de los datos proporcionados es que la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular en el distrito de Salas ha aumentado entre octubre de 2022 y enero de 2023. Sin embargo, estos resultados son solo una instantánea en el tiempo y no pueden ser utilizados para hacer generalizaciones a largo plazo. Es importante tener en cuenta que la calidad del aire en una determinada área puede verse afectada por una variedad de factores, por lo que se requiere de estudios más detallados y a largo plazo para determinar la verdadera causa y el impacto de la concentración de material particulado en la calidad del aire en el distrito de Salas

Se concluye que los resultados obtenidos indican que la concentración de material particulado PM10 en el distrito de Salas está dentro de los límites establecidos por la norma peruana de calidad ambiental de aire, lo que sugiere que el aire en el distrito es relativamente limpio y seguro para la salud humana. Sin embargo, se debe seguir monitoreando la calidad del aire en el distrito y tomar medidas para mejorarla si se detectan cambios negativos en el futuro. Es importante seguir monitoreando la calidad del aire en el distrito de Salas y tomar medidas para mejorarla si se detectan cambios negativos en el futuro. Además, se deben considerar las limitaciones del estudio, como el número limitado de estaciones de muestreo, para evitar una interpretación errónea de los resultados. Por lo tanto, el estudio destaca la importancia de monitorear y mejorar la calidad del aire en el distrito de Salas, y proporciona evidencia de que la concentración de material particulado PM10 se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma peruana de calidad ambiental de aire.

VI. RECOMENDACIONES

La recomendación para abordar el aumento de la concentración de material particulado en el área de tránsito vehicular en el distrito de Salas es importante incluir:

- ✓ Promover el uso de medios de transporte alternativos: Una forma de reducir la cantidad de emisiones de vehículos en el área de tránsito vehicular es promover el uso de medios de transporte alternativos, como bicicletas, transporte público, caminar, entre otros.
- ✓ Fomentar el uso de vehículos eléctricos: Los vehículos eléctricos no emiten gases de escape, lo que podría ayudar a reducir la cantidad de material particulado en el aire.
- ✓ Implementar medidas de control de emisiones: Las medidas de control de emisiones, como inspecciones regulares de vehículos, el uso de combustibles menos contaminantes, y la implementación de estándares de emisiones más estrictos, podrían ayudar a reducir la cantidad de emisiones de los vehículos.
- ✓ Mejorar la infraestructura de transporte: Mejorar la infraestructura de transporte, como la construcción de carriles exclusivos para bicicletas y autobuses, y el mejoramiento del transporte público, podría fomentar el uso de medios de transporte alternativos y reducir la cantidad de vehículos en las carreteras.
- ✓ Fomentar la conciencia y educación sobre la calidad del aire: La educación y la conciencia sobre la calidad del aire podría ayudar a la población a comprender los riesgos asociados con la contaminación del aire y fomentar comportamientos que ayuden a reducir la cantidad de emisiones de los vehículos.

La recomendación del estudio sugiere que, para futuros estudios de calidad del aire en el distrito de Salas, se deben considerar más estaciones de muestreo para obtener una representación más precisa de la calidad del aire en el área. Además, se recomienda que se continúe monitoreando la calidad del aire de manera regular para detectar cualquier cambio en los niveles de contaminación y tomar medidas preventivas oportunamente. También se recomienda que se realicen campañas de sensibilización y educación sobre la importancia de la calidad del aire y las medidas que pueden tomar los ciudadanos para contribuir a mejorarla, como reducir el uso de vehículos motorizados, promover el

