UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DEL MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS EN EL ENTORNO DE LOS CENTROS DE EDUCACION DEL DISTRITO DE ILO 2017 – 2018”

TESIS

PRESENTADO POR:

BACHILLER LEONEL ALONSO PACCOSONCO SUCAPUCA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

MOQUEGUA – PERU

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN.

El Jurado suscribiente ha calificado el trabajo de Tesis,

TITULADO: Determinación de la concentración del material particulado menor de 10 micras en el entorno de los centros de educación del distrito de Ilo 2017 - 2018.

PRESIDENTE: Dr. Milko Raul Rivera Campano

MIEMBROS: M.Sc. Mario Roman Flores Roque

Mgr. Jose Antonio Valeriano Zapata

ASESOR: Ing. Rodolfo Rafael Sanchez Valencia

PRESENTADO POR EL BACHILLER: Leonel Alonso Paccosonco Sucapuca DE LA PROMOCIÓN: .....

CUYOS RESULTADOS HAN SIDO LOS SIGUIENTES: .....

CALIFICATIVO DEL TRABAJO ..... 16 (Dieciseis)

CALIFICATIVO DE LA SUSTENTACIÓN ..... 16 (Dieciseis)

CALIFICATIVO FINAL ..... 16 (Dieciseis)

POR LO EXPUESTO, EL BACHILLER Leonel Alonso Paccosonco Sucapuca

HA SIDO DECLARADO EXPEDITO PARA QUE SE LE CONFIERA EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

EN FE DE ELLO QUEDA ASENTADA LA PRESENTE ACTA

Ilo, a los 25 días de Julio de 2019

Presidente
Dr. Milko Raul Rivera Campano
DOCENTE ASOCIADO
UNAM

Miembro
M. Sc Mario R. Flores Roque

Miembro
Mgr. Jose Antonio Valeriano Zapata

SECRETARIO

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a mis Padres Francisco y Angelica quienes con su esfuerzo, empeño y sacrificio me dieron la oportunidad de poder tener una profesión, de formarme con buenos valores y sobre todo de conocer el significado de la perseverancia, humildad y el sentido de familia, muchas gracias por todas las enseñanzas, y cada logro de mi vida será gracias a que ustedes fueron mi gran soporte, gracias por formar y encaminar mi vida.

A mi hermana que me brindó su apoyo durante la ejecución de este trabajo de investigación, y sé que llegara más lejos y contaras en todo momento con mi apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme seguir poder avanzando con las metas y objetivos que me he propuesto, por darme salud, por darme una familia única, y por levantarme después de los momentos difíciles, para poder seguir paso a paso un camino, que me falta mucho por recorrer aún.

A mi Asesor el Ing. Rodolfo Rafael Sánchez Valencia, quien en el poco tiempo que lo he conocido me ha enseñado a valorar cada momento de la vida, de decir siempre la verdad y de que si uno se propone lograr una meta u objetivo por más difícil que sea si se puede llevar a cabo, muchas gracias Ingeniero por confiar en mi persona y así mismo por acompañarme en este paso de la vida, por haberme ayudado a descubrir lo que es la investigación y empezar en este mundo científico con este presente trabajo concluido.

A mi Co Asesor el Ing. Elmer Ticona Paucara, por ayudarme a descubrir mi afinidad para la investigación en calidad de aire, gracias Ingeniero por su tiempo y enseñanzas para que este trabajo de investigación pueda ser concluido, y sobre todo por su amistad sincera.

A mis Jurados de Tesis el Mgr. José Valeriano Zapana, Dr. Milko Rivera Campano y el Mgr. Mario Flores Roque, quienes me supieron orientar, aconsejar para poder llevar a cabo y culminar el trabajo de investigación.

A mis amigos que me apoyaron, que siempre estuvieron ahí, para darme ánimos, y consejos para seguir adelante en distintos pasajes de mi vida.

Finalmente, a mi alma mater la Universidad Nacional de Moquegua, Institución Pública, en donde durante 5 años me cobijo, transmitiéndome educación mediante su plana docente, es un orgullo haber estudiado en esta Universidad Pública, donde hice amigos, me forme como profesional y la hare quedar siempre en alto este donde este, porque estoy seguro que esta Universidad dará origen a profesionales que podrán cambiar la realidad de nuestra localidad, región y País.

INDICE GENERAL

RESUMEN 14
ABSTRACT 15
INTRODUCCION 16
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 19
1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA 19
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA 20
1.2.1 INTERROGANTE GENERAL 20
1.3 JUSTIFICACION 21
1.4 FORMULACION DE LOS OBJETIVOS 22
1.4.1 OBJETIVO GENERAL 22
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 22
1.5 FORMULACION DE HIPOTESIS 22
1.5.1 HIPOTESIS GENERAL 22
CAPITULO II: MARCO TEORICO 23
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO 23
2.1.1 NACIONAL 23
2.1.2 INTERNACIONAL 26
2.2 BASES TEORICAS 30
2.2.1 CONTAMINACION ATMOSFERICA 30
2.2.2 CONTAMINANTES ATMOSFERICOS 31
2.2.3 MATERIAL PARTICULADO 34
2.2.4 FUENTES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS DEL MATERIAL PARTICULADO 37
2.2.5 CLASIFICACION DE FRACCION O MODA DEL MATERIAL PARTICULADO 40
2.2.6 COMPOSICION QUIMICA DEL MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (PM_{10}) 46
2.2.7 METALES PESADOS, CONTAMINACION ATMOSFERICA Y MATERIAL PARTICULADO 50
2.2.8 MARCO LEGAL NACIONAL E INTERNACIONAL PARA PM10 Y OTROS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS 56

2.2.9 EFECTOS EN LA SALUD HUMANA POR PARTE DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS....65
2.2.10 VARIABLES METEOROLOGICAS....75
2.2.11 METODOS DE MEDICION PARA CALIDAD DE AIRE....77
2.2.12 MUESTREADOR DE ALTO VOLUMEN (HIGH VOL)....83
2.2.13 METODOLOGIA PARA MONITOREO, DETERMINACION DE MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE MENOR O IGUAL A 10 MICRAS Y METALES PESADOS....84
2.2.14 SOFTWARE PARA REPRESENTACION ESPACIAL, ANALISIS METEOROLOGICO Y CONCENTRACION DE PM_{10}....89
2.2.15 ESTADISTICA PARA TRATAMIENTO DE DATOS....90
2.3 DEFINICION DE TERMINOS....91
2.4 ABREVIATURAS....93
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO....94
3.1 TIPO Y DISEÑO....94
3.2 NIVEL DE INVESTIGACION....94
3.3 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES....94
3.3.1 VARIABLES....95
3.4 POBLACION Y MUESTRA....95
3.4.1 POBLACION....95
3.4.2 MUESTRA....95
3.5 TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS....97
3.5.1 MATERIALES....97
3.5.2 EQUIPOS....98
3.5.3 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO....98
3.5.4 METODOLOGIA DE ESTUDIO....99
3.6 VALIDACION Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS....106
3.7 METODOS Y TECNICAS PARA LA PRESENTACION Y ANALISIS DE DATOS....106
CAPITULO IV: PRESENTACION DE RESULTADOS....107
4.1 RESULTADOS....107
4.1.1 CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO, METALES PESADOS Y COMPORTAMIENTO DE VARIABLES METEOROLOGICAS....108
4.1.2 PRUEBAS ESTADISTICAS....136
4.2 COMPROBACION DE HIPOTESIS....155

4.3 ANALISIS Y DISCUSION.....155
4.3.1 CONCENTRACION DE PM_{10}.....155
4.3.2 METALES PESADOS.....160
CONCLUSIONES.....166
RECOMENDACIONES.....168
REFERENCIAS BIBLIOGRACIAS.....171
ANEXOS.....180

INDICE DE TABLAS

Tabla I. Contaminantes Atmosféricos Gaseosos 32
Tabla II. Clasificación de Partículas por tamaño 32
Tabla III. Clasificación de Partículas 33
Tabla IV. Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Aire 57
Tabla V. Guía de la Calidad del Aire de la OMS 58
Tabla VI. Estándares de Calidad de Aire de la Comisión Europea 58
Tabla VII. Estándares de Calidad de Aire de la Agencia de Protección Ambiental 59
Tabla VIII. Estándares de Calidad de Aire del Estado de California EE.UU 59
Tabla IX. Estándares de Calidad del Aire de España 60
Tabla X. Estándares de Calidad de Aire de Australia 60
Tabla XI. Estándares de Calidad de Aire de México 61
Tabla XII. Indice Nacional de Calidad del Aire para PM_{10} 61
Tabla XIII. Indice de Calidad del Aire para PM_{10}, Estado de Durango México 62
Tabla XIV. Indice de Calidad del Aire para PM_{10}, Estado de Victoria Australia 62
Tabla XV. Indice de Calidad del Aire para PM_{10} Europeo 62
Tabla XVI. Indice de Calidad del Aire para PM_{10}, EPA 63
Tabla XVII. Criterios de Calidad de Aire para Metales Pesados 63
Tabla XVIII. Valores típicos en el aire ambiental para Metales Pesados EPA, EE. UU 64
Tabla XIX. Efectos adversos de los contaminantes aéreos sobre el sistema respiratorio 65
Tabla XX. Efectos no respiratorios de los contaminantes atmosféricos 67
Tabla XXI. Ventajas y desventajas de las diferentes técnicas de monitoreo de la calidad del aire 80

Tabla XXII. Métodos de referencia..... 81
Tabla XXIII. Métodos equivalentes 82
Tabla XXIV. Población de la Provincia de Ilo al 2017 95
Tabla XXV. Muestra de Centros de Educación dentro del distrito de Ilo.. 96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tamaño del material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ 35
Figura 2. Tamaño del material particulado PM_{10}, $PM_{2.5}$, $PM_{0.1}$ 35
Figura 3. Clasificación de las fuentes de material particulado de origen antrópico 39
Figura 4. Distribución de tamaños idealizada para aerosoles en el ambiente 43
Figura 5. Distribución del número de partículas en función del diámetro. 44
Figura 6. Distribución de modas según el tamaño de partícula $\mu g/m^3$ 45
Figura 7. Componentes del sistema respiratorio humano, detalle de la sección alveolar 68
Figura 8. Tamaño de partículas con la profundidad asociada de deposición pulmonar 74
Figura 9. Muestreador de alto volumen High Vol 83
Figura 10. Funcionamiento del muestreador de alto volumen High Vol ... 84
Figura 11. Flujograma de metodologia realizada 105

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tipo y Diseño de la investigación 94
Cuadro 2. Tipo de Nivel de investigación..... 94
Cuadro 3. Frecuencia de monitoreo..... 104
Cuadro 4. Ubicación de Puntos de Monitoreo de I.E 107
Cuadro 5. Ubicación de Punto de Monitoreo Estación Meteorológica ... 107
Cuadro 6. Concentración de PM_{10} en I.E1 108
Cuadro 7. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E1 109

Cuadro 8. Concentración de PM_{10} en I.E2 110
Cuadro 9. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E2 111
Cuadro 10. Concentración de PM_{10} en I.E3 112
Cuadro 11. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E3 113
Cuadro 12. Concentración de PM_{10} en I.E4 114
Cuadro 13. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E4 115
Cuadro 14. Concentración de PM_{10} en I.E5 116
Cuadro 15. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E5 117
Cuadro 16. Concentración de PM_{10} en I.E6 118
Cuadro 17. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E6 119
Cuadro 18. Concentración de PM_{10} en I.E7 120
Cuadro 19. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E7 121
Cuadro 20. Concentración de PM_{10} en I.E8 122
Cuadro 21. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E8 123
Cuadro 22. Concentración de PM_{10} en I.E9 124
Cuadro 23. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E9 125
Cuadro 24. Concentración de PM_{10} en I.E10 126
Cuadro 25. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E10 127
Cuadro 26. Concentración de PM_{10} en I.E11 128
Cuadro 27. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E11 129
Cuadro 28. Concentración de PM_{10} en I.E12 130
Cuadro 29. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E12 131
Cuadro 30. Concentración de PM_{10} y ubicación de las I.E 132
Cuadro 31. Resultados de la desviación estándar 137
Cuadro 32. Resultados desviación estándar metales pesados I.E1 138
Cuadro 33. Resultados desviación estándar metales pesados I.E2 139
Cuadro 34. Resultados desviación estándar metales pesados I.E3 140
Cuadro 35. Resultados desviación estándar metales pesados I.E4 141
Cuadro 36. Resultados desviación estándar metales pesados I.E5 142
Cuadro 37. Resultados desviación estándar metales pesados I.E6 143
Cuadro 38. Resultados desviación estándar metales pesados I.E7 144

Cuadro 39. Resultados desviación estándar metales pesados I.E8 145
Cuadro 40. Resultados desviación estándar metales pesados I.E9 146
Cuadro 41. Resultados desviación estándar metales pesados I.E10 147
Cuadro 42. Resultados desviación estándar metales pesados I.E11 148
Cuadro 43. Resultados desviación estándar metales pesados I.E12 149
Cuadro 44. Estadística de muestra única 153
Cuadro 45. Prueba de muestra única para Valor 100 154

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E1 108
Gráfico 2. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E2 110
Grafico 3. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E3 112
Gráfico 4. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E4 114
Gráfico 5. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E5 116
Gráfico 6. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E6 118
Gráfico 7. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E7 120
Gráfico 8. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E8 122
Gráfico 9. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E9 124
Gráfico 10. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E10 126
Gráfico 11. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E11 128
Gráfico 12. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E12 130
Gráfico 13. Concentración general de PM_{10} en I.E 133
Gráfico 14. Concentración general de PM_{10} en I.E 134
Gráfico 15. Rosa de vientos durante el periodo de monitoreo en I.E 135
Gráfico 16. Desviación Estándar de PM_{10} 136
Gráfico 17. Desviación estándar metales pesados I.E1 138
Gráfico 18. Desviación estándar metales pesados I.E2 139
Gráfico 19. Desviación estándar metales pesados I.E3 140
Gráfico 20. Desviación estándar metales pesados I.E4 141

Gráfico 21. Desviación estándar metales pesados I.E5 142
Gráfico 22. Desviación estándar metales pesados I.E6 143
Gráfico 23. Desviación estándar metales pesados I.E7 144
Gráfico 24. Desviación estándar metales pesados I.E8 145
Gráfico 25. Desviación estándar metales pesados I.E9 146
Gráfico 26. Desviación estándar metales pesados I.E10 147
Gráfico 27. Desviación estándar metales pesados I.E11 148
Gráfico 28. Desviación estándar metales pesados I.E12 149
Gráfico 29. Media de PM_{10} vs Valor de Prueba 154
Grafico 30. Concentración de PM_{10} ug/m^3 promedio para 24 Horas 186
Grafico 31. Concentración de Fe 1.254 ug/m^3 (I.E N° 341) 186
Grafico 32. Concentración de Mn 0.026 ug/m^3 (I.E N° 341) 187
Grafico 33. Concentración de As 0.026 ug/m^3 187
Grafico 34. Concentración de Cd 0.019 ug/m^3 188
Grafico 35. Concentración de Cu 0.125 ug/m^3 188
Grafico 36. Concentración de Pb 0.088 ug/m^3 189

RESUMEN

El presente estudio de investigación se desarrolló en el distrito de Ilo, provincia de Ilo, departamento de Moquegua, desde diciembre del 2017 a febrero del 2018 durante la estación de verano, el objetivo del presente estudio fue determinar la concentración de material particulado PM_{10} y su composición química en el entorno de los centros de educación del distrito de Ilo, se trabajó con 12 puntos de monitoreo establecidos en los centros de educación abarcando así el área que presenta el distrito. Se colecto el PM_{10} con un equipo de alto volumen (High Vol) y filtros de fibra de cuarzo, los datos del comportamiento de las variables meteorológicas se obtuvieron mediante una estación Campbell Scientific R830. Se determinó la concentración de partículas de PM_{10} mediante el método gravimétrico/inercial y se analizó la composición química de hasta 16 metales, mediante la técnica de acoplamiento inductivo de espectroscopia de plasma (ICP). Los resultados de PM_{10} solo superaron la normativa nacional en el centro de educación N° 341 con 101 $\mu g/m^3$ promedio para 24 horas, así mismo también supero la normativa de la OMS de 50 $\mu g/m^3$ de PM_{10} para 24 horas, el centro de educación Mercedes Cabello de Carbonera también supero esta normativa internacional con 70.65 $\mu g/m^3$. La determinación de la composición química indico que el Fe (1.254 $\mu g/m^3$), Mn (0.026 $\mu g/m^3$), As (0.026 $\mu g/m^3$), Cd (0.019 $\mu g/m^3$), Cu (0.125 $\mu g/m^3$), Pb (0.088 $\mu g/m^3$) y Zn (0.064 $\mu g/m^3$) presentaron las mayores concentraciones en los 12 puntos de monitoreo.

ABSTRACT

The present research study was developed in the district of Ilo, province of Ilo, department of Moquegua, from december 2017 to february 2018 during the summer season, the objective of this study was to determine the concentration of PM_{10} particulate matter and its chemical composition in the environment of education centers in the district of Ilo, worked with 12 monitoring points established in education centers covering the area that presents the district. The PM_{10} was collected with a high volume equipment (High Vol) and quartz fiber filters, the behavior data of the meteorological variables were obtained through a Campbell Scientific R830 station. The concentration of PM_{10} particles was determined by the gravimetric/inertial method and the chemical composition of up to 16 metals was analyzed by the inductive coupling technique of plasma spectroscopy (ICP). The results of PM_{10} only surpassed the national norm in the center of education N° 341 with 101 $\mu g/m^3$ average for 24 hours, likewise also surpassed the norm of the WHO of 50 $\mu g/m^3$ of PM_{10} for 24 hours, the center of education Mercedes Cabello de Carbonera also surpassed this international norm with 70.65 $\mu g/m^3$. The determination of the chemical composition indicated that Fe (1.254 $\mu g/m^3$), Mn (0.026 $\mu g/m^3$), As (0.026 $\mu g/m^3$), Cd (0.019 $\mu g/m^3$), Cu (0.125 $\mu g/m^3$), Pb (0.088 $\mu g/m^3$) and Zn (0.064 $\mu g/m^3$) presented the highest concentrations in the 12 monitoring points.