uso de transporte público, y reducir la quema de residuos sólidos. En general, las recomendaciones del estudio buscan mejorar la calidad del aire en el distrito de Salas a largo plazo y crear conciencia en la población sobre la importancia de la calidad del aire y su impacto en la salud y el medio ambiente.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. J. Chavez-Cruzado y J. F. Huaman-Arevalo, «Propuesta para implementar un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional en el proyecto minero Huayropongo San Bernardino-Cajamarca 2015», 2015.
- [2] OMS, «Organización Mundial de la Salud- OMS». p. 65 pp, 2006, [En línea]. Disponible en: <http://www.paho.org/spanish/d/csu/ECPCOL-2006.pdf>.
- [3] Z. Qian *et al.*, «Ambient Air Pollution and Adverse Pregnancy Outcomes in Wuhan, China.», 2016.
- [4] T. T. Win-Shwe, C. Kyi-Tha-Thu, Y. Moe, Y. Fujitani, S. Tsukahara, y S. Hirano, «Exposure of BALB/c mice to diesel engine exhaust origin secondary organic aerosol (DE-SOA) during the developmental stages impairs the social behavior in adult life of the males», *Frente Neurosci*, vol. 9, 2016, doi: 10.3389/fnins.2015.00524.
- [5] N. C. Nway, Y. Fujitani, S. Hirano, O. Mar, y T. T. Win-Shwe, «Role of TLR4 in olfactory-based spatial learning activity of neonatal mice after developmental exposure to diesel exhaust origin secondary organic aerosol», *Neurotoxicology*, vol. 63, pp. 155-165, 2017, doi: 10.1016/j.neuro.2017.10.001.
- [6] UNESCO, «El agua en un mundo en constante cambio. El 3er Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo», 2016.
- [7] J. T. Houghton *et al.*, *Climate change: the scientific basis*, First Edit. Cambridge, EEUU: PUBLISHED BY THE PRESS SYNDICATE OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE The Pitt Building, Trumpington Street, Cambridge, United Kingdom, 2001.
- [8] A. Sharma, A. Saxena, M. Sethi, V. Shree, y Varun., «Life cycle assessment of buildings: a review», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, n.º 1, pp. 871-875 pag., 2011.
- [9] S. Salomon *et al.*, *Cambio Climático 2007. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*,

- vol. 59, n.º 8. New York-USA: Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. University Press Cambridge, 2007.
- [10] DOP, *The Republic of the Union of Myanmar, 2014 Myanmar Population and Housing Census, The Union Report*. Myanmar-Yangon-China: Minister for Immigration and Population Republic of the Union of Myanmar, 2015.
- [11] PSRS, «Present Situation of Road Safety in Myanmar Experts Group Meeting for Road Safety Improvement». Myanmar-Yangon-China, p. 31 pag., 2013, [En línea]. Disponible en:
<https://www.unescap.org/sites/default/files/2.16.Myanmar.pdf>.
- [12] RTAD, «Registered Vehicels in Myanmar. Road Transportation Adminstration Department», Myanmar-Yangon-China, 2018.
- [13] W. Y. Aung *et al.*, «Preliminary assessment of outdoor and indoor air quality in Yangon city, Myanmar», *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 10, n.º 3, pp. 722-730, 2019, doi: 10.1016/j.apr.2018.11.011.
- [14] G. Tang *et al.*, «Mixing layer height and its implications for air pollution over Beijing, China», *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 16, pp. 2459-2475 pag, 2016.
- [15] H. Guo *et al.*, «Source contributions and potential reductions to health effects of particulate matter in India», *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 18, n.º 20, pp. 15219–15229 pag., 2018, [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/acp-18-15219-2018>.
- [16] J. Lelieveld, J. S. Evans, M. Fnais, D. Giannadaki, y A. Pozzer, «La contribución de las fuentes de contaminación del aire exterior a la mortalidad prematura a escala mundial», *Nature*, vol. 525, pp. 367-371 pag., 2015, doi: 10.1038 / nature15371.
- [17] IEO, «US Energy Information Administration, International Energy Outlook 2017 Overview», en *International Energy Outlook*, [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2017).pdf), 2017, p. 76 pag.
- [18] D. Moscoso Vanegas, A. Astudillo Alemán, y M. C. Morales Pérez, «Inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas de combustión del parque industrial del cantón cuenca-ecuador», *Cent. Azúcar*, vol. 45, n.º 2, pp. 33-45,