INTRODUCCION

En el mundo se tiene precedentes sobre la contaminación del aire y sus efectos sobre la salud humana, como la tragedia que se suscitó en Londres, Inglaterra del 5 de diciembre al 9 de diciembre de 1952, donde en un periodo de clima frio con un anticiclón y condiciones sin viento, recogió contaminantes del aire principalmente del uso de carbón (estufas y fabricas) para formar gruesas capas de smog sobre la ciudad, semanas siguientes los informe médicos estimaron que 4,000 habitantes habían muerto prematuramente y 100,000 habitantes se enfermaron debido a los efectos del smog en el tracto respiratorio, la investigación más reciente sugiere que el número de muertes fue considerablemente más alto en alrededor de 12,000 casos, los dos meses posteriores al hecho la niebla máxima disminuyo (Davis, 2002). Este hecho es considerado uno de los más significativos de contaminación atmosférica en el Reino Unido, lo cual impacto en la investigación ambiental, regulación de normativa y conciencia de salud pública en relación a la calidad del aire.

Nuestro continente americano no es ajeno a ello, la contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental para la salud, los principales contaminantes atmosféricos regulados son PM_{10}, $PM_{2.5}$, NO_2, O_3 y SO_2, en el caso del PM_{10} este está regulado en 21 países, el NO_2 en 20 países y el $PM_{2.5}$ en 15 países, (Organizacion Mundial de la Salud, 2016). El contaminante atmosférico más relevante para la salud es el material particulado con un diámetro de 10 micras o menos, que penetran

profundamente en los pulmones e inducen la reacción de la superficie y las células de defensa, (Organizacion Mundial de la Salud, 2005)

El Perú, nuestro país no escapa de la contaminación atmosférica, los problemas de la calidad del aire en el país, se deben principalmente a las emisiones de fuentes móviles como el transporte urbano (estimación entre un 70% y 80% de contribución a la contaminación atmosférica), y dentro de las fuentes fijas más importantes están las actividades minero-metalúrgicas y pesqueras (Consejo Nacional del Ambiente, 2000).

A nivel local en la provincia de Ilo se ha realizado estudios de calidad de aire, puntualmente de dos contaminantes atmosféricos, el SO_2 y material particulado en el 2012, siendo el SO_2 el contaminante con mayor concentración identificado, y teniendo como principal fuente de emisión a la fundición de cobre de la empresa Southern Perú Cooper Corporation, en el caso del material particulado las concentraciones identificadas fueron por debajo del Estándar de Calidad Ambiental para el Aire de 150 $\mu g/m^3$, establecido en el D.S 074-2001-PCM, marco legal que establecía en su anexo 4 como zona de atención prioritaria a la ciudad de Ilo, (Ministerio del Ambiente, 2016).

Actualmente el D.S.074-2001-PCM fue derogado por el D.S.003-2017-MINAM, estableciendo un nuevo Estándar de Calidad Ambiental para aire en el parámetro de material particulado menor a 10 micras (PM_{10}) periodo de 24 horas, fijándose en 100 $\mu g/m^3$.

Uno de los contaminantes al que se le ha prestado menor atención en la cuenca atmosférica de la ciudad de Ilo, es el material particulado, los esfuerzos en disminuir las concentraciones estaban enfocados en el SO_2 parámetro considerado como prioritario a disminuir por el grupo de estudio técnico ambiental (GESTA) zonal de aire de la ciudad, las instituciones comprometidas con el medio ambiente desarrollan monitoreos puntuales de PM_{10} en periodos cortos, limitaciones que perjudican cuando se quiere desarrollar un mejor diagnóstico del material particulado menor a 10 micras como conocer a través de estas partículas los metales pesados presentes en la atmosfera y así mismo poder articular esta información con las morbilidades (IRAs), asociar como estamos en relación al marco legal de ámbito internacional, y comparar a nuestro país con la exigencia de otros países en relación al cuidado y preservación del medio ambiente en calidad de aire.

Para la región Moquegua en especial la ciudad de Ilo determinar la calidad del aire es importante ya que se aprecia un incremento del parque automotor, incremento de zonas productivas y comerciales, población vulnerable como la población estudiantil con desconocimiento de los niveles de material particulado presentes en sus espacios donde desarrollan sus actividades educativas, frente a ello resulta imprescindible desarrollar el presente estudio, el mismo que va a permitir determinar el comportamiento del PM_{10}, además, de los metales presentes en la atmosfera de los entornos de los centros de educación considerados.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Las emisiones que vierten a la atmosfera las fuentes antropogénicas y naturales ha provocado que la calidad de aire de muchas ciudades en el mundo sufra alteraciones y cambios, reduciendo la calidad de vida de sus habitantes.

Nuestro país no es ajeno a este problema, por ello es que se estableció mediante D.S N° 074-2001-PCM los primeros estándares de calidad ambiental del aire, los cuales tenían por objetivo regular los niveles de concentración máxima de los contaminantes como el Dióxido de Azufre (SO_2), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O_3), Plomo (Pb), Sulfuro de Hidrogeno (H_2S), Material Particulado menor a 10 micras (PM_{10}) y el Material Particulado menor a 2.5 micras con un valor referencial, así mismo, se establecieron 13 zonas de atención prioritaria, dentro de las cuales estaba considerado la ciudad de Ilo, zona prioritaria que a través del GESTA zonal de aire Ilo se desarrollaron diversos estudios como el primer “Inventario de emisiones de fuentes fijas y móviles en la cuenca atmosférica de Ilo” desarrollado en el 2006, donde se identificaron

las concentraciones generadas por las fuentes fijas y móviles de los contaminantes anteriormente mencionados, para finalmente concluir con el plan de acción a limpiar el aire de la ciudad de Ilo que actualmente se encuentra en actualización. En la actualidad la Municipalidad Provincial de Ilo y la Gerencia Regional de Salud de Moquegua vienen haciendo monitoreos de SO_2 y PM_{10} respectivamente en zonas identificadas por cada sector, con el objetivo de identificar la calidad del aire en el cuerpo receptor, los mismos que resultan insuficientes teniendo en cuenta que no se puntualiza en espacios donde desarrollan sus actividades una población vulnerable como son la población estudiantil, los mismos que podrían estar percibiendo concentraciones elevadas de PM_{10} acompañando de metales pesados provocado por las fuentes del entorno, pudiendo ser dañinos para la salud de los estudiantes y población aledaña.

Es propicio mencionar que con fecha 7 de junio del año 2017 se aprobó a través del D.S.003-2017-MINAM los nuevos Estándares de Calidad Ambiental para aire, dentro de los cuales se considera un ECA más estricto para el PM_{10} del cual no se conoce estudio alguno asociado a este parámetro en la ciudad de Ilo.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1 INTERROGANTE GENERAL

Es en este sentido, la presente investigación plantea la siguiente interrogante.

¿La concentración de material particulado menor a 10 micras en los entornos de los centros de educación del distrito de Ilo sobrepasan el estándar nacional de calidad ambiental para el aire?

1.3 JUSTIFICACION

Muchos Centros de Educación se encuentran ubicadas dentro del área urbano, sometidos a posibles fuentes de contaminación atmosféricos provenientes del parque automotor, actividad industrial, comercial y/o fuentes naturales, las mismas que por los altos costos que demanda estudiarlos y monitorearlos, las autoridades han venido postergando el desarrollo de un trabajo de identificación de contaminantes atmosféricos, información que podría ser de gran importancia a fin de que las autoridades tanto regionales como locales adopten medidas con sustento técnico en beneficio de la población estudiantil, ya que es una de las poblaciones más vulnerables ante los impactos ambientales.

Por tal razón se plantea en el presente trabajo de investigación determinar la concentración del material particulado menor a 10 micras que se estaría produciendo, y si este estaría sobrepasando el Estándar de Calidad Ambiental para aire establecido en el D.S 003-2017-MINAM, trabajo que va a permitir generar información de PM_{10}, el cual podría ser considerado en futuras investigaciones asociadas al tema.

1.4 FORMULACION DE LOS OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la concentración de material particulado menor a 10 micras en el entorno de los centros de educación del distrito de Ilo 2017-2018.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la concentración de material particulado menor a 10 micras mediante método gravimétrico.
- Determinar la composición química del material particulado menor a 10 micras.
- Comparar las concentraciones de material particulado menor a 10 micras del entorno de los centros de educación del Distrito de Ilo.

1.5 FORMULACION DE HIPOTESIS

1.5.1 HIPOTESIS GENERAL

H0 Hipótesis Nula: Las concentraciones de material particulado menor a 10 micras en el entorno de los centros de educación del distrito de Ilo no sobrepasan los estándares de calidad ambiental para aire.

H1 Hipótesis Alternativa: Las concentraciones de material particulado menor a 10 micras en el entorno de los centros de educación del distrito de Ilo sobrepasan los estándares de calidad ambiental para aire.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1 NACIONAL

(Suárez-Salas, Álvarez Tolentino, Bendezú, & Pomalaya, 2017), caracterizaron la composición química del PM atmosférico, colectados en la estación ubicada en el centro urbano de la ciudad de Huancayo, Junín, se colecto el PM en agosto del 2007, y enero, abril, mayo del 2008 con un equipo de bajo volumen (Partisol FRM 2000), se determinaron las concentraciones de partículas de tamaños hasta 10 µm (PM_{10}), y partículas menores a 2.5 µm ($PM_{2.5}$), también se analizó la composición química de 38 elementos, obteniéndose como resultados la concentración de PM_{10} entre (64,54 -+ 30.87 µg/m^3) y $PM_{2.5}$ (34.47 +- 14.75 µg/m^3) ambos superando la normatividad anual de calidad del aire de 50 µg/m^3 para PM_{10} y 15 µg/m^3 para $PM_{2.5}$, para PM_{10} ningún valor supero el ECA de 24 horas (150 µg/m^3), también se evidencio una mayor concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en periodo seco. La composición química tuvo como resultados que los elementos geológicos (8%), metales (12%) y metaloides (7%) fueron los más abundantes en el PM_{10}, y los no metales (4%), iones (11%) y especies carbonáceas (44%) en el $PM_{2.5}$. Finalmente se concluyó la confirmación sobre la problemática del PM en la ciudad de Huancayo,

con un mayor riesgo del $PM_{2.5}$ a la salud de la población, teniendo como principal fuente al sector transporte.

(Padilla & Betsabeth, 2016), evaluó la concentración de partículas menores a 10 micras y analizo su influencia en las enfermedades respiratorias de la población del barrio del cercado, Tarapoto, San Martin, con un diseño cuantitativo, no experimental, explicativo, con un enfoque transversal, obteniéndose como resultado que las concentraciones encontradas de PM_{10}, estuvieron por debajo del ECA para aire establecido en el D.S 074-2001-PCM, generando expectativa el último día de monitoreo con 142.72 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual estuvo muy cercano al límite establecido de 150 $\mu g/m^3$, el análisis realizado evidencio que aunque las concentraciones halladas de PM_{10} estuvieran por debajo de la norma, las encuestas realizadas presentaron un promedio de 2.73 síntomas de enfermedades respiratorias por persona, síntomas como: dolor de oído, goteo nasal, dolor de pecho y escozor de garganta, lo cual fortalece lo establecido por la OMS (2005), quien propone un valor de 50 $\mu g/m^3$ como valor máximo para concentración

(Miranda & Arriaga, 2016), determinaron la concentración de metales pesados en el aire, en los distritos de Callería, Yarinacocha y Manantay, provincia de Coronel Portillo, Ucayali, se trabajó con 14 puntos de estudio distribuidos estratégicamente dentro de la ciudad, obteniéndose como resultado que, el cadmio tiene una concentración de 3.7 $\mu g/m^3$, sobrepasando al AAQC 24 horas con 1.7 $\mu g/m^3$, el cromo con una

concentración de 8.9 µg/m^3 sobrepasando al AAQC 24 horas con 7.4 µg/m^3, el cobre con una concentración de 7.4 µg/m^3 encontrándose dentro del AAQC de 24 horas, el hierro con una concentración de 25.2 µg/m^3 sobrepasando al AAQC 24 horas con 0.2 µg/m^3, el manganeso con una concentración de 3.0 µg/m^3 sobrepasando el AAQC de 24 horas con 0.5 µg/m^3, el plomo con una concentración de 23.8 µg/m^3 sobrepasando el AAQC con 28,1 µg/m^3 y el zinc tiene una concentración de 90 µg/m^3, encontrándose dentro del AAQC de 24 horas.

(Prieto Zambrano, 2016), determinó la concentración de material particulado PM_{10}, plomo y arsénico en el distrito de Islay, provincia de Matarani, Arequipa, en cuatro estaciones de monitoreo en el 2014, obteniendo como resultado que la concentración de material particulado en una de sus estaciones de monitoreo durante el mes de febrero fue de 56 µg/m^3, la mayor concentración obtenida, sin embargo esta no supero el ECA para aire establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM, que establece como valor estándar 150 µg/m^3 para un periodo de 24 horas, pero al ser evaluada con el valor guía de 50 µg/m^3 establecido en la guía de calidad del aire de la OMS relativa al material particulado, este se supera ligeramente, además se menciona que probablemente por ser el mes de febrero el más caluroso del año este presentó mayores concentraciones de PM_{10}, por la evaporación de la humedad del suelo, lo que hace que el viento pueda trasladar con mayor facilidad el material particulado, así mismo en

relación al plomo las concentraciones obtenidas se encontraron por debajo de lo establecido en el marco legal vigente.

(Torres Rubio, 2016), determino la correlación de enfermedades respiratorias con las concentraciones de PM_{10} en el distrito de la Victoria, provincia de Chiclayo, Lambayeque en los años 2012-2015, obteniendo como resultado que la concentración mínima de PM_{10} fue de 82 $\mu g/m^3$ y la máxima de 99 $\mu g/m^3$, llegando a la conclusión que existe relación directa positiva con un porcentaje de 77%, así mismo que según grupo de edad también hay relación directa positiva, y que de una población de 0 a 60 años a más, se encuentran como más vulnerables a niños de 0-11 años y 12-17 años.

2.1.2 INTERNACIONAL

(Vivar Martinez, 2014), evaluó la calidad de aire de la ciudad de Azogues mediante la cuantificación de concentraciones de material particulado PM_{10} en dos puntos de la ciudad a través de monitoreos con el muestreador de alto volumen (High Volume Sampler, HVS), siguiendo procedimientos establecidos por la normativa ecuatoriana, el estudio se realizó entre septiembre del 2013 hasta marzo de 2014; se obtuvo como resultado que el promedio de las concentraciones de PM_{10} durante el semestre de monitoreo fue de 70.3 $\mu g/m^3$ el cual no superaba la norma ecuatoriana de la calidad de aire de 100 $\mu g/m^3$, pero si sobrepasaba la dada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que establece un valor

estándar de 50 µg/m^3. La concentración de material particulado PM_{10} supero la normativa ecuatoriana en el 14% de las muestras obtenidas, y el 70% en la norma de la OMS.

(Canales-Rodríguez, Quintero-Núñez, Castro-Romero, & García-Cuento, 2014), caracterizaron las composición química de las partículas PM_{10}, para temporadas del invierno como verano en la zona urbana y rural de Mexicali, se trabajó con equipos de bajo volumen cada dos días con filtros de cuarzo y teflón, mediante gravimetría los filtros fueron analizados para 38 metales desde (Na a Pb) por dispersión de rayos X, también se analizaron aniones (Cl-, NO_3-, SO_4^{2}-), como cationes (Na+, K+, NH_4+) por cromatografía de iones, también carbón orgánico y elemental mediante la transmitancia térmica-optima, obteniéndose como resultados que la concentración de material particulado PM_{10} excedió la norma mexicana, que es de 120 µg/m^3 para 24 horas, 27 veces en temporada de invierno y 15 veces en temporada de verano, con respecto a la composición química, las especies dominantes en temporada de verano fue de material geológico y en temporada de invierno fue el carbón orgánico, finalmente se concluyó que la zona urbana es las más contaminada en temporada de verano, mientras en invierno es la zona rural.

(Cruz Campas, Gómez Álvarez, Quintero Núñez, & Varela Salazar, 2013), evaluaron la calidad del aire para la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, con respecto a las partículas suspendidas (PST) y metales pesados (Pb, Cd, Ni, Cr), durante Junio del 2001 a Mayo de 2002, el

muestreo de realizo bajo el método de alto volumen, con un periodo de 6 días no simultáneos en tres sitios de estudio. Los resultados obtenidos indicaron concentraciones altas de PST en las estaciones centro y noroeste las cuales sobrepasaron el máximo permisible para 24 horas (260 µg/m^3), mientras que en los tres sitios de estudio las concentraciones pasaron el máximo permisible anual (75 µg/m^3), ambos establecidos en la norma NOM-024-SSA1-1993 (SSA 1994a) con vigencia en el momento de estudio. Con relación a los metales pesados (Pb, Cd, Ni, Cu, Cr) las concentraciones obtenidas se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles señalados en la normas NOM-026-SSA1-1993 (SSA 1994b), OMS (WHO 2000), Comunidad Europea (CEC 2003) y la Agencia Ambiental Europea (EEA 2004), finalmente se concluyó que las concentraciones de metales pesados no representaban peligro o riesgo para la salud, pero sin embargo la calidad de aire califico como no satisfactoria por las altas concentraciones de material particulado.

(Rojano, Angulo, & Restrepo, 2013), determinaron las concentraciones de partículas suspendidas totales (PST), y partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros (PM_{10} y $PM_{2.5}$) en la zona urbana del municipio de Riohacha, Colombia, donde se trabajó con seis estaciones de monitoreo, obteniéndose como resultados, que el promedio de la concentración de PM_{10} vario desde 43.69 µg/m^3 a 19.47 µg/m^3, las PST de 86.02 µg/m^3 a 27.38 µg/m^3, y las $PM_{2.5}$ con un promedio de 14.57 µg/m^3. Las relaciones entre PM_{10}/PST variaron desde 0.50 a 0.68. Así mismo las

seis estaciones presentaron una buena correlación entre PST/PM_{10} (R=0.795). así también se observó que las PST pueden implicar presencia de partículas PM_{10} en el área urbana de esa ciudad, pero también se observó que las concentraciones de PM_{10} no necesariamente indican presencia de partículas $PM_{2.5}$ (R=0.035), finalmente los resultados de la correlación entre PM_{10}/PST fueron similares a otros estudios realizados en otras zonas urbanas de Colombia y otros países.

(Miranda Romero & Ortiz Florez, 2008), evaluaron la relación de la concentración de material particulado PM_{10} y la morbilidad en niños menores de 14 años por enfermedades respiratorias agudas en el municipio de Toluviejo dentro de los meses de noviembre a diciembre de 2007, se seleccionaron dos sitios de monitoreo, se utilizaron dos equipos High-Vol, los resultados según la correlación de pearson fueron, que el periodo de latencia de mayor impacto corresponde al décimo día, es decir que una vez transcurridos diez días había un efecto directo de PM_{10} a partir de 70 µg/m^3 sobre los casos reportados de enfermedades respiratorias agudas, la concentración de PM_{10} en el mes de noviembre fue superior a 70 µg/m3 en comparación con el mes de diciembre, donde la concentración no supera los 70 µg/m^3, finalmente la zona más expuesta a este contaminante en el municipio de Toluviejo es la parte central, debido a la incidencia de los vientos, y principalmente a la ubicación de las empresas que se encuentran localizadas sobre el perímetro urbano.

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 CONTAMINACION ATMOSFERICA

El concepto de contaminación atmosférica en el paso del tiempo ha ido tomando diferentes enfoques, como por ejemplo (Caselli & Ubasart, 2000), definen a la contaminación atmosférica como la acumulación en el aire de sustancias en concentraciones que pueden provocar daños provisionales o permanentes en los hombres, animales, plantas y bienes. Así también (Martinez Ataza & Diaz de Morales, 2004), indican que la contaminación atmosférica es definida como la presencia en el aire de materia o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave a las personas o bienes de cualquier naturaleza, y a su vez que este tema ocupa un lugar preferente en la comunidad científica, y la ciudadanía de países desarrollados, finalmente (Cardenas Gutiérrez, 2004), precisa que la contaminación atmosférica afecta cada cuerpo humano de diferente manera, dependiendo de la edad, el estado nutricional, la predisposición genética, así como la agudeza y duración de la exposición.

A nivel de Organismos Mundiales cuyo enfoque es el Medio Ambiente, también precisan que es la contaminación del aire, la (EPA, 2017b), define que la contaminación del aire se da por la presencia de cualquier sustancia en aire que, en concentraciones elevadas, podrían hacerles daño a seres humanos, animales, vegetación u otro material. Es así que los diferentes conceptos que se dan, en su mayoría mencionan los

impactos de la contaminación atmosférica principalmente en el medio ambiente y el ser humano.

2.2.2 CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

Los contaminantes atmosféricos, los cuales degradan la calidad del aire, se comportan de distintas formas, y tiene un origen diferente, como lo detalla (Tejerina Fernández, 2015), que da a conocer que los contaminantes atmosféricos se clasifican en primarios, que son emitidos directamente a la atmosfera por una fuente natural o antropogénica, pero mantienen su fórmula, y los secundarios que se originan por reacciones químicas o fotoquímicas a partir de los primarios.

(Manahan & Leyva, 2006), señalan que los contaminantes atmosféricos causan el deterioro de la atmosfera, y estos consisten en una gran variedad de gases, vapores y partículas, además que los contaminantes más comunes del aire consisten en gases inorgánicos, especialmente óxidos de nitrógeno, azufre y carbono.

Las partículas, tema de estudio del presente trabajo de investigación, ha tomado importancia en el ámbito global por generar diversos problemas ambientales y de salud pública, como indica también, (Manahan & Leyva, 2006), quienes infieren que las partículas atmosféricas emitidas directamente a la atmosfera o formadas por procesos químicos atmosféricos causan importantes problemas de contaminación.

Conociendo la clasificación de los contaminantes del aire, (Tejerina Fernández, 2015), precisa que es importante también conocer los contaminantes atmosféricos, gaseosos (Tabla I)

Tabla I. Contaminantes Atmosféricos Gaseosos

Compuesto	Formula	Características	Causante
Dióxido de Azufre	SO_2	Incoloro no inflamable	De la lluvia acida
Monóxido de Nitrógeno	NO	Incoloro, insípido e inodoro	Efecto invernadero
Dióxido de Nitrógeno	NO_2	Rojizo, insípido e inodoro	De la lluvia acida
Monóxido de Carbono	CO	Inflamable, insípido e incoloro	Toxico en concentraciones elevadas
Ozono troposférico	O_3	Azulado de olor agradable	Toxico en concentraciones elevadas

Fuente: (Tejerina Fernández, 2015)

Así mismo el material particulado caso de estudio, considerado un contaminante atmosférico también se puede clasificar por su tamaño, (Tabla II) donde las partículas sólidas y liquidas se encuentran en el aire en forma de polen, polvo, hollín y humo.(Tejerina Fernández, 2015).

Tabla II. Clasificación de Partículas por tamaño

Partículas	Tamaño
Sedimentables	Mayor de 30 micrómetros
Suspensión	Menor de 30 micrómetros
Respirables	Menor de10 micrómetros
Humos	Menor a 1 micrómetro

Fuente:(Tejerina Fernández, 2015)

Las partículas también se pueden clasificar como se aprecia en la Tabla III.

Tabla III. Clasificación de Partículas

Partículas	Tamaño
Partículas Primarias	Entran en la atmosfera de forma directa, por las fuentes de emisión, se incluye las partículas filtrables y condensables.
Partículas Filtrables	Emitidas directamente en estado sólido o líquido, pueden ser retenidas en filtros
Partículas Condensables	Emitidas en estado gaseoso, pero de forma inmediata al entrar en contacto con la atmosfera cambian a estado líquido o solido
Partículas Secundarias	Son las que se forman en la atmosfera por reacciones químicas, se producen condensaciones o licuefacciones, tiene lugar lejos del lugar de emisión

Fuente: (Tejerina Fernández, 2015)

Dentro de la composición química del material particulado se encuentran los metales pesados como el Arsénico (As), Cromo (Cr), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Selenio (Se), Vanadio (V), Níquel (Ni), Mercurio (Hg), los cuales se quedan en suspensión con las partículas, el metal Plomo (Pb) es el más importante para tener cuenta, porque una vez depositado en cualquier medio del ecosistema tarda mucho tiempo en degradarse, (Tejerina Fernández, 2015)

Dentro de los contaminantes atmosféricos más relevantes, las partículas atmosféricas tienen numerosos efectos, muchos de los cuales constituyen un serio problema de contaminación atmosférica, (Manahan & Leyva, 2006).

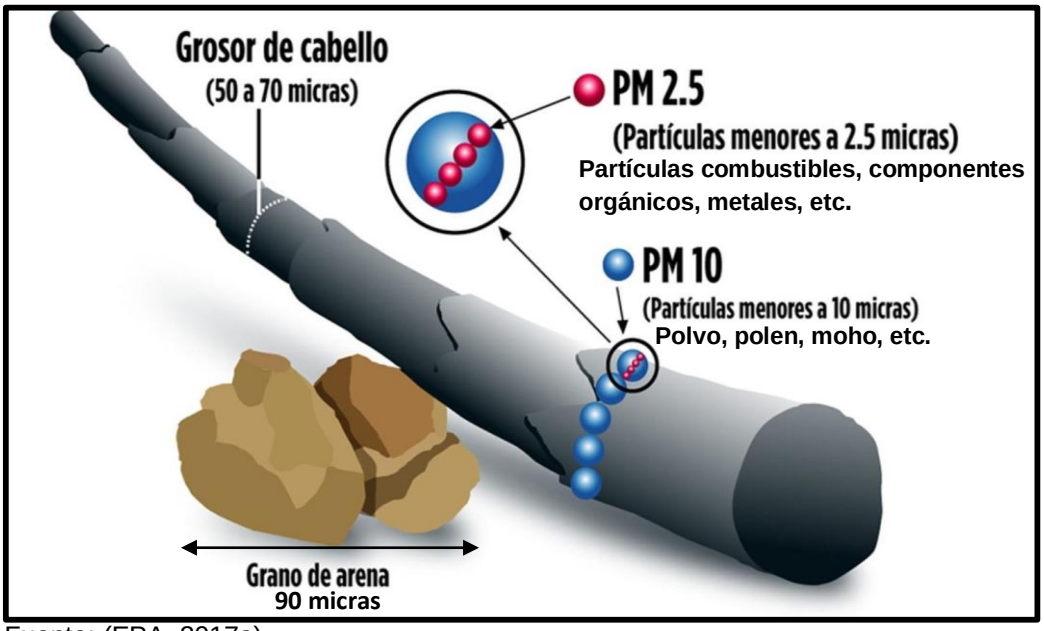
2.2.3 MATERIAL PARTICULADO

Dentro de la familia de los contaminantes atmosféricos, el material particulado en sus distintos tamaños y estados, ha sido tema de estudio a escala global, es así que se le ha dado distintas definiciones, (Mészáros, 1999), define al material particulado como un conjunto de partículas sólidas y/o liquidas (a excepción del agua pura) que están presentes en suspensión en la atmosfera. (Arciniegas Suarez, 2012), define que el material particulado es un conjunto de materia dispersada en la atmosfera y condensada de forma sólida o liquida emitida directamente al aire, como por ejemplo el hollín de diésel, polvo de vías y las partículas resultantes de procesos productivos.

Siendo el material particulado un contaminante primario, este es también generado por la combustión ineficiente de combustibles fósiles, teniendo como al mayor precursor de combustión al diésel. (Gaviria G, Benavides C, & Tangarife, 2011).

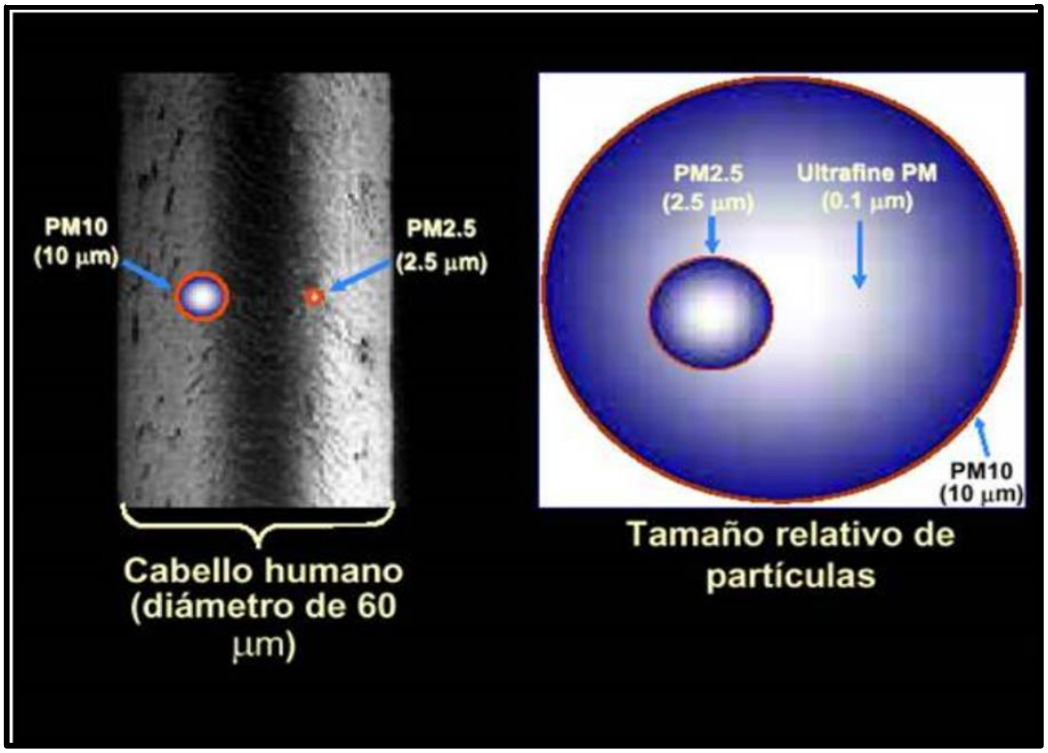
Los tamaños de material particulado más conocidos (Figura 1), son el $PM_{2.5}$ con un diámetro menor a 2.5 micrómetros, y el PM_{10} el cual tiene un tamaño menor a 10 micrómetros.

Figura 1. Tamaño del material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$



Fuente: (EPA, 2017a)

Figura 2. Tamaño del material particulado PM_{10}, $PM_{2.5}$, $PM_{0.1}$



Fuente: (AAQS, 2015)

(Cardenas Gutiérrez, 2004), menciona que las partículas menores a 10 micras pueden afectar el clima al absorber o reflejar la radiación solar y alterar el proceso de formación de nubes y su eficiencia en la precipitación de agua, al ser el PM_{10} considerado partícula respirable, este consiste en una mezcla compleja de compuestos de naturaleza orgánica e inorgánica con diferentes distribuciones granulométricas y composición química, ambas condicionadas por la composición de los gases que los rodean.

El material particulado presentan distintos tipos de fuentes como el de origen natural a través de los fenómenos de contaminación asociados a las emisiones de polvo africano, los eventos de resuspension de polvo, recirculación y el transporte de masas de aire (Romero Placeres, Diego Olite, & Álvarez Toste, 2006), los vientos que erosionan los suelos áridos, las erupciones volcánicas, las tormentas de polvo, el polen y microorganismos también se consideran fuentes de origen natural, y las fuentes de origen antropogénica son de variados tipos, siendo las principales el uso de combustibles (transporte, comercio y residencias), el manejo y transporte de solidos (minería, construcción, agricultura), el procesamiento de metales y minerales, la industria en general (plantas termoeléctricas, de cemento, siderúrgicas, etc.) (Jorquera González, 2015).

El impacto del material particulado tiene efectos sobre la salud humana, donde especialmente las partículas PM_{10} penetran directamente

al aparato respiratorio acumulándose en diferentes sitios, como la tráquea y los bronquios, y las partículas $PM_{2.5}$ pueden llegar hasta los alveolos pulmonares.(Cárdenas Gutiérrez, 2004)

2.2.4 FUENTES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS DEL MATERIAL PARTICULADO

2.2.4.1 FUENTES PRIMARIAS

(Jorquera González, 2015), menciona que las fuentes primarias de material antropogénico del material particulado se dan en la combustión en fuentes estacionarias y móviles, quema de biomasa y residuos, las naturales como (erosión por viento, incendios forestales, aerosol marino, erupciones volcánicas), a su vez estas emisiones de fuentes para material particulado se pueden clasificar en:

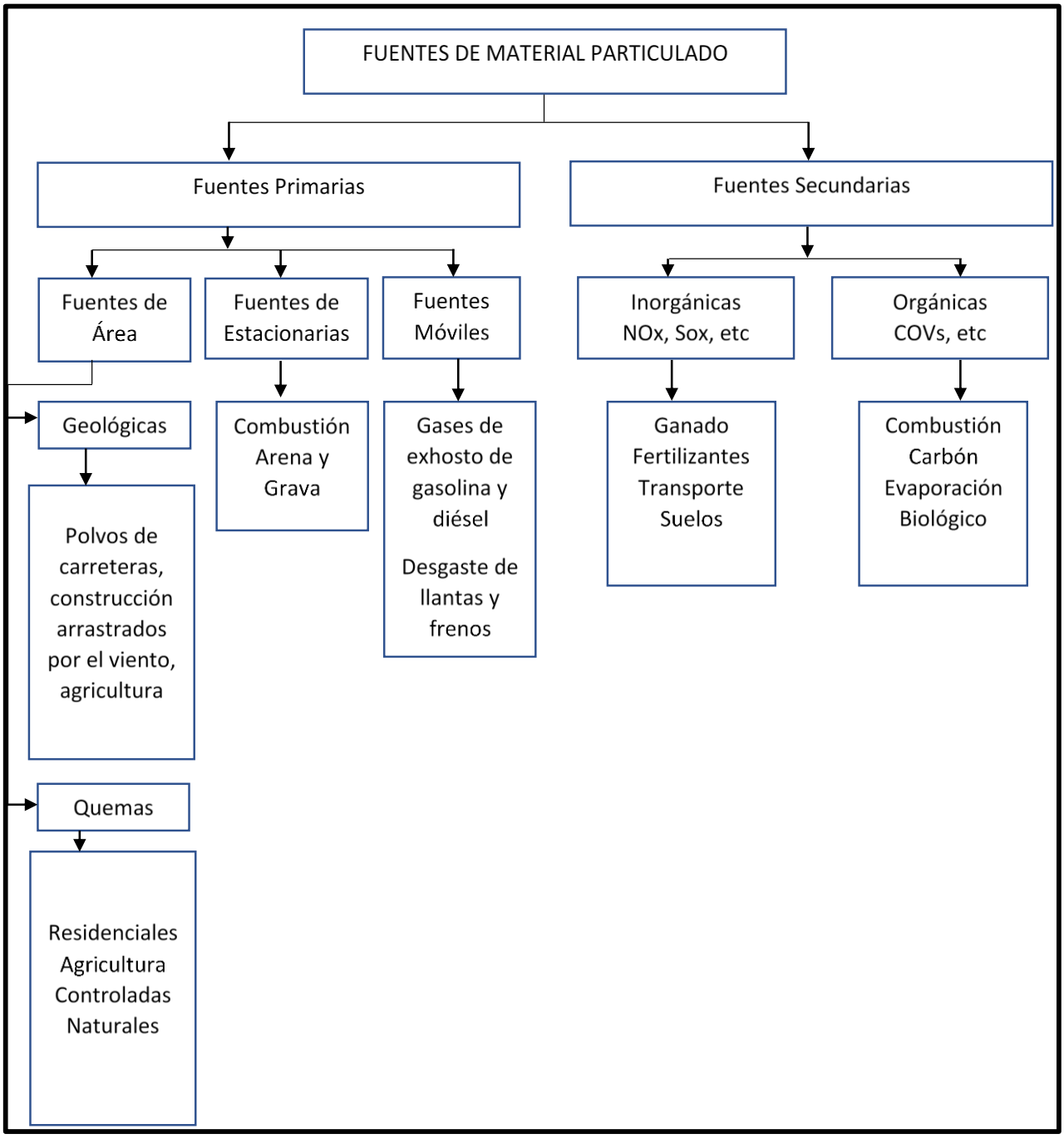
Emisión fugitiva natural, que es polvo suspendido por el viento, principal componente natural del aerosol atmosférico, especialmente en zonas áridas o semiáridas (originado por suspensión de tierra o erosión de rocas por acción del viento); **Emisión fugitiva antropogénica**, que son emisiones de polvo resuspendido o polvo fugitivo fruto de la actividad humana, estos son difíciles de cuantificar (corresponden a las emisiones provenientes de las calles pavimentadas y sin pavimentar, de la construcción y demolición, de la agricultura, manejo de materiales, etc.) partículas gruesas; **Fuentes fijas**, que incluyen el uso de combustibles fósiles en actividades industriales como por ejemplo de generación

termoeléctrica, en calefacción comercial y residencial, etc, fuentes móviles, emisiones provenientes de los gases de escape de los vehículos al polvo resuspendido por los vehículos, y otros componentes originados por desgaste de frenos y partes metálicas, degaste de neumáticos, etc, los motores diésel son los responsables en mayoría del material particulado primario, los motores de bencinero aportan gases CO, CO_V y NO_X precursores de material particulado secundario; finalmente como **otras fuentes** están , la actividad volcánica, suspensión de bioaerosoles (restos de vegetales, como polen, esporas, semillas o restos de insectos, están en la fracción gruesa), (Jorquera González, 2015)

2.2.4.2 FUENTES SECUNDARIAS

El material particulado secundario, es un componente importante de la masa total de partículas suspendidas y se encuentra en el intervalo $PM_{2.5}$, formado principalmente por sulfatos y nitratos, originados en reacciones de conversión de gases a partículas como, las partículas de sulfatos secundarios, partículas de nitratos secundarios, aerosoles secundarios orgánicos. (Jorquera González, 2015).