- 2018, [En línea]. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- [19] A. A. Tyovenda, T. J. Ayua, y T. Sombo, «Modeling of gaseous pollutants (CO and NO₂) emission from an industrial stack in Kano city, northwestern Nigeria», *Atmos. Environ.*, vol. 253, n.º 2, p. 118356, 2021, doi: 10.1016/j.atmosenv.2021.118356.
- [20] M. Vuille, *Climate Change and Water Resources in the Tropical Andes, Technical note No. IDB-TN-515*, vol. IDB-TN-515. Inter-American Development Bank, 2013, p. 29.
- [21] S. Warren y W. Wiscombe, «A model for the spectral albedo of snow. II: snow containing atmospheric aerosols», *Journal of Atmospheric Science*, vol. 37. pp. 2734-2745, 1980, [En línea]. Disponible en:
<https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0469%281980%29037%3C2734%3AAMFTSA%3E2.0.CO%3B2>.
- [22] S. G. Warren, «Impurities in snow: effects on albedo and snowmelt.», *Ann. Glaciol.*, vol. 5, pp. 177-179, 1984, doi: 10.3189/1984aog5-1-177-179.
- [23] M. B. Dyurgerov y M. F. Meier, *Glaciares y el sistema de la Tierra cambiante: una instantánea de 2004*. Artículos Ocasionales, 2005.
- [24] M. G. Flanner, C. S. Zender, J. T. Randerson, y P. J. Rasch, «Present-day climate forcing and response from black carbon in snow», *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 112, n.º 11, pp. 1-17, 2007, doi: 10.1029/2006JD008003.
- [25] A. A. Bustillos Ortis, «Simulación de la dispersión de contaminantes en el aire de la ciudad de Ambato emitidos por fuentes fijas y por la actividad del volcán Tungurahua, mediante la utilización de los softwares ambientales especializados dispersion 5.2 y screen view», Universidad Técnica de Ambato, 2011.
- [26] J. E. Mauricio Melendez y L. J. Murga Valdez, «Empleo de un modelo gaussiano para estimar las concentraciones máximas a nivel del suelo de CO, NO_x, PM₁₀ y SO₂ emitidas por las chimeneas de los calderos 17 y 20 de la empresa Cartavio S.A.A. – 2014», n.º X, p. 122, 2015, [En línea]. Disponible en:

https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3267/MauricioMelendez_J - MurgaValdez_L.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- [27] P. Córdova-Mendoza, T. Barrios-Mendoza, y I. Córdova-Barrios, «Primera caracterización de emisiones contaminantes y la calidad del aire en Ica, Perú», *Rev. Cuba. Quim.*, vol. 33, n.º 1, pp. 138-152, 2021, [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/5171-Texto del artículo-16226-2-10-20210415.pdf>.
- [28] J. Cabrera Fernández, «Aplicación de un modelo de dispersión atmosférica», Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2012.
- [29] A. Depaz, «“Modelamiento de dispersión de material particulado mediante la Aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la zona vulnerable del sector industrial de Puente Piedra 2017”», Universidad César Vallejo, 2017.
- [30] K. H. Kim, E. Kabir, y S. Kabir, «A review on the human health impact of airborne particulate matter», *Environ. Int.*, vol. 74, pp. 136-143, 2015, doi: 10.1016/j.envint.2014.10.005.
- [31] W. Huang, E. Long, J. Wang, R. Huang, y L. Ma, «Characterizing spatial distribution and temporal variation of PM10 and PM2.5 mass concentrations in an urban area of Southwest China», *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 6, n.º 5, pp. 842-848, 2015, doi: 10.5094/APR.2015.093.
- [32] E. Van De Beek *et al.*, «Spatial and Spatiotemporal Variability of Regional Background Ultrafine Particle Concentrations in the Netherlands», *Environ. Sci. Technol.*, vol. 55, n.º 2, pp. 1067-1075, 2021, doi: 10.1021/acs.est.0c06806.
- [33] K. Juda-Rezler, M. Reizer, y J. P. Oudinet, «Determination and analysis of PM10 source apportionment during episodes of air pollution in Central Eastern European urban areas: The case of wintertime 2006», *Atmos. Environ.*, vol. 45, n.º 36, pp. 6557-6566, 2011, doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.08.020.
- [34] S. Brusca, F. Famoso, R. Lanzafame, A. Marino Cugno Garrano, y P. Monforte, «Experimental analysis of a plume dispersion around obstacles», *Energy Procedia*, vol. 82, pp. 695-701, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.794.
- [35] G. Balakrishnaiah *et al.*, «Characterization of PM, PM10 and PM2.5 mass