Figura 3. Clasificación de las fuentes de material particulado de origen antrópico



Fuente: (Allen, 2002)

2.2.5 CLASIFICACION DE FRACCION O MODA DEL MATERIAL PARTICULADO

El tamaño del material particulado tiene diferentes tamaños, o se divide en diferentes fracciones, (Puigcerver Zanón & Carrascal Triola, 2008), definen que el diámetro de las partículas atmosféricas en suspensión varía desde nanómetros (nm), hasta decenas de micrómetros (µm), y que generalmente se identifican diferentes dominios de tamaños de partículas denominados modas, las cuales están relacionadas en su mayoría de acuerdo con el mecanismo de formación como nucleación, aitken, acumulación y moda gruesa. (Jorquera González, 2015), menciona que los intervalos de tamaños de estas partículas también se pueden clasificar en nucleación, acumulación, fracción fina y fracción gruesa.

2.2.5.1 MODA NUCLEACION

Son las partículas menores a 0.02 µm, la mayor concentración en número de partículas se encuentran entre 5-15 nm, los únicos precursores gaseosos para formar partículas por nucleación homogénea en el ambiente son H_2SO_4, NH_3 y H_2O, su vida media es de horas ya que coagulan rápidamente con otras partículas o aumentan de tamaño por condensación, durante episodios de contaminación por la actividad del tráfico se detectan con frecuencia la presencia de partículas de esta moda, (Puigcerver Zanón & Carrascal Triola, 2008), se les denomina también partículas ultrafinas, las cuales son emitidas directamente en procesos de combustión, o se forman

por condensación de gases enfriados después de su emisión, sirven también para la formación de gotas en nubes o neblina, (Jorquera González, 2015).

2.2.5.2 MODA AITKEN

Son las partículas entre 0.02 y 0.1 µm, que pueden tener un origen primario (natural o antropogénico) o secundario (a partir de partículas de moda nucleación), se sabe poco de la composición química de esta partícula, pero es muy probable que su origen sean las partículas de nucleación por condensación y/o reacciones en fase liquida (con compuestos orgánicos), un ejemplo de una clase de partícula que su acumula típicamente en esta moda es el carbono de origen primario (hollín), originado por procesos de combustión, principalmente en motores diésel, (Puigcerver Zanón & Carrascal Triola, 2008), estas partículas de carbono sueles presentar diámetros de aproximadamente 100 nm (y generalmente > 30 nm), pudiendo llegar a alcanzar 150-200 nm, (Matter, Siegmann, & Burtscher, 1999)

2.2.5.3 MODA ACUMULACION

Partículas entre 0.1 y 1 µm, la mayor densidad de partículas se registra entre 150-250 nm. Las partículas de la moda Aitken en la atmosfera crecen hasta formar parte de la moda de acumulación por medio de reacciones en fase liquida que tienen lugar en gotas de agua en las nubes, (Puigcerver Zanón & Carrascal Triola, 2008), estas partículas de moda

acumulación también resultan de pequeñas partículas emitidas en procesos de combustión de la condensación de especies volátiles y de la suspensión de polvo fino del suelo. Este dominio presenta en general dos submundos, el modo condensación, centrado alrededor de 0.2 µm que contiene los productos de condensación desde la fase gaseosa (gas-solido), y el modo de pequeñas gotas (droplet mode) con un máximo en 0.7 µm, resultado del crecimiento por nucleación de partículas pequeñas y por reacciones ocurridas en gotas de agua (liquido-solido), (Jorquera González, 2015).

2.2.5.4 MODA FINA (FRACCION FINA)

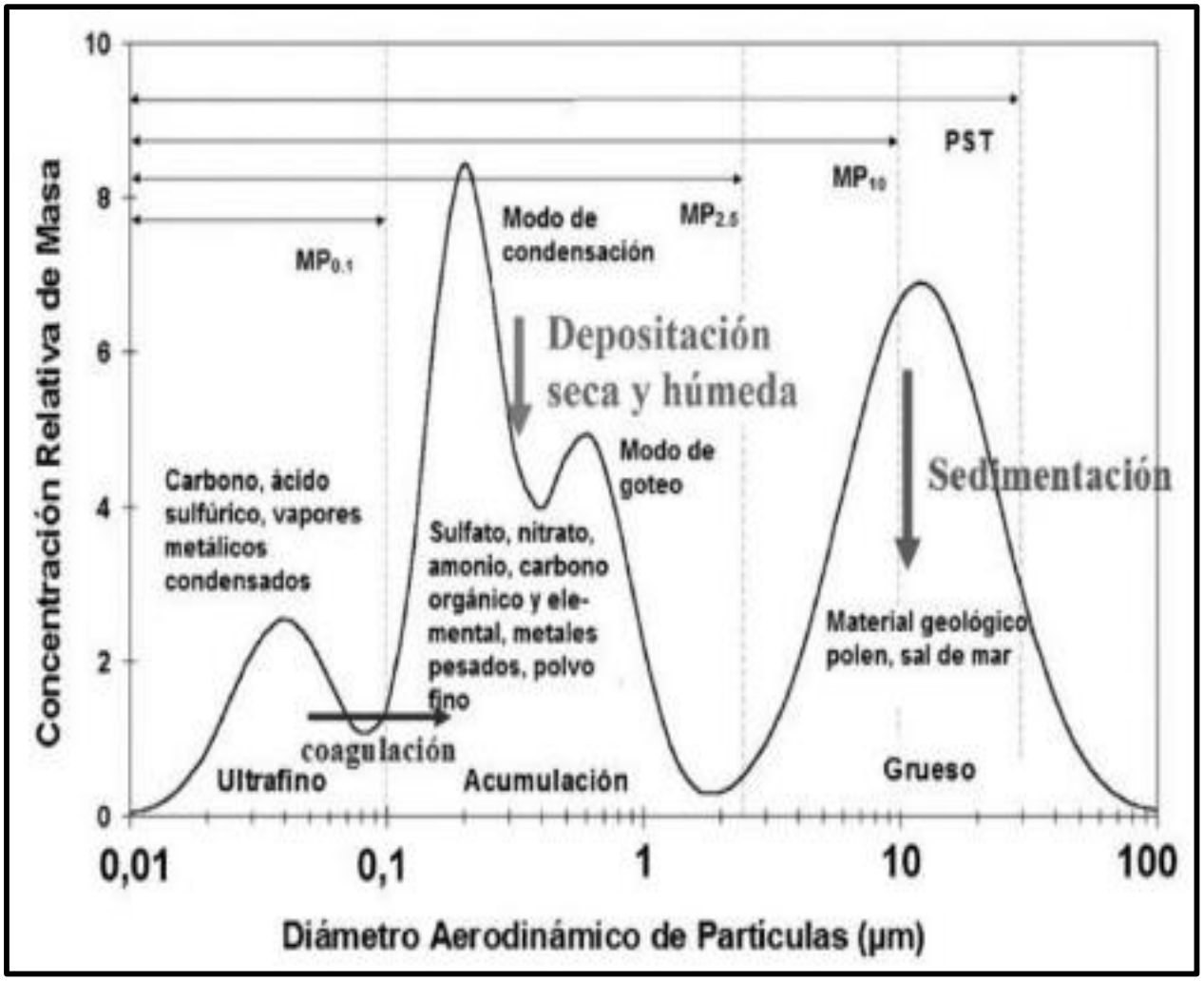
Esta partícula está formada por aquellas que tienen un diámetro menor al mínimo local de la distribución, generalmente esta entre 2 a 3 µm, formada por los rangos de nucleación y acumulación, y contiene la mayoría del material particulado de origen secundario, usualmente esta la fracción que se denota con el símbolo $PM_{2.5}$, (Jorquera González, 2015)

2.2.5.5 MODA GRUESA (FRACCION GRUESA)

En calidad de aire y epidemiologia esta moda comprende partículas mayores a un diámetro de 2.5 µm, la mayoría de estas partículas se forman por procesos mecánicos tales como la erosión de la superficie terrestre (materia mineral) o de otros materiales, o también por la explosión de burbujas en la superficie de mares y océanos (aerosol marino), (Puigcerver Zanón & Carrascal Triola, 2008), estas partículas también tienen un origen

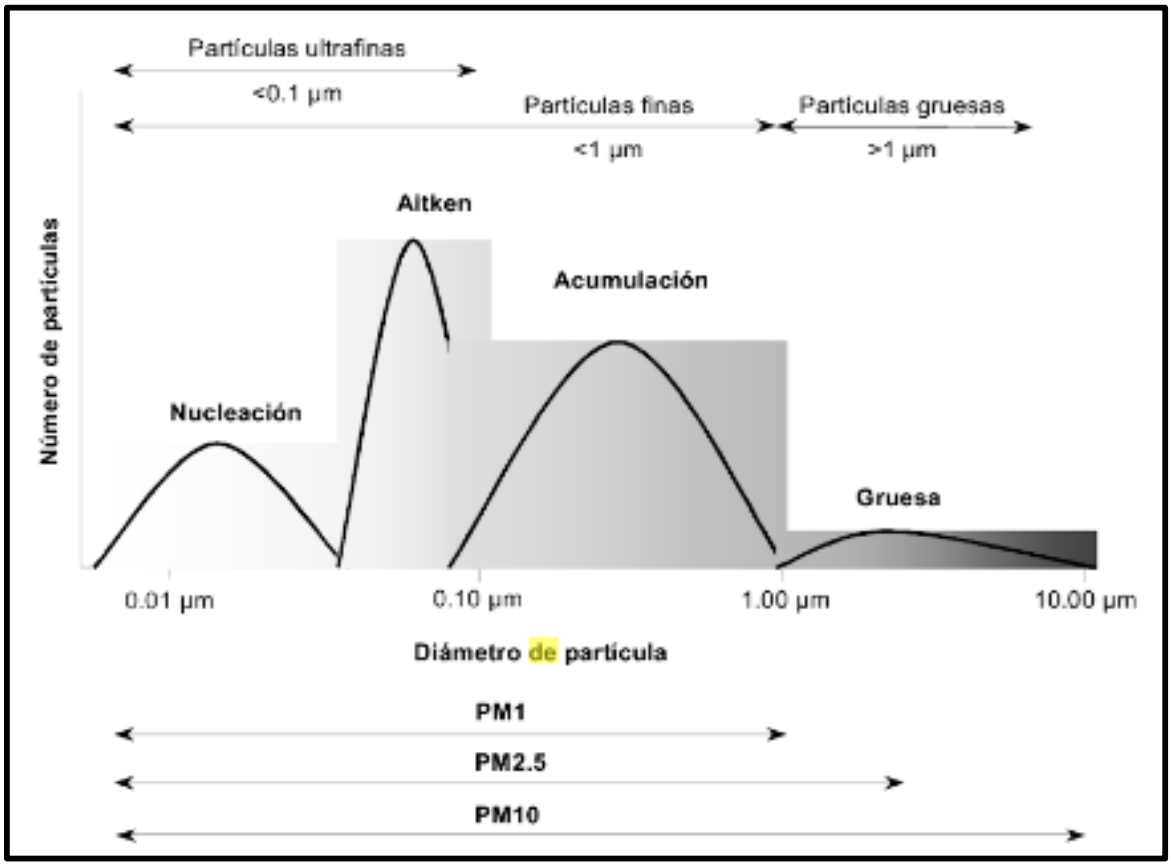
geológico y vegetal, así como por el desgaste de frenos y neumáticos, molienda de residuos depositados sobre caminos, y del manejo de sólidos en actividades de construcción, agrícola, de minería, etc., (Jorquera González, 2015)

Figura 4. Distribución de tamaños idealizada para aerosoles en el ambiente



Fuente: (Chow et al., 1998)

Figura 5. Distribución del número de partículas en función del diámetro

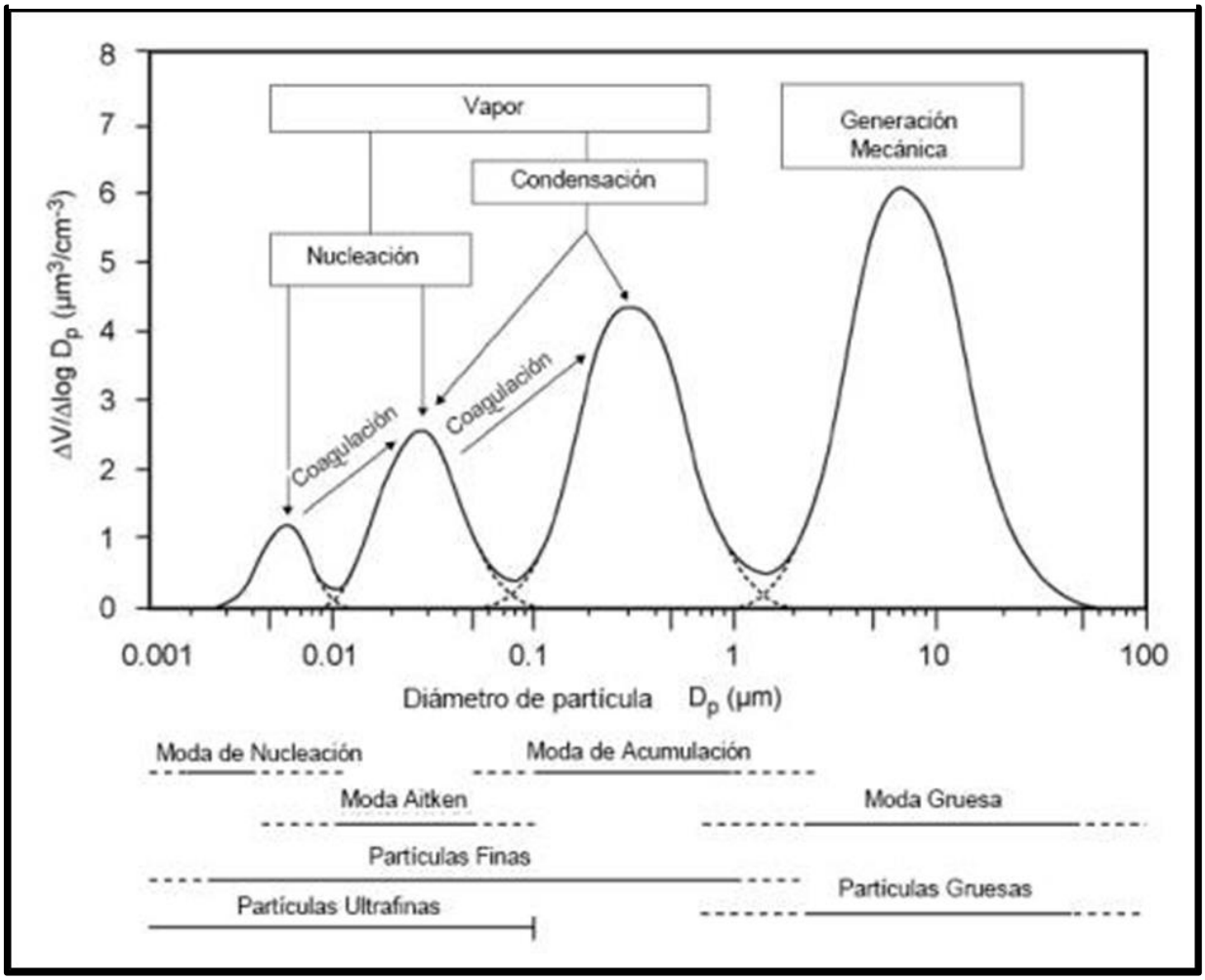


Fuente: (Querol et al., 2001)

Finalmente (Jorquera González, 2015), infiere que las partículas se pueden clasificar en diferentes fracciones, basándose en las características del equipo de tamizado o separación, donde refiere que separación es la recolección de partículas menores a un determinado diámetro aerodinámico, con una eficiencia de 50%, a este se le denomina punto de corte y por lo general se escoge para medir una fracción con algún significado especial, como los efectos en la salud por las partículas, también indica que el punto de corte usado tradicionalmente es el PM_{10} diseñado para seleccionar las partículas pequeñas capaces de entrar en la región torácica (partículas en suspensión respirables), y que por lo general

las mediciones del material particulado se describen en base a los puntos de cortes PM_{10} y $PM_{2.5}$ denominándose fracción gruesa a la resta PM_{10}-$PM_{2.5}$, aunque esta no contiene todo el material grueso, el que alcanza hasta 40 µm de tamaño; al total de las partículas sólidas suspendidas en el ambiente se les llama partículas totales suspendidas (PTS) y se incluyen tamaños de 30 a 40 µm, ya que el rápido crecimiento de la velocidad de sedimentación con el tamaño de partícula no permiten que partículas de mayores tamaños permanezcan suspendidas en el aire.

Figura 6. Distribución de modas según el tamaño de partícula µg/m³



Fuente: (EPA, 2004)

2.2.6 COMPOSICION QUIMICA DEL MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE (PM_{10})

El material particulado se puede agrupar en grupos como la fracción mineral, aerosol marino, compuestos orgánicos e inorgánicos, estas partículas se caracterizan por su granulometría predominante gruesa, aunque dependiendo de la velocidad del viento pueden encontrarse partículas del rango fina, (Alfaro, Gaudichet, Gomes, & Maillé, 1998), Su transporte puede alcanzar dimensiones intercontinentales, por ejemplo, aquellas partículas incluidas en las masas de aire procedentes del desierto del Sahara (Prospero, 1999), (Viana, Querol, Alastuey, Cuevas, & Rodriguez, 2002), y del Gobi (Wang et al., 2012), durante las erupciones volcánicas también se emiten partículas primarias que pueden alcanzar la estratosfera, (Finlayson-Pitts & Pitts, 2000).