- concentrations at a tropical semiarid station in Anantapur, India», *Indian J. Radio Sp. Phys.*, vol. 40, n.º 2, pp. 95-104, 2011.
- [36] Á. Leelőssy, F. Molnár, F. Izsák, Á. Havasi, I. Lagzi, y R. Mészáros, «Dispersion modeling of air pollutants in the atmosphere: a review», *Cent. Eur. J. Geosci.*, vol. 6, n.º 3, pp. 257-278, 2014, doi: 10.2478/s13533-012-0188-6.
- [37] B. Onat, C. Bayat, y U. Sahin, «PM10 dispersion modeling: Urban case study from Turkey», *Fresenius Environ. Bull.*, vol. 13, n.º 9, pp. 889-894, 2004.
- [38] C. Gariazzo, V. Papaleo, A. Pelliccioni, G. Calori, P. Radice, y G. Tinarelli, «Application of a Lagrangian particle model to assess the impact of harbour, industrial and urban activities on air quality in the Taranto area, Italy», *Atmos. Environ.*, vol. 41, n.º 30, pp. 6432-6444, 2007, doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.06.005.
- [39] E. F. Arellano Gamarra, «Nivel de Contaminacion Atmosferica por Material Particulado (PM0) y su composicion Metalica en el Area Urbana del distrito de Cusco», Universidad Nacional San Agustin de Arequipa, 2019.
- [40] O. Prieto, «Caracterización de Material Particulado, Plomo y Arsenico Para la Evaluación de la Calidad del Aire en el Distrito de Islay- Matarani», Escuela Profesional de Ingenieria Ambiental. Facultad de Ingenieria de Procesos. Universidad Nacional de San Agustin, 2016.
- [41] A. Cortes y I. Ridley, «Efectos de la Combustión a Leña en la Calidad del Aire Intradomiciliario . La ciudad de Temuco Como Caso de Estudio Introducción», *Revista Invi*, vol. 28, n.º 78, pp. 257-271 pag., 2013, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582013000200008>.
- [42] R. Alvarado, «Evaluacion de la calidad del aire por la emision de material particulado en las piladoras Rey Leon S.A.C. y Santa Clara, Cacatachi, 2018», 2019.
- [43] MINAM, «Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014», *Informe Nacional De La Calidad Del Aire*. p. 52, 2014, [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2635-informe-nacional-de-la-calidad-del-aire-2013-2014%0Ahttp://www.minam.gob.pe/wp->