Los principales constituyentes del aerosol atmosférico los componen el carbono orgánico, carbono elemental, sulfatos, nitratos, amonio, agua líquida, materiales geológicos y una variedad de elementos traza, y así mismo también esta composición química baria con el tamaño de las partículas, la zona geográfica y la estación del año. (Jorquera González, 2015)

2.2.6.1 MATERIAL GEOLOGICO

(Jorquera González, 2015), indica que el material geológico consiste en polvo superficial que se ha suspendido por distintos mecanismos y que

contiene óxidos de aluminio, silicio, calcio, titanio, hierro y otros metales oxidados. (Chow et al., 1998), también hace mención que el material geológico se encuentra primordialmente en la fracción gruesa (entre 2.5 y 10 µm), y que constituyen típicamente 50% del PM_{10} y solo contribuyen con un 5% y 15% el $PM_{2.5}$

2.2.6.2 CLORURO DE SODIO

Presente en el material particulado principalmente en localidades cercanas al mar, este se forma por suspensión de gotas de agua, y en ese estado forma parte de la fracción gruesa del PM_{10}, también es abundante en el $PM_{2.5}$ por evaporación del agua en las gotas suspendidas.(Jorquera González, 2015)

2.2.6.3 SULFATOS

Componentes como el sulfato de Sodio (Na_2SO_4), encontrándose en áreas costeras a partir de la neutralización del H_2SO_4 en gas, con el NaCl en sólido, y el yeso ($CaSO_4$), formado por la neutralización del H_2SO_4 gas con CaO del material geológico, ambas sales son abundantes en la fracción gruesa que está entre los rangos de PM_{10} y $PM_{2.5}$. (Jorquera González, 2015).

2.2.6.4 NITRATOS

El más común es el nitrato de amonio (NH_4NO_3), originado por la reacción entre ácido nítrico y gas amoniaco, otro nitrato es el $NaNO_3$, que

se encuentra en las costas y que se crea por reacción entre el ácido nítrico y la sal del mar, esta sal se encuentra mayoritariamente en la fracción gruesa del PM_{10}. (Jorquera González, 2015)

2.2.6.5 AMONIO

Los más comunes son el sulfato de amonio, bisulfato de amonio y el nitrato de amonio, formados principalmente por reacciones entre ácido sulfúrico o nítrico y el amoniaco de origen natural capaz de neutralizar a las especies gaseosas liquidas. (Jorquera González, 2015)

2.2.6.6 CARBONO ORGANICO

Principalmente se encuentran en la fracción fina, con una distribución bimodal con máximo en 0.2 μm y en 1μm, existe carbono orgánico de origen primario y secundario, el primero emitido en procesos de combustión, y el segundo formado alrededor de partículas existentes y por condensación de productos semivolatiles de la oxidación de los CO_V llamados precursores. (Jorquera González, 2015), en la actualidad se reconoce que el aporte de los CO_V emitidos por los vehículos a gasolina al carbono orgánico en una ciudad puede ser importante como el carbono orgánico directamente emitido por los vehículos diésel. (Strader, Lurmann, & Pandis, 1999)

2.2.6.7 CARBONO ELEMENTAL

Conocido como hollín, de color negro, y estructura similar a la del grafito, contiene así mismos compuestos orgánicos no volátiles como el alquitrán y coke, se forma principalmente en procesos de combustión como son la quema de madera, carbón y derivados del petróleo, (Jorquera González, 2015).

2.2.6.8 AGUA LIQUIDA

Las partículas que contienen sulfatos, nitratos, amonios y algunos compuestos orgánicos son higroscópicas, absorben vapor de agua de la atmosfera, especialmente cuando la humedad relativa excede el 70% y se alcanza el equilibrio de fases, parte de esta agua es retenida por los monitores e incorporada a la concentración total del PM_{10}, (Jorquera González, 2015).

2.2.6.9 METALES PESADOS

Los elementos traza encontrados predominantemente en la fracción fina son el Pb, Zn, Cd, As, Sb, y los elementos hallados en ambas fracciones tanto gruesa como fina son el Na, K, Fe, V, Cr, Co, Ni, Mn, Cu, Se, Ba, Cl, y finalmente los encontrados en la fracción gruesa son el Ca, Al, Ti, Mg, las concentraciones y proporciones relativas de estas especies en los diferentes rangos de tamaños dependen de los tipos de fuentes cercanas (geología del sector), y de la meteorología dominante. (Jorquera González, 2015).

Las fuentes potenciales de los metales trazas, como Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Co, V, As, Sb, Br y Ba, son fundamentalmente antropogénicos e incluyen motores de vehículos, combustión de carbón, petróleo, madera, desechos y la fundición de metales, el plomo y el bromo son emitidos principalmente por motores de automóviles; el Cu, Zn, Ba, Sb y Fe provienen del desgaste de frenos y neumáticos; el vanadio, potasio y el níquel vienen de la combustión de petróleo y carbón en actividades de generación de potencia y de vapor, el arsénico es característico de las fundiciones de cobre, en conjunto con Pb, Zn y Cu, los aditivos a los combustibles les añaden elementos como Ca y Mn a las emisiones de vehículos de diésel, así mismo se considera que el Fe, Mg, K, Mn, Al, Ti, V, Ca, Sr y Si, son de origen natural cuando se encuentran asociados esencialmente a las partículas más grandes (fracción gruesa PM_{10}, $PM_{2.5}$) (Jorquera González, 2015).

2.2.7 METALES PESADOS, CONTAMINACION ATMOSFERICA Y MATERIAL PARTICULADO

Elementos como el Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Sn y Sb son emitidos directamente a la atmosfera durante procesos de combustión de combustibles fósiles, (Lin et al., 2005), mientras que los metales Cr, Mn, Cu, Zn y As se relacionan con las procedentes de las industrias metalúrgicas, (Querol et al., 2002). Los metales relacionados con las emisiones del tráfico rodado son Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Sn, Sb y Ba. (Birmili,

Allen, Bary, & Harrison, 2006), (Aldabe Salinas, Santamaria, & Santamaria, 2011).

Los vehículos a diésel emiten en general partículas en una cantidad mayor que los vehículos de gasolina, y una proporción mayor de carbono elemental, además de cantidades significativas de Cl y Fe, (Harrison & Grieken, 1998), según (Weckwerth, 2001), en las emisiones de este tipo de vehículos puede haber añadidas importantes cantidades de Zn, Mo, Ni y Cu.

En el desgaste de neumáticos el elemento emitido más abundante es el Zn, mientras que en el de los frenos lo son el Sb, Cu, Mo, Cr, Ba y el Mn. (Hopke, Lamb, & Natusch, 1980), (Weckwerth, 2001).

. En esencia el factor tráfico representa las emisiones de los tubos de escape, las partículas procedentes de la abrasión de distintos componentes de los vehículos y las partículas re suspendidas por efecto del movimiento de los mismos, (Querol et al., 2001), (Salvador, Artíñano, Alonso, Querol, & Alastuey, 2004), según (Schauer et al., 2006), el material particulado emitido por esta fuente (tráfico vehicular), se compone de materia mineral procedente del firme de rodadura y del desgaste de frenos como de neumáticos y también de partículas carbonosas (principalmente carbono elemental) y diversos metales traza (Sb, Sn, K, Pb, Br, Cl, entre otros, dependiendo de numerosos factores).

Algunas actividades agrícolas también son emisoras de partículas, como la quema de biomasa, estudios previos han caracterizado las emisiones de esta actividad llevada a cabo con residuos de poda de naranjos, la distribución es muy similar a la de las emisiones de tráfico, aunque se observa un incremento en la fracción > 20 μm, estos focos, aunque dan lugar a altos niveles de partículas (hasta 100 $\mu g/m^3$ de PM_{10}) son de influencia muy local, (Alastuey, Mantilla, Querol, & Rodríguez, 2000)

El As (Arsénico), en el entorno natural, está presente en cantidades bastantes abundantes en la corteza terrestre y en cantidades más reducidas en la roca, el suelo, el agua y el aire, las mayores fuentes naturales de emisión de arsénico son volcanes activos, mientras que una pequeña cantidad proviene de la vegetación y del polvo impulsado por el viento, (Šerbula, Antonijević, Milošević, Milić, & Ilić, 2010), El As es reconocido por ser un elemento cancerígeno (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, 2004), que produce diferentes tipos de cáncer como cáncer a la piel, pulmón y vejiga urinaria, (Englyst, Lundström, Gerhardsson, Rylander, & Nordberg, 2001), (Cantor & Lubin, 2007), Además, estudios previos han demostrado que la exposición a As causa otros efectos adversos para la salud como la diabetes mellitus y la hipertensión, (Chen et al., 2007), (Coronado-González, Del Razo, García-Vargas, Sanmiguel-Salazar, & Escobedo-de la Peña, 2007), efectos respiratorios y cardiovasculares, efectos reproductivos y mutagénicos entre otros, (Mandal & Suzuki, 2002).

El Sb (Antimonio), en su estado natural se halla presente como metal metamórfico junto con el cobre y plomo, pasa a la atmosfera cuando se desgastan estos otros metales, (Fernández Espinosa, Ternero Rodríguez, Barragán de la Rosa, & Jiménez Sánchez, 2001), ya que se trata de un elemento muy volátil. El Sb se emite al medio ambiente a través de actividades humanas como la incineración de residuos, la minería, fundiciones y la combustión de combustibles fósiles, (Liu et al., 2011), aunque aparece principalmente asociado a las emisiones debidas a la abrasión de los frenos, (Querol et al., 2006). El Sb es un elemento muy toxico, la exposición industrial puede dar a lugar a la irritación del tracto respiratorio y a la aparición de erupciones transitorias en la piel, sin embargo, la exposición en cantidades relativamente altas durante un largo periodo de tiempo puede producir efectos más graves, tales como enfermedades pulmonares, problemas de corazón, efectos sobre el sistema inmunológico, (Tylenda & Fowler, 2007).

El Bi (Bismuto), es un elemento escaso en la naturaleza, algunas veces se encuentra en los aerosoles marinos asociado al hierro, (Fernandez Espinosa, 2001), El principal uso del Bismuto está relacionado con la obtención de aleaciones de bajo punto de fusión, también se usa en termopare en imanes permanentes y como catalizador en la obtención de fibras acrílicas. Otra aplicación importante es la fabricación de productos farmacéuticos, el Bi se usa en astringentes, antisépticos y en tratamientos para desordenes gástricos, (Yang & Sun, 2011), además de productos

cosméticos como esmaltes de uñas y pintalabios, Industrialmente, el Bismuto, es considerado como uno de los metales pesados menos tóxicos, aunque en grandes dosis pueden causar daños en el hígado (Emsley, 2003), insuficiencia renal, disfunción reversible del sistema nervioso, erupciones en la piel, pigmentación de las encías, (Fowler & Sexton, 2007).

El Cd (Cadmio), las principales actividades humanas relacionadas con la emisión de cadmio se asocian a los procesos pirometalúrgicos en el tratamiento de metales no férricos, vertederos municipales, procesos de tratamientos de residuos y su utilización en la fabricación de materias colorantes: pigmentos, pinturas, coloración de plásticos, impresión de enlace, cuero, vidrio y esmaltes, (Pallarés, Vicente, Jordán, Sanfeliu, & Pollution, 2007). La absorción de Cd tiene lugar a través de las vías respiratorias y digestivas. Su eliminación es lenta, lo que provoca la acumulación de este metal en el organismo (pulmones, riñón, hígado etc.), los efectos sobre la salud varían dependiendo del tiempo de exposición y van desde, la irritación de la mucosa nasal, el árbol respiratorio y el tubo digestivo, en el caso más leve, a afecciones renales, lesiones óseas, acción cancerígena, hipertensión etc., en el caso de exposiciones prolongadas, (Fernández Espinosa et al., 2001).

El Ni (Níquel), como fuente natural en la atmósfera son las partículas procedentes de las emisiones volcánicas y la erosión de las rocas y los suelos, (Kasprzak, Sunderman, & Salnikow, 2003), En cuanto a las fuentes antropogénicas, el Ni se encuentra como traza en el petróleo, por lo que su

contenido en la atmósfera se debe principalmente a procesos relacionados con la quema de combustibles para producir electricidad y calor (asociado a la parte inorgánica del carbón) y las emisiones procedentes del tráfico, también se emite en procesos pirometalúrgicos utilizados en la producción de metales no férricos y en la incineración de basuras en vertederos municipales, (Pallarés et al., 2007). La exposición humana al níquel se produce fundamentalmente por inhalación e ingestión, la alergia al níquel en forma de dermatitis de contacto, es la reacción más común y conocida. Aunque, la acumulación de níquel en el cuerpo a través de exposición crónica, puede conducir a la fibrosis pulmonar, enfermedades cardiovasculares y enfermedades del riñón, los problemas más graves se relacionan con la actividad cancerígena del níquel, (Denkhaus & Salnikow, 2002), principalmente cáncer del tracto respiratorio.

El Pb (Plomo), entre las aportaciones naturales se puede destacar las originadas por incendios y emisiones volcánicas, en las áreas industriales la contaminación de plomo es mucho más elevada debido a los usos industriales de este elemento y de sus derivados, entre los procesos industriales que utilizan el plomo se encuentran las industrias químicas (pinturas, esmaltes, etc), industrias mineras, procesos de fundición y recuperación de metales, la incineración de residuos, fangos de depuración y la combustión de las gasolinas con plomo, el transporte (vehículos con motor a gasolina) ha sido durante muchos años la mayor fuente de emisión de plomo, al ser empleado como aditivo de la gasolina, sin embargo, en la

actualidad la normativa medioambiental prohíbe y limita su utilización, disminuyendo bastante dichas emisiones con el uso creciente de gasolina sin plomo, (ETC/ACC Tecnical paper, 2010/1 (May 2010)).

El plomo es absorbido por los seres humanos, a través del tracto gastrointestinal o por medio de las vías respiratorias. Su deposición se produce en gran medida en el esqueleto, aumentando los efectos de la osteoporosis y alterando la formación normal de la hidroxiapatita de calcio debilitando los huesos, (Skinner, 2000). Los efectos del plomo en el organismo son muy variados: estreñimiento, disminución del apetito, dolor de cabeza, anemia, fatiga, daños en el sistema nervioso, daño cerebral, carcinogénesis, etc. (Pyatt, Pyatt, Walker, Sheen, & Grattan, 2005).

2.2.8 MARCO LEGAL NACIONAL E INTERNACIONAL PARA PM_{10} Y OTROS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

A continuación, se muestra la normativa existente tanto a nivel nacional e internacional en relación al material particulado menor a 10 micras, donde se podrá apreciar que la normativa internacional es más rigurosa que la nacional.

2.2.8.1 NACIONAL

Desde el 7 de Junio del año 2017 se aprobó el D.S 003-2017-MINAM, estándar de calidad ambiental para el aire, cuya aplicación ya está en vigencia.

Tabla IV. Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu g/m^3$)	Criterios de Evaluación	Método de Análisis
Benceno (C_6H_6)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg)	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frio (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frio (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O_3)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM_{10}	Mensual	1.5	NE más de 4 veces al año	Método para PM_{10} (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0.5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrogeno (H_2S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: (D.S N°003-2017)

2.2.8.2 INTERNACIONAL

En el ámbito internacional, los estándares de calidad ambiental para el aire son los siguientes:

Tabla V. Guía de la Calidad del Aire de la OMS

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu g/m^3$)
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$)	Medial anual	10
	Media de 24 horas	25
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})	Medial anual	20
	Media de 24 horas	50
Ozono (O_3)	Media de ocho horas	100
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	Media anual	40
	Media de una hora	200
Dióxido de Azufre (SO_2)	Media de 24 horas	20
	Media de 10 minutos	500

Fuente: (Organizacion Mundial de la Salud, 2005)

Tabla VI. Estándares de Calidad de Aire de la Comisión Europea

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu g/m^3$)
Dióxidos de Azufre (SO_2)	1 hora	350
	24 horas	125
Dióxidos de Nitrógeno (NO_2)	1 hora	200
	1 año	40
Plomo (Pb)	1 año	0.5
Partículas con diametro de 2.5 micras o menos ($PM_{2.5}$)	1 año	25
Partículas con diámetro de 10 micras o menos (PM_{10})	24 horas	50
	1 año	40

Fuente: (European Commission, 2008)

Tabla VII. Estándares de Calidad de Aire de la Agencia de Protección Ambiental

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu g/m^3$)/ ppm
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	Media aritmética anual	100 $\mu g/m^3$
	1 hora	235 $\mu g/m^3$
Ozono (O_3)	8 horas promedio	.075 ppm
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	365 $\mu g/m^3$
	1 hora	196 $\mu g/m^3$
Monóxido de Carbono (CO)	Media aritmética anual	80 $\mu g/m^3$
	8 horas	9 ppm
	1 horas	35 ppm
Plomo (Pb)	Promedio Trimestral	1.5 $\mu g/m^3$
Partículas con diámetro de 10 micras o menos (PM_{10})	24 horas promedio	150 $\mu g/m^3$
	Media Anual	50 $\mu g/m^3$
Partículas con diámetro de 2.5 micras o menos ($PM_{2.5}$)	Media aritmética anual	12 $\mu g/m^3$
	24 horas promedio	35 $\mu g/m^3$

Fuente: (EPA EE.UU)

Tabla VIII. Estándares de Calidad de Aire del Estado de California EE.UU

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu g/m^3$)
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	Media aritmética anual	57 $\mu g/m^3$
	1 hora	339 $\mu g/m^3$
Ozono (O_3)	8 horas	137 $\mu g/m^3$
	1 hora	180 $\mu g/m^3$
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	105 $\mu g/m^3$
	1 hora	655 $\mu g/m^3$
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	9 ppm
	1 hora	20 ppm
Plomo (Pb)	Promedio de 30 días	1.5 $\mu g/m^3$
Partículas con diámetro de 10 micras o menos (PM_{10})	24 horas	50 $\mu g/m^3$
	Media aritmética anual	20 $\mu g/m^3$
Partículas con diámetro de 2.5 micras o menos ($PM_{2.5}$)	Media aritmética anual	12 $\mu g/m^3$

Fuente: (Agencia de Proteccion Ambiental de California, 2002)

Tabla IX. Estándares de Calidad del Aire de España

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu g/m^3$)
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	125
	1 hora	350
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	Anual	40
	1 hora	200
Ozono (O_3)	8 horas	120
Plomo (Pb)	Año	0.5
Partículas con diámetro de 10 micras o menos (PM_{10})	24 horas promedio	50
	Anual	40
Partículas con diámetro de 2.5 micras o menos ($PM_{2.5}$)	Media aritmética anual	25

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2016)

Tabla X. Estándares de Calidad de Aire de Australia

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu g/m^3$) / ppm
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	0.08 ppm
	1 hora	0.20 ppm
	Anual	0.02 ppm
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	Anual	0.03 ppm
	1 hora	0.12 ppm
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	9 ppm
Ozono (O_3)	4 horas	0.08 ppm
	1 hora	0.10 ppm
Plomo (Pb)	Año	0.5 $\mu g/m^3$
Partículas con diámetro de 10 micras o menos (PM_{10})	24 horas promedio	50 $\mu g/m^3$
	Anual	25 $\mu g/m^3$
Partículas con diámetro de 2.5 micras o menos ($PM_{2.5}$)	24 horas	25 $\mu g/m^3$
	Anual	8 $\mu g/m^3$

Fuente: (Agencia de Proteccion Ambiental de Australia, 2016)

Tabla XI. Estándares de Calidad de Aire de México

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu g/m^3$) / ppm
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	0.13 ppm
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 hora	0.21 ppm
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	11 ppm
Partículas con diámetro de 10 micras o menos (PM_{10})	24 horas Anual	120 $\mu g/m^3$ 50 $\mu g/m^3$
Partículas con diámetro de 2.5 micras o menos ($PM_{2.5}$)	24 horas Anual	65 $\mu g/m^3$ 15 $\mu g/m^3$
Plomo (Pb)	Trimestral	1.5 $\mu g/m^3$

Fuente: (Instituto Nacional de Ecologia)

2.2.8.3 INDICES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA MATERIAL PARTICULADO PM_{10}

Los índices de calidad de aire, es relativo según como lo establezca cada país, de acuerdo a su normativa ambiental, en el caso del material particulado a continuación se muestra el Índice de calidad Nacional para PM_{10} y algunos internacionales.

Tabla XII. Indice Nacional de Calidad del Aire para PM_{10}

Intervalo de Indice de Calidad de Aire	Intervalo de Concentración ($\mu g/m^3$) / 24 horas
Buena (0-50)	0-75
Moderada (51-100)	76-150
Mala (101-167)	151-250
Umbral de cuidado > 167	>250

Fuente: (Resolucion Ministerial N° 181-2016-MINAM)

Tabla XIII. Indice de Calidad del Aire para PM_{10}, Estado de Durango México

Intervalo de Indice de Calidad de Aire	Intervalo de Concentración ($\mu g/m^3$) / 24 horas
Buena (0-50)	0-37
Moderada (51-100)	38-75
Mala (101-150)	76-125
Umbral de cuidado (151-200)	126-319
Extremadamente Mala >201	>320

Fuente: (Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire - Estado Durango)

Tabla XIV. Indice de Calidad del Aire para PM_{10}, Estado de Victoria Australia

Intervalo de Indice de Calidad de Aire	Intervalo de Concentración ($\mu g/m^3$) / 24 horas
Muy Buena	0-16.4
Buena	16.5-32.9
Razonable	33-49.9
Pobre	50-74.9
Muy Pobre	>75

Fuente: (Agencia de Proteccion Ambiental de Australia, 2016)

Tabla XV. Indice de Calidad del Aire para PM_{10} Europeo

Intervalo de Indice de Calidad de Aire	Intervalo de Concentración ($\mu g/m^3$)
Bueno	0-20
Razonable	20-35
Moderado	35-50
Pobre	50-100
Muy Pobre	100-1200

Fuente: (Agencia de Medio Ambiente Europeo)

Tabla XVI. Indice de Calidad del Aire para PM_{10}, EPA

Intervalo de Indice de Calidad de Aire	Intervalo de Concentración ($\mu g/m^3$)
Bueno (0-50)	0-54
Moderada (51-100)	55-154
Dañina a la Salud para grupos Sensibles (101-150)	155-254
Dañina a la Salud (151-200)	255-354
Muy Dañina a la Salud (201-300)	355-424
Peligrosa (301-500)	425-604

Fuente: (Environmental Proteccion Agency U.S, 2016)

2.2.8.4 NORMATIVA INTERNACIONAL PARA METALES PESADOS EN EL AIRE

A nivel Nacional, no contamos con una normativa en relación a la concentración de metales pesados en el aire, en el material Particulado, a excepción del Pb que si lo contempla el D.S 003-2017-MINAM, es por ello que a continuación se describen las principales normativas internacionales para la concentración de material particulado.

Tabla XVII. Criterios de Calidad de Aire para Metales Pesados

N°	Metal	Símbolo	AAQC ($\mu g/m^3$)	Período
1	Oxido de Aluminio	Al	120	24 horas
2	Antimonio	Sb	25	24 horas
3	Arsénico	As	0.3	24 horas
4	Cadmio	Cd	0.025	24 horas
5	Cromo	Cr	0.5	24 horas
6	Cobalto	Co	0.1	24 horas
7	Cobre	Cu	50	24 horas
8	Hierro	Fe	4	24 horas
9	Plomo	Pb	0.5	24 horas
10	Litio	Li	20	24 horas
11	Manganeso	Mn	0.2	24 horas
12	Mercurio	Hg	2	24 horas

N°	Metal	Símbolo	AAQC (µg/m^3)	Período
13	Molibdeno	Mn	120	24 horas
14	Níquel	Ni	0.1	24 horas
15	Selenio	Se	10	24 horas
16	Plata	Ag	1	24 horas
17	Titanio	Ti	120	24 horas
18	Uranio	U	0.15	24 horas
19	Vanadio	V	2	24 horas
20	Zinc	Zn	120	24 horas
21	Berilio	Be	0.01	24 horas

Fuente: (Ontario Ministry of the Environment, 2012)

Tabla XVIII. Valores típicos en el aire ambiental para Metales Pesados EPA, EE. UU

N°	Metal	Símbolo	Valores Típicos en el Aire Ambiental (µg/m^3)		USEPA
			Rural	Urbano	RC
1	Antimonio	Sb	<0.001	0.032	-
2	Arsenico	As	0.002	0.02	0.00057
3	Berilio	Be	0.0001	0.002	0.001
4	Cadmio	Cd	0.001	0.008	0.0014
5	Cromo	Cr	0.002	0.02	-
6	Cobalto	Co	0.0001	0.0005	0.00027
7	Cobre	Cu	0.01	0.29	-
8	Hierro	Fe	0.3	1.6	-
9	Plomo	Pb	0.02	0.04	0.03
10	Manganeso	Mn	0.001	0.02	-
11	Mercurio	Hg	0.0001	0.014	-
12	Níquel	Ni	0.006	0.02	0.01
13	Selenio	Se	0.0001	0.015	-
14	Plata	Ag	0.0005	0.004	-
15	Vanadio	V	0.0008	0.065	0.1
16	Zinc	Zn	0.006	0.103	-

Fuente: (Geiger Andrea & Cooper John, 2010)
A: Valor típico en el Material Particulado del Aire Ambiental de Estados Unidos
RC: Valor mínimo de riesgo de Cáncer (1 en un millón)

2.2.9 EFECTOS EN LA SALUD HUMANA POR PARTE DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

Los contaminantes atmosféricos no solamente alteran el comportamiento normal del aire o atmosfera a nivel químico y/o físico, también son los causantes de diversos problemas de salud en el ser humano, y ello se da a una escala global, diversos estudios realizados han demostrado ello.

A continuación, se muestran tablas donde se describen los contaminantes atmosféricos y sus efectos a corto, y largo plazo en el sistema respiratorio y otros sistemas, como órganos.

Tabla XIX. Efectos adversos de los contaminantes aéreos sobre el sistema respiratorio

Contaminante	Efecto a corto plazo	Efecto a largo plazo
Material particulado "respirable" (PM_{10}) y fino ($PM_{2.5}$)	Aumento de morbimortalidad respiratoria. Disminución en la función pulmonar Interferencia en mecanismos de defensa pulmonar: fagocitos y depuración mucociliar. Síndrome bronquial obstructivo	Menor desarrollo de la estructura y función del sistema respiratorio. Mayor riesgo de cáncer en la edad adulta (HAPs)
Particulado ultrafino ($PM_{0.1}$)	Mayor respuesta inflamatoria (comparado con PM_{10} y $PM_{2.5}$) Pasaje rápido a la circulación y a otros órganos.	

Contaminante	Efecto a corto plazo	Efecto a largo plazo
Ozono (O_3)	Disminución de frecuencia respiratoria y disminución de CVF y VEF. Alveolitis neutrofilica, aumento de permeabilidade e hiperreactividad bronquial. Alteración del epitelio alveolar (células tipo II)	Daños de células epiteliales, "bronquiolización" alveolar. Disminución del desarrollo de CVF y VEF.
Dióxido de Azufre (SO_2)	Obstrucción bronquial. Hipersecreción bronquial	Bronquitis crónica**.**
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	Hiperreactividad bronquial Aumento de síntomas respiratorios y exacerbaciones de asma. Aumenta la respuesta a la provocación con alérgenos. Disminución de la actividad mucociliar.	Posible decremento del desarrollo pulmonar.
Monóxido de Carbono (CO)	Disminución en la capacidad de ejercicio.	
Plomo (Pb)	Alteración del epitelio bronquiolar (células de Clara)	

Fuente: (D´ amato G & Holgate S T, 2002), (American Thoracic Society Committe of the Environmental and Occupational Health Assembly, 1996)
CVF: Capacidad Vital Forzada
VEF: Volumen Respiratorio Forzado en el primer segundo
HAPs: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Tabla XX. Efectos no respiratorios de los contaminantes atmosféricos

Órganos /Sistemas	Contaminantes	Efectos
Cardiovascular	Material particulado	Disminución de la variabilidad en la frecuencia cardiaca ante el estrés.
	Monóxido de carbono	Interfiere el transporte de O_2 por la hemoglobina.
	Plomo / Vanadio	Mayor frecuencia de hipertensión arterial en población adulta.
	Ozono (O_3)	Comunicación interventricular (administración prenatal en ratas)
Unidad materno-fetal	Monóxido de carbono y $PM_{2.5}$ (hidrocarburos aromáticos policíclicos: HAP)	Bajo peso de nacimiento Baja talla al nacer.
Sistema nervioso central y autonómico	Monóxido de carbono	Cefalea, irritabilidad, disminución de percepción auditiva y visual, compromiso progresivo y letal de conciencia en concentraciones altas.
	Plomo	Hiperquinesia, trastornos del aprendizaje; encefalopatía; cólicos intestinales.
	Ozono (O_3)	Daño cerebeloso en células de Purkinje (administrado prenatalmente en ratas)
Renal	Cadmio y Vanadio	Toxicidad renal.
	Plomo	Tubulopatía.
Hematopoyético	Plomo	Anemia.
Óseo	Plomo	Reemplazo del Ca+2 en los huesos produciendo descalcificación.

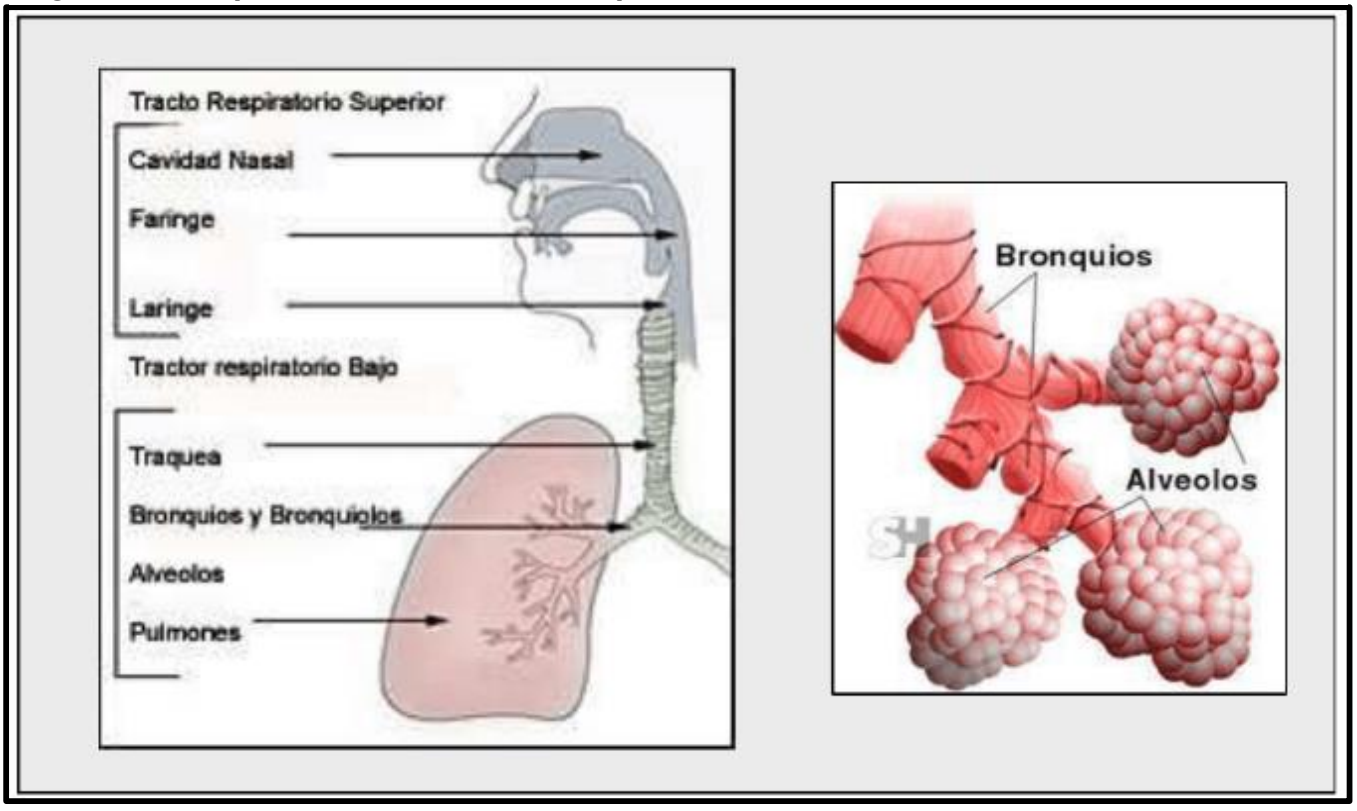
Fuente: (Oyarzun G, 2010)

La morbimortalidad por enfermedades cardiovasculares incrementa a causa de la contaminación atmosférica especialmente de PM_{10} y CO, especialmente la arterioesclerosis, arritmias e insuficiencia coronaria en adultos.(Peters, von Klot, & Heier, 2005)

2.2.9.1 EL SISTEMA RESPIRATORIO Y EFECTOS EN LA SALUD HUMANA POR MATERIAL PARTICULADO

La respiración es un proceso involuntario y automático, mediante el cual se extrae el oxígeno del aire inspirado y se expulsan los gases de desecho con el aire espirado. A continuación, se muestra una ilustración del sistema respiratorio.(García Lozada, 2009)

Figura 7. Componentes del sistema respiratorio humano, detalle de la sección alveolar



Fuente: (Weijers et al., 2001)

El aire que se inhala por la nariz, se calienta y humedece en la nariz. Luego pasa a la faringe y penetra en la tráquea. A la mitad de la altura del pecho, la tráquea se divide en dos bronquios, a su vez estos se dividen de nuevo, llegando a los bronquios secundarios, terciarios y finalmente en unos 250 000 mil bronquiolos, estos al final se agrupan en racimos de alveolos que son pequeños sacos de aire, donde se realiza el intercambio de gases con la sangre. Los pulmones tienen aproximadamente 300 millones de alveolos. (García Lozada, 2009).

(Nieto, 1993), describe que los conductos (nariz, faringe, tráquea, bronquios y bronquiolos) poseen un recubrimiento pegajoso que atrapa las partículas grandes, mayores a 3 µm, las cuales son transportadas hacia la laringe gracias al movimiento de las cillias de las células que los tapizan, los alveolos están rodeados de capilares, de forma que entre el espacio libre del saco alveolar y el interior del capilar que rodea, solo hay dos células, las mismas que junto con sus membranas basales y los líquidos que llenan los espacios entre ellas, conforman lo que se llama la barrera sangre-gas, la cual alcanza un grosor menor de 0.001 mm, el sistema respiratorio, es el que tiene el mayor contacto con el medio externo, diariamente se inhalan entre 10.000 y 12.000 litros de aire y junto con este, toda clase de bacterias, hongos, esporas de hongos, epitelios de animales, polen, contaminantes atmosféricos gaseosos y material particulado.

A. EFECTOS BIOLOGICOS DEL MATERIAL PARTICULADO

(Garcia Lozada, 2009), los clasifica de la siguiente manera: **Efectos fibrogénicos**, ocasionado por los polvos que pueden producir una reacción fibrosa en los pulmones, polvos de minerales como: asbestos, carbón, metálicos, tungsteno, carburo de titanio, berilio y aluminio, radiactivos, de talco, algunos vegetales; **Efectos irritantes**, como la irritación de las mucosas de los ojos, tracto respiratorio, estas se manifiestan por enrojecimiento, hinchazón, rasquiña, lagrimeo, estornudos y tos.