- content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf.
- [44] Real Decreto No 1428, «Tránsito vehicular», *Wikipwdia*, 2003.
https://es.wikipedia.org/wiki/Tránsito_vehicular.
- [45] J. R. Garcia-Colin Scherer Leopoldo, Varela Ham, *Contaminacion Atmosferica V*, Primera Ed. Mexico: IV Simposio de Contaminacion Atmosferica, 2006.
- [46] M. E. Vara Licon, «Universidad Nacional De San Agustin De Arequipa Dedicatoria »:, Universidad Nacional San Agustin de Arequipa, 2016.
- [47] L. del S. N. de E. de I. Ambiental, «Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental – Ley N° 27446. Artículo 3.» p. 8 pp., 2001.
- [48] J. D. Asencio Pacho y L. N. Vega Gavilan, «Análisis de dispersión de contaminantes utilizando el Modelo Gaussiano en chimeneas», Universidad Peruana Leon, 2020.
- [49] C. Gonzales y E. Jimenez, «Contaminación Ambiental: Partículas PM 10 y PM 2,5 y Efectos en la Salud», pp. 33-38, 2020, [En línea]. Disponible en:
<http://revistas.uigv.edu.pe/index.php/exegesis/article/view/673/587>.
- [50] A. Sharma, A. Saxena, M. Sethi, V. Shree, y Varun, «Life cycle assessment of buildings: A review», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, n.º 1, pp. 871-875, 2011, doi: 10.1016/j.rser.2010.09.008.
- [51] J. Supo, *Cómo escribir una tesis: Redacción del informe final de tesis*, Primera Ed. Lima - Perú: BIOESTADISTICO EIRL, 2015.
- [52] D.S. N°074-2001-PCM, «Decreto Supremo N ° 074-2001-PCM: Reglamento De Estandares Nacionales De Calidad Ambiental del AIRE», *Norma Ambiente*. Presidente de la Republica, Lima, Peru, pp. 1-16, 2001, [En línea]. Disponible en:
<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DS-074-2001-PCM.pdf>.
- [53] J. E. Davila Cordova *et al.*, «Association of PM2.5 concentration with health center outpatient visits for respiratory diseases of children under 5 years old in Lima, Peru», *Environ. Heal. A Glob. Access Sci. Source*, vol. 19, n.º 1, pp. 1-6, 2020, doi: 10.1186/s12940-020-0564-5.
- [54] C. Araujo Sanchez, «Costos Externos de la Contaminacion del Aire en la Ciudad

- de Cajamarca», *Esc. Posgrado*, p. 140 pga., 2016, [En línea]. Disponible en: [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1361/COSTOS EXTERNOS DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL DEL AIRE EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA .pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1361/COSTOS_EXTERNOS_DE_LA_CONTAMINACION_AMBIENTAL_DEL_AIRE_EN_LA_CIUADAD_DE_CAJAMARCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [55] N. 28611 Ley General del Ambiente, *LEY N° 28611. Ley General del Ambiente*. 2005, p. 45 Pag.
- [56] DS_N°003-2008-MINAM, «Aprueban Estnadares de Calidad Ambiental Para Aire. Decreto Supremo N°003-2008-MINAM», *Diario Oficial El Peruano*. p. 4 Pag., 2008.
- [57] D.S._N°003-2017-MINAM, «Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM», *Norma Legal*. Diario el Peruano, Lima - Perú, p. 4, 2017, [En línea]. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf.
- [58] M. de Salud., «Decreto Supremo N°031-2010. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.» Publicado en El Diario oficial en peruano, del 26 de setiembre de 2010.Perú, Lima-Perú, 2010.
- [59] L. G. del Ambiente, «Ley General del Ambiente - Ley N° 28611. Artículo 67. Artículo 119, Inciso 119.1», *Peruano*. p. 168 pp., 2005, [En línea]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>.
- [60] L. O. de Municipalidades, «Ley N° 27972 ley Orgánica del Municipalidades. Artículo 80. Punto 1. Inciso 1.1.», *Peruano*, 2007. file:///D:/Tesis_Pedro Berrocal/Tesis13_Bellido-Yauricasa/Tesis Evaluacion del Relleno Sanitario/27972.pdf.
- [61] R. Rodríguez Jiménez, Á. Benito Capa, y A. Portela Lozano, *Meteorología y Climatología*. España.: FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología), 2004.
- [62] Republica del Peru, «Decreto Supremo No. 003-2017-MINAM», pp. 6-9, 2017.