Efectos alérgicos, se dan por ciertos polvos casi exclusivamente de origen vegetal o animal, con propiedades alérgicas, ejemplo, algunos cereales, variedad de plantas, pieles, plumas y polen. Las enfermedades que surgen por estos polvos son conjuntivitis alérgica, rinitis alérgica, laringotraqueitis, bronquitis asmática, alveolitis y bagazosis; **Efectos cancerígenos**, por los polvos de arsénico y sus óxidos, plomo y otros metales que están asociados al cáncer del pulmón, de nariz y de piel. (García Lozada, 2009)

Efectos tóxicos sistémicos, son efectos que se caracterizan por trascender del sistema respiratorio y producen manifestaciones en otros órganos y sistemas, tales como el hígado, los riñones, o el sistema nervioso central, no siempre se afecta al sistema respiratorio, por ejemplo, las partículas de cadmio, manganeso afectan al sistema respiratorio, pero también a los riñones, los huesos, entre otros, el plomo en cambio no

produce efectos locales sobre el tracto respiratorio, pero si en el sistema de formación de células sanguíneas y en el sistema nervioso central y periférico. **Efectos en la piel**, las partículas de fibra de vidrio, o materiales resistentes al fuego, se incrustan con facilidad en la piel y causan un tipo de dermatitis folicular, otros como detergentes a los que se les han adicionado enzimas causan dermatitis irritativa.(García Lozada, 2009)

B. EFECTOS SEGÚN LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS PARTICULAS

(Garcia Lozada, 2009), los clasifica de la siguiente manera: **Distribución de tamaños**, el tamaño de partícula determina si esta puede ser inhalada, y en que parte del sistema respiratorio se deposita. Las partículas pueden ser inhaladas cuando son menores a 10 µm. Las partículas entre 0.5 y 2.5 µm se depositan en las secciones extratoraxicas y en la sección de tráquea-bronquios. Los mecanismos de acción son impactación, asentamiento y sedimentación. Las partículas con diámetro inferior a 1 µm penetran a los alveolos pulmonares.

Número, o cantidad de partículas tiene su valor máximo según la distribución en la sección de ultrafinos. A este tipo de partículas podrían atribuírseles efectos a la salud debido a las siguientes propiedades: tamaño suficientemente pequeño para ser transportada por el sistema vascular, tamaño que les permite alcanzar los espacios intersticiales de los tejidos del pulmón por consiguiente evadiendo a los macrófagos, una alta

eficiencia de deposición en los alveolos o en las vías extratoraxicas, las partes vulnerables de las vías respiratorias, una relación superficie / diámetro alta de tal forma que los compuestos tóxicos pueden adherirse rápidamente.(García Lozada, 2009).

Superficie, según la distribución superficie-tamaño, la mitad de las partículas se encuentran en la región de ultrafinas y relativamente una gran proporción de estas son de carácter insoluble. La otra mitad se encuentran entre los diámetros de 0.2 a 1 µm. Debido a la capacidad para depositar materiales tóxicos se ha encontrado que una gran superficie tiende a incrementar la toxicidad de las partículas**.**

C. EFECTOS A LA SALUD SEGÚN LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS PARTICULAS

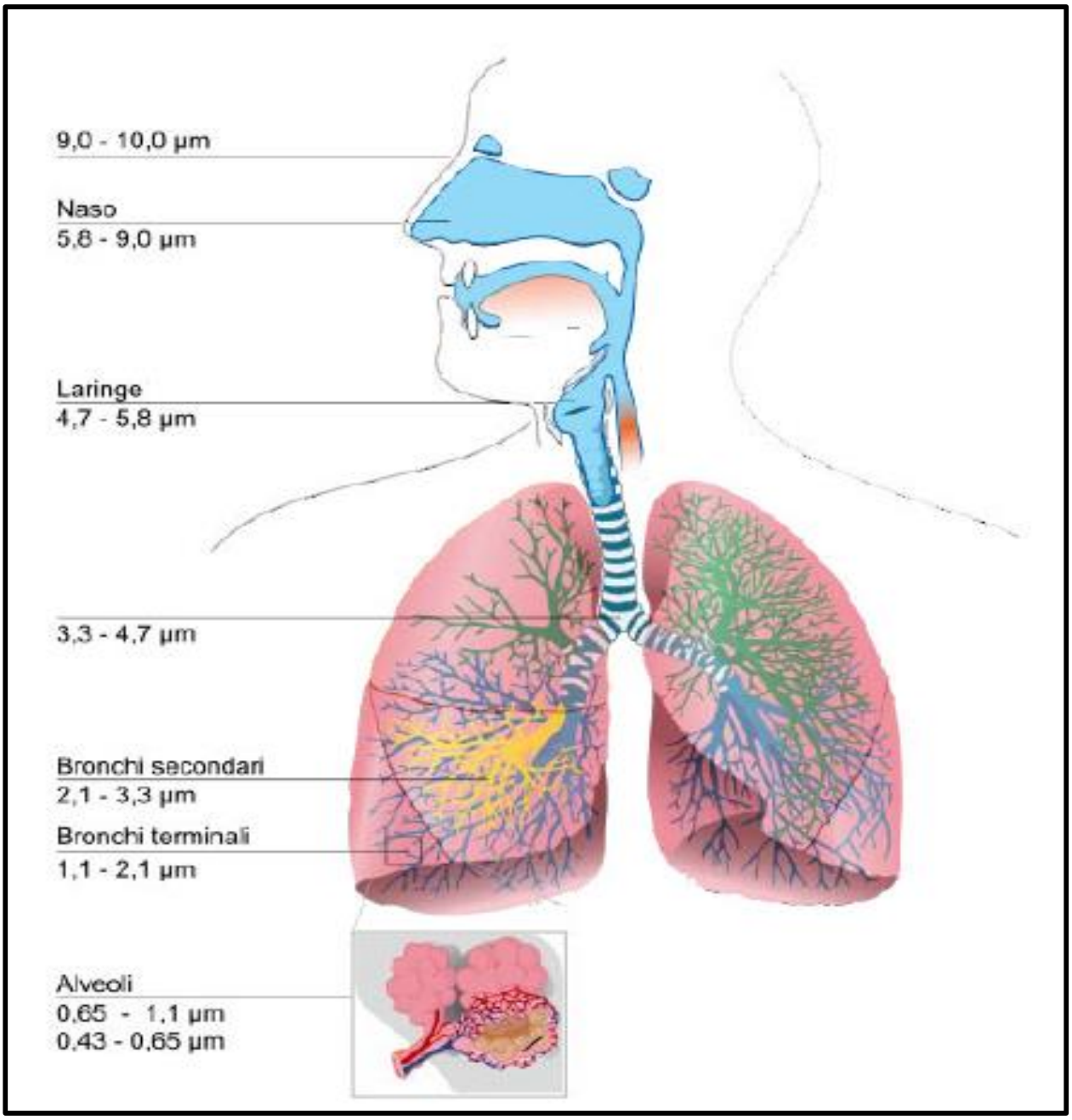
(García Lozada, 2009), los clasifica de la siguiente manera: **Compuestos inorgánicos**, los más importantes son los sulfatos, nitratos, amonio y ácidos. Las investigaciones sobre estas sustancias (Weijers et al., 2001), (EPA, 1997), señalan que los ácidos y los sulfuros contribuyen de forma reducida a la toxicidad de las partículas, ya que la acidez no es la causa directa de los efectos, pero ejerce influencia en los mecanismos de defensa contra otros agentes extraños, por ejemplo, el mecanismo de defensa contra las infecciones bacterianas en el pulmón, o puede llegar a intensificar el daño causado por el ozono.

Compuestos carbonáceos, dentro de estos compuestos está el carbón elemental, conocido también como hollín, que se asocia a las

emisiones por diésel y generalmente se considera una fracción toxica del PM, ya que puede causar efectos agudos y crónicos. **Los hidrocarburos policíclicos** aromáticos, cuya presencia se relaciona con el carbón elemental semivolatil, emitidos en fracción pequeña, este tipo de compuestos pueden absorberse en las partículas de todos los tamaños, con estudios se ha demostrado que son cancerígenos y genotóxicos, y finalmente las endotoxinas, que son un grupo de compuestos carbonáceos de origen biológico considerados perjudiciales a la salud. (Garcia Lozada, 2009)

Metales pesados, se caracterizan por su amplia dispersión ambiental, su tendencia a acumularse selectivamente en los tejidos humanos y su gran capacidad toxica incluso a niveles bajos de exposición. Se les atribuyen efectos en un amplio rango de enfermedades tales como: cáncer, neurotoxicidad, inmunotoxicidad, cardiotoxicidad, toxicidad reproductiva y genotoxicidad, (Howard, 2002), (Nieto, 1993). También cuando son inhaladas partículas con pequeños contenidos de metales o sus compuestos derivados, estas de depositan sobre las regiones bronquiales y alveolares del sistema respiratorio, y de acuerdo a su tamaño logran llegar a otros órganos como el riñón, el hígado y el cerebro. (Howard, 2002).

Figura 8. Tamaño de partículas con la profundidad asociada de deposición pulmonar



Fuente: (Particulate Danger Image, 2008)

2.2.10 VARIABLES METEOROLOGICAS

En el presente estudio de investigación también se ha trabajado con las variables meteorológicas, de las cuales se han recopilado información; las variables monitoreadas fueron: temperatura, presión atmosférica, viento, humedad.

2.2.10.1 TEMPERATURA

Es una unidad de magnitud, utilizada para describir el estado de la atmosfera, la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y otra, y también entre una ubicación geográfica y otra, en el invierno puede llegar a estar bajo los 0°C y en verano superar los 40°C. (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2016), también se mide en grados kelvin (K°), grados Fahrenheit (F°).

2.2.10.2 PRESION ATMOSFERICA

La presión atmosférica depende de muchas variables como por ejemplo la altitud, mientras más arriba en la atmosfera nos encontramos, la cantidad de aire por encima nuestro será menor, lo que hará que también sea menor la presión que este ejerza sobre un cuerpo ubicado allí, el aire que nos rodea, aunque no lo notemos, presa y por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debida a la acción de la gravedad, esta fuerza por unidad de superficie es la denominada presión atmosférica, y su unidad de medida en el sistema internacional es el pascal (1pascal = $1N/m^2$), así

mismo la presión atmosférica tiene otras principales condicionantes como la situación geográfica, temperatura, humedad y otras condiciones meteorológicas, (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2016), también se mide en milímetros de mercurio (mmhg).

2.2.10.3 EL VIENTO

El viento se puede traducir como el movimiento de aire desde una zona hasta otra. Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura, por ejemplo cuando entre dos zonas la presión del aire es distinta, este tiende a moverse desde la zona de alta presión a la zona de baja presión, en el caso que una diferencia térmica sea el origen del viento, lo que ocurre es que cuando una masa de aire adquiere una temperatura superior a la de su entorno, su volumen aumenta, lo cual hace disminuir su densidad, es así que por efecto de la flotación la masa de aire caliente ascenderá, y su lugar será ocupado por otras masas de aire, que en su desplazamiento ocasionaran el viento, en la atmósfera existe una relación directa entre presión y viento también. (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2016). la velocidad del viento se mide en metros por segundo, que es la más utilizada (m/s).

2.2.10.4 RADIACION SOLAR

La energía solar transferida por el sol a la tierra, es lo que se conoce como energía radiante o radiación, esta viaja a través del espacio en forma de ondas que llevan asociada una determinada cantidad de energía, la atmosfera es casi transparente a la radiación solar, pero la superficie terrestre y otros cuerpos situados sobre ella si lo absorben. (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2016), su unidad de medida es watts por metro cuadrado (Watts/m^2).

2.2.10.5 HUMEDAD

La humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire., dicha cantidad no es constante, sino que dependerá de diversos factores, como si ha llovido recientemente, si estamos cerca al mar, si hay plantas, entre otros, la medida que más se utiliza es la humedad relativa que se expresa en tanto por cierto (%). (Ministerio de Agricultura y Pesca, 2016)

2.2.11 METODOS DE MEDICION PARA CALIDAD DE AIRE

De acuerdo a las guías de la calidad del aire de la OMS, los métodos de monitoreo se pueden dividir en cuatro tipos genéricos principales con diferentes costos y niveles de desempeño, los cuales incluyen a los muestreadores pasivos, activos, analizadores automáticos y sensores remotos.(Dirección General de Salud Ambiental, 2005) Estos se describen a continuación:

Muestreadores Pasivos, Ofrecen un método simple y eficaz en función de los costos para realizar el sondeo de la calidad del aire en un área determinada. A través de la difusión molecular a un material absorbente para contaminantes específicos, se recoge una muestra integrada durante un determinado periodo (que generalmente varía entre una semana y un mes). Los bajos costos por unidad permiten muestrear en varios puntos del área de interés, lo cual sirve para identificar los lugares críticos donde hay una alta concentración de contaminantes, como las vías principales o las fuentes de emisión, y donde se deben realizar estudios más detallados. Para aprovechar al máximo esta técnica, se debe contar con un diseño cuidadoso del estudio y vigilar los procedimientos de aseguramiento y control de la calidad seguidos en el laboratorio durante el análisis de la muestra.

Muestreadores Activos, Las muestras de contaminantes se recolectan por medios físicos o químicos para su posterior análisis en el laboratorio. Por lo general, se bombea un volumen conocido de aire a través de un colector –como un filtro (muestreador activo manual) o una solución química (muestreador activo automático)- durante un determinado periodo y luego se retira para el análisis. Hay una larga historia de mediciones con muestreadores en muchas partes del mundo, lo que provee datos valiosos de línea de base para análisis de tendencias y comparaciones. Los sistemas de muestreo (para gases), el acondicionamiento de muestras, los sistemas de ponderación para el

material particulado (MP) y los procedimientos de laboratorio son factores clave que influyen en la calidad de los datos finales.

Analizadores Automáticos, Pueden proporcionar mediciones de alta resolución (generalmente en promedios horarios o mejores) en un único punto para varios contaminantes criterio (SO_2, NO_2, CO, MP), así como para otros contaminantes importantes como los CO_V. La muestra se analiza en línea y en tiempo real, generalmente a través de métodos electro ópticos: absorción de UV o IR; la fluorescencia y la quimiluminiscencia son principios comunes de detección. Para asegurar la calidad de los datos de los analizadores automáticos, es necesario contar con procedimientos adecuados para el mantenimiento, la operación y el aseguramiento y control de calidad.

Sensores Remotos, Son instrumentos desarrollados recientemente que usan técnicas espectroscópicas de larga trayectoria para medir las concentraciones de varios contaminantes en tiempo real. Los datos se obtienen mediante la integración entre el detector y una fuente de luz a lo largo de una ruta determinada. Los sistemas de monitoreo de larga trayectoria pueden cumplir un papel importante en diferentes situaciones de monitoreo, principalmente cerca de las fuentes. Para obtener datos significativos con estos sistemas, es necesario contar con procedimientos adecuados para la operación, calibración y manejo de datos. Estos métodos requieren de mucha atención en la calibración de los instrumentos y el aseguramiento de la calidad para obtener datos significativos.

2.2.11.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS METODOLOGIAS PARA MEDICION DE CALIDAD DE AIRE.

Existe una amplia variedad de métodos que están disponibles para la medición de contaminantes en el aire, con una amplia variación en costos y precisión. Los métodos de monitoreo específicos deben ser seleccionados tomando en consideración los objetivos del programa de monitoreo y el presupuesto disponible. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005).

Tabla XXI. Ventajas y desventajas de las diferentes técnicas de monitoreo de la calidad del aire

Métodos	Ventajas	Desventajas
Muestreadores Pasivos	-Muy económicos. -Muy simples. -No dependen de cables de electricidad. -Se pueden colocar en números muy grandes -Útiles para sondeos, mapeos y estudios de línea de base.	-No ha sido probado para algunos contaminantes. -Sólo suministran promedios mensuales y semanales. -Requieren mano de obra intensiva para su funcionamiento y el consiguiente análisis. -No existe un método de referencia para monitorear el cumplimiento. -Lenta generación de datos
Muestreadores activos	-Económicos. -De fácil manejo. -Operación y rendimiento confiables. -Cuentan con base de datos históricos.	-Suministran promedios diarios. -Requieren mano de obra intensiva para la recolección y análisis de muestras. -Requieren análisis de laboratorio

Fuente: (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)

Métodos	Ventajas	Desventajas
Analizadores Automáticos	-Han sido debidamente probados. -Alto rendimiento. -Datos horarios. -Información en línea.	-Sofisticados. -Costosos. -Demandan alta calificación. -Altos costos recurrentes
Sensores Remotos	-Proporcionan datos en función de la ruta y del rango de concentración. -Útiles cerca de fuentes. -Mediciones de componentes múltiples	-Muy sofisticados y costosos. -Soporte, operación, calibración y validaciones difíciles. -No comparable con mediciones puntuales. -Visibilidad atmosférica e interferencia.

Fuente: (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)

2.2.11.2 METODOS DE REFERENCIA NACIONAL PARA MEDICION DE CONTAMINANTES CRITERIO

En el D.S 074-2001-PCM, establece los métodos de referencia para la medición de contaminantes criterio, como también las normas técnicas nacionales vigentes para algunos contaminantes. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005), los cuales se muestran a continuación:

Tabla XXII. Métodos de referencia

Métodos	Ventajas	Desventajas
Dióxido de azufre	Fluorescencia UV	NTP ISO 10498:2006
PM_{10}	Separación inercial / filtración	NTP 900.030 del 24 de Abril del 2003 (vigente)
Monóxido de Carbono	Infrarrojo no dispersivo	NTP 900.031 del 24 de Julio del 2003
Dióxido de Nitrógeno	Quimiluminiscencia	NTP 900.033 del 02 de Julio del 2004
Ozono	Fotometría UV	NTP 900.034: 2005
Plomo	Método PM_{10} (espectrofotometría de absorción Atómica	NTP 900.032 del 23 de Noviembre del 2003
Sulfuro de Hidrógeno	Fluorescencia UV	En proceso

Fuente:(Dirección General de Salud Ambiental, 2005)

2.2.11.3 METODOS EQUIVALENTES PARA MEDICION DE CONTAMINANTES CRITERIO

A continuación, se describe los métodos equivalentes para medición de contaminantes criterio.

Tabla XXIII. Métodos equivalentes

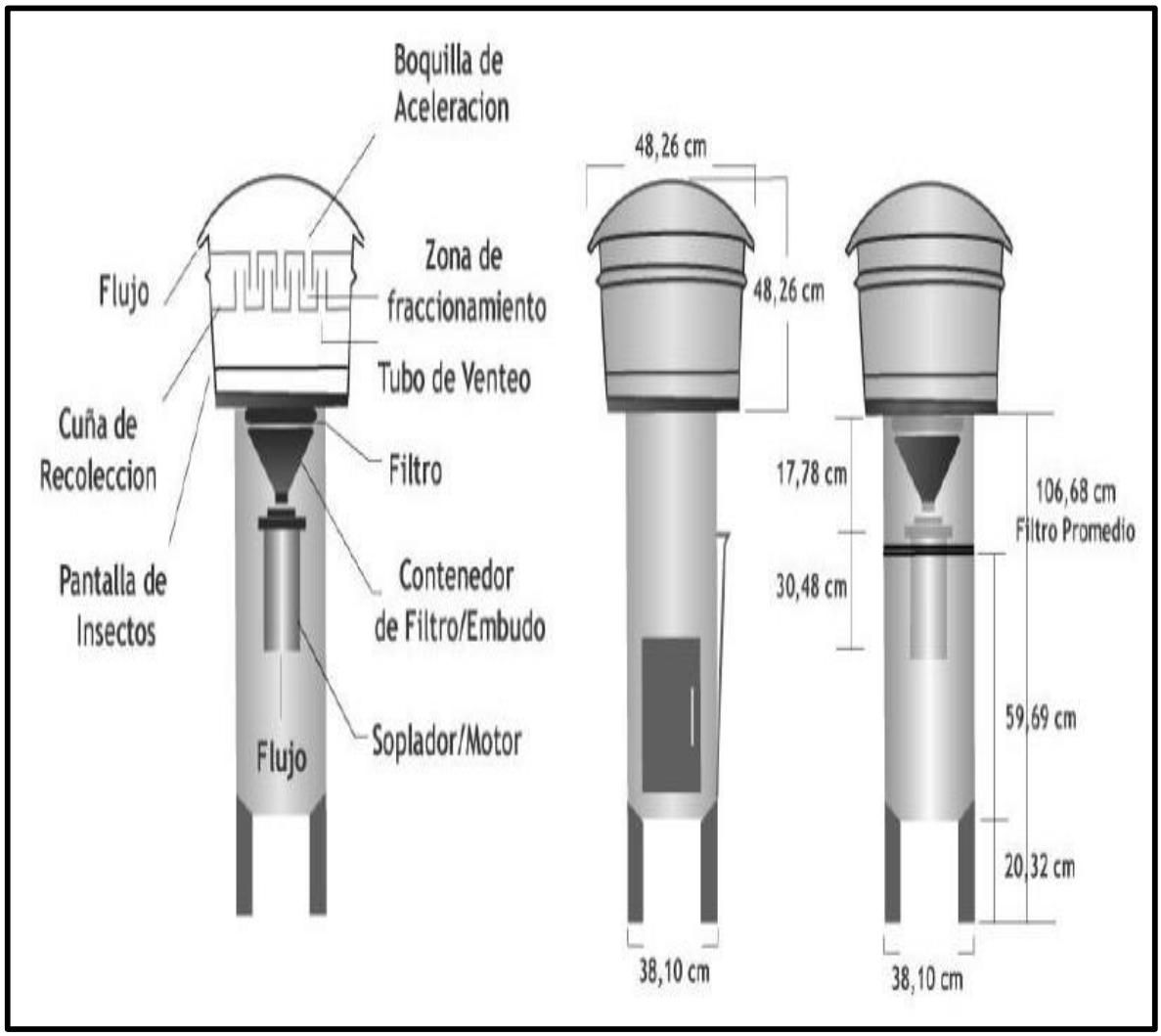
Contaminante	Método Equivalente
Dióxido de azufre	− Espectrometría de absorción óptica diferencial con calibración in situ − Método de la pararosanilina Contaminante Método Equivalente − Método acidimétrico − Cromatografía por intercambio de iones − Método de la trietanolamina/glicol por espectrofotometría − Método del hidróxido de potasio/glicerol por espectrofotometría − Método del carbonato de sodio/glicerina por cromatografía de intercambio de iones
PM_{10}	− Microbalanza oscilante de elementos cónicos (TEOM) − Analizadores de absorción por radiación beta − Método por transducción gravimétrica de oscilaciones inducidas. − Método gravimétrico de muestreador de bajo volumen equipado con cabezal PM_{10}
Monóxido de Carbono	− Método de la zeolita / cromatografía de gases con detector FID
Dióxido de Nitrógeno	− Espectrometría de absorción óptica diferencial con calibración in situ − Métodos modificados de Griess-Saltzmann − Método de la trietanolamina por espectrofotometría
Ozono	− Quimiluminiscencia con etileno − Espectrometría de absorción óptica diferencial con calibración in situ − Cromatografía líquida gas/sólido − Método NBKI − Método del 1,2 dipiridil etileno/espectrofotometría − Método del yoduro de potasio − Método del nitrito de sodio/carbonato de sodio/glicerina por cromatografía de iones − Reflactancia del índigo carmín
Plomo	− Espectrometría de absorción atómica sin flama − Espectrometría de emisión de plasma acoplado inducido − Espectrometría FRX energía dispersiva − Espectrometría FRX longitud de onda dispersiva
Sulfuro de Hidrógeno	- Fluorescencia UV

Fuente: (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)

2.2.12 MUESTREADOR DE ALTO VOLUMEN (HIGH VOL)

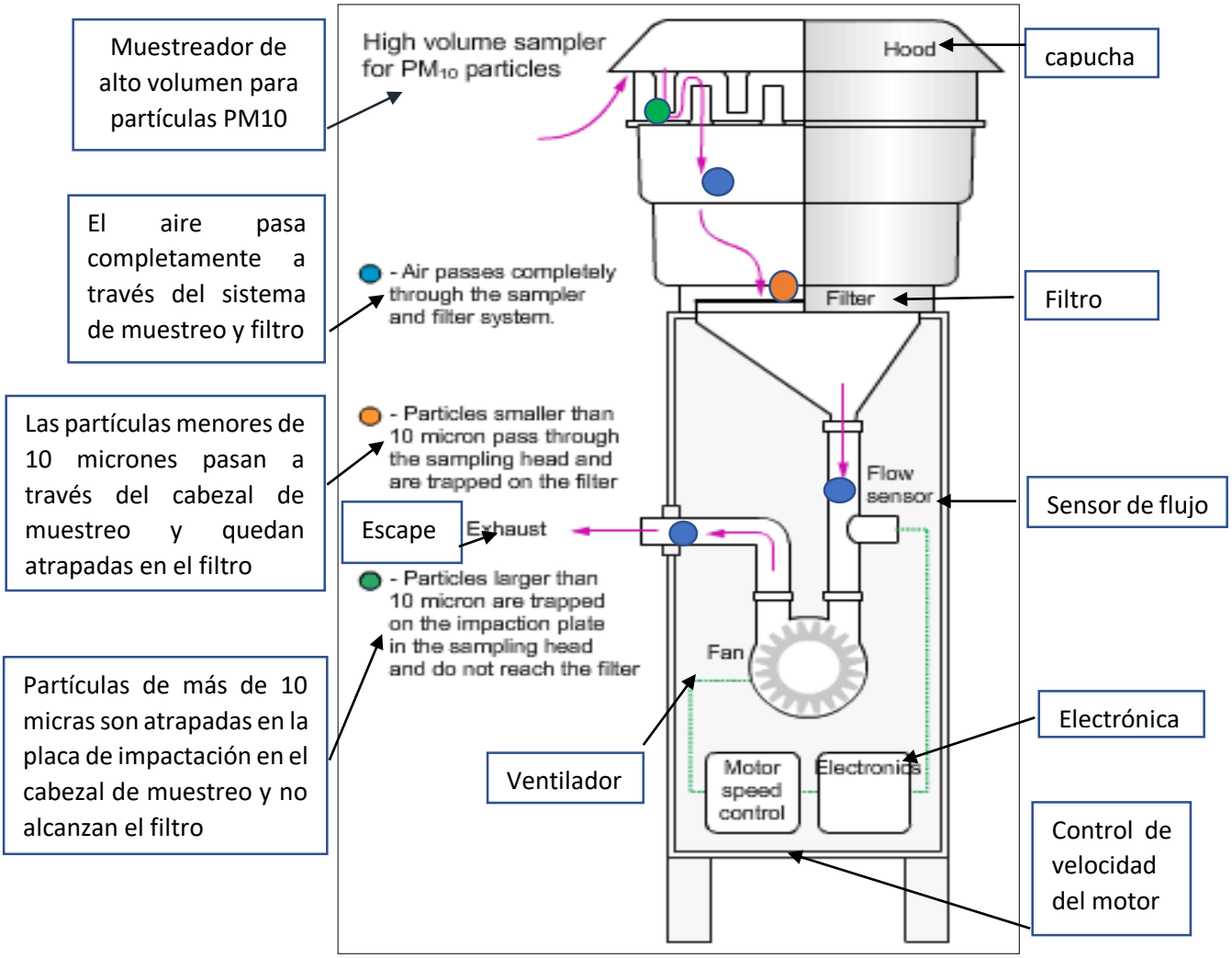
Dentro del Método activo para monitoreo de calidad de aire, se encuentra una serie de muestreadores para material particulado menor a 10 micras, tanto de bajo y alto volumen, es así que para el presente estudio de investigación se ha utilizado el Muestreador de alto Volumen, conocido como “High Vol”, el cual se muestra a continuación:

Figura 9. Muestreador de alto volumen High Vol



Fuente: (Ministerio de Ambiente, 2008)

Figura 10. Funcionamiento del muestreador de alto volumen High Vol



Fuente: (Calidad del Aire Blogspot)

2.2.13 METODOLOGIA PARA MONITOREO, DETERMINACION DE MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE MENOR O IGUAL A 10 MICRAS Y METALES PESADOS

Para el presente estudio de investigación, se hizo uso de referencias nacionales como internacionales para poder monitorear, determinar, el material particulado respirable menor o igual a 10 micras, como también los metales pesados que se encuentran en él, por ejemplo dentro de las

referencias nacionales están: El Protocolo de monitoreo de calidad del aire y gestión de los datos DIGESA 2005, y la NTP 900:030-2003 (Método de referencia para la determinación de material particulado respirables como PM_{10} en la atmosfera).

Dentro de las referencias internacionales son los siguientes: Método de la EPA I.O 2.1 1999 (Sampling of Ambient air for total suspended particulate matter (SPM) and PM_{10} using High Volume (HV) sampler), EPA Capitulo N°1 CFR 40 part 50 apendice J, Método de la EPA I.O 3.1 1999 (Selection, preparation and extraction of filter material), Método de la EPA I.O 3.4 1999 (Determination of metals in ambient particulate matter using inductively coupled plasma “ICP” spectroscopy).

2.2.13.1 REFERENCIA PARA MONITOREO Y DETERMINACION DE MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLES MENOR O IGUAL A 10 MICRAS

Como se detalló anteriormente, para el monitoreo del contaminante PM_{10} se usó como referencia lo que indica el protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de los datos (Direccion General de Salud Ambiental, 2005), el cual señala que para la selección de sitios de monitoreo se debe tener en cuenta el propósito del monitoreo definido claramente, revisión de información histórica (datos climatológicos, meteorológicos, mapas, etc.), se debe identificar las áreas potenciales para la localización de equipos de monitoreo, desarrollar una lista de verificación para la evaluación del sitio de monitoreo, inspeccionar los sitios potenciales

en cada área, , seleccionar el sitio final para que se lleve a cabo el monitoreo, ello de acuerdo al contaminante criterio que en este caso es el material particulado, finalmente la estación de monitoreo debe ser accesible en todo momento, la seguridad debe estar garantizada frente a vandalismo, y siempre se debe contar con suministro eléctrico en caso de equipos por método automático o activo.

Con respecto al monitoreo meteorológico (Direccion General de Salud Ambiental, 2005), recomienda que este siempre acompañe a los monitores de calidad de aire de cualquier contaminante atmosférico, ya que el clima tiene una fuerte influencia en la dispersión y concentración de los contaminantes. Así mismo indica que para la instalación de una estación meteorológica esta debe estar en una altura de 6 metros como mínimo o de preferencia a 10 metros; se debe de contar con mediciones mínima como humedad, precipitación, temperatura, así como la velocidad del viento y su dirección, si se contase con recursos suficientes se puede incluir radiación solar, presión barométrica y radiación ultravioleta; el sitio de instalación debe estar libre de influencia de árboles, edificios, estructuras, al menos a una distancia de 10 veces la altura de los obstáculos nombrados; la resolución mínima de recolección de datos meteorológicos debe ser horaria, y el periodo de monitoreo para modelo atmosféricos o análisis de tendencias debe ser mínimo un año que es lo recomendable.

También, se tomó como referencia a la NTP 900:030 2003, que toma como modelo al Método EPA I.O 2.1 1999, CFR 40 Part 50, apéndice J, donde señala que para la determinación de PM_{10}, primero un muestreador aspira aire del ambiente a flujo constante dentro de un orificio de forma especial donde el material particulado respirable en suspensión es separado inercialmente en fracciones de uno o más tamaños dentro del rango de tamaños de PM_{10}, luego es colectado en un filtro separado durante el periodo de muestreo especificado. Cada filtro es pesado (Luego de equilibrar la humedad) antes y después de su uso para determinar su ganancia neta de peso del PM_{10} recolectado; el volumen total de aire muestreado, corregido a las siguientes condiciones de referencia indicadas (25°C, 101,3 kPa), se determina a partir del flujo medido y del tiempo de muestreo, y la concentración másica de PM_{10} en el aire se calcula dividiendo la masa total de partículas recolectadas entre el volumen de aire muestreado, y se expresa en microgramos por metro cubico que es estándar.

El cálculo para la determinación de material particulado se da mediante las siguientes ecuaciones:

$$\mathbf{Qstd = Qa \times (Pav / Tav)\ (Tstd / Pstd)}$$

Donde

Qstd = Flujo promedio a condiciones de referencia indicadas (25°C, 101,3 kPa), m^3 std/min

Qa = Flujo promedio a condiciones ambientales, m^3/min

Pav = Presión barométrica promedio durante el periodo de muestreo o presión barométrica promedio para el lugar de muestreo, kPa (o mm de Hg)

Tav = Temperatura ambiente promedio durante el periodo de muestreo o temperatura ambiente estacional promedio para el lugar de muestreo K°

Tstd = Temperatura estándar, definida como 298 K°

Pstd = Presión estándar, definida como 101, 3 kPa (o 760 mm de hg)

$$\mathbf{Vstd = Qstd \times t}$$

Donde

Vstd = Total de aire muestreado en unidades patrón de volumen, m^3 std

T = Tiempo de muestreo, min

$$\mathbf{PM_{10} = (Wf\text{-}Wi) \times 10^{-6} / Vstd}$$

Donde

PM_{10} = Concentración másica de MP_{10} en ug/m^3 std

Wf, Wi= Peso final y peso inicial del filtro colector de partículas de PM_{10}, en gramos

10^{-6} = conversión de g a µg.

2.2.13.2 METODO PARA SELECCIÓN, PREPARACION Y EXTRACCION DE MATERIAL DE FILTRO.

Se usó como referencia el método de la EPA I.O 3.1 1999 (Selection, preparation and extraction of filter material), el cual consiste en la selección de los medios del filtro, numeración y pesaje antes de uso de los filtros en campo, pesaje final de los filtros post-campo y extracción por microondas o acido caliente de los metales para poder analizarlos por ICP, FAA, ICP/MS o GFAA

2.2.13.3 METODO PARA DETERMINACION DE METALES PESADOS EN MATERIAL PARTICULADO.

Se usó como referencia el método de la EPA I.O 3.4 1999 (Determination of metals in ambient particulate matter using Inductively Coupled Plasma “ICP” Spectroscopy), consiste en que luego de que se haya enumerado, pesado los filtros antes y después del monitoreo; y se haya hecho el proceso de extracción por microondas o acido caliente como lo explica el método EPA I.O 3.1 1999; se procede a analizar las muestras por espectroscopia de plasma acoplado inductivamente o ICP, donde se analizan los componentes metálicos presentes en el material particulado.

2.2.14 SOFTWARE PARA REPRESENTACION ESPACIAL, ANALISIS METEOROLOGICO Y CONCENTRACION DE PM_{10}

2.2.14.1 WRPLOT VIEW

Es un programa para windows mediante el cual se generan gráficas de rosa de los vientos y gráficas para varios formatos de datos

meteorológicos. Una rosa de los vientos muestra la frecuencia de ocurrencia de los vientos en cada una de las direcciones del viento proporcionadas y las clases de velocidad para tiempo y lugar específicos. Se considera que este programa es un sustituto a U.S. EPA DOS utility WRPLOT. (Lakes Environmental, 2018)

2.2.14.2 SURFER

Es un software completo para la visualización en 3D, la creación de isolíneas, y el modelado de superficies que se ejecuta bajo Microsoft Windows. Surfer se utiliza ampliamente para el modelamiento 3D del terreno, modelamiento batimétrico, la visualización del paisaje, análisis de superficies, cartografía de curvas de nivel, la cartografía de superficie 3D, grillado, la volumetría, y mucho más. (Geosoluciones, 2018)

2.2.14.3 ARCGIS

Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica, mediante mapas, para representaciones espaciales (ArcGis Resources, 2018)

2.2.15 ESTADISTICA PARA TRATAMIENTO DE DATOS

Para el tratamiento de datos se empleó estadística no paramétrica y paramétrica.

2.3 DEFINICION DE TERMINOS

- Contaminante: Forma de materia o energía presente en un medio al que no pertenece, o bien, por arriba de su concentración natural en un medio no contaminado. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)
- Contaminante primario: Contaminante emitido a la atmosfera a partir de una fuente identificable por ejemplo CO, NO_X, HC, SO_2 y partículas. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)
- Contaminante secundario: Contaminante que se forma por reacción química en la atmosfera, por ejemplo, el ozono. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)
- Calibración: Valoración de la precisión de las mediciones que reporta un instrumento al compararlo con un estándar independiente. (Vivar Martinez, 2014)
- Coagulación: Supone la transformación de un fluido en una sustancia pastosa y densa. (Definicion De, 2018)
- Condensación: es el cambio en la materia de una sustancia a una fase más densa, como por ejemplo de gas (o vapor) a líquido. (Ciclo Hidrologico)
- Emisión: Salida de contaminantes hacia el ambiente a partir de una fuente fija o móvil. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)

- Estándar de calidad de aire: La máxima concentración de una sustancia potencialmente toxica que puede permitirse en un componente ambiental durante un periodo definido. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)
- Fuente fijas: Aquellas establecidas en un lugar determinado y su emisión se produce siempre en el mismo lugar. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)
- Fuentes móviles: Aquellas que cambian su ubicación con respecto al tiempo y el área de influencia de sus emisiones por lo que se considera lineal o de superficie. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)
- Muestra: Parte seleccionada que se separa de un conjunto y que se considera representativa del mismo conjunto al que pertenece. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)
- Muestreador: Equipo que consiste de una entrada, un soporte de filtro, un movilizador de aire, un controlador de flujo y un cronometro. (Vivar Martinez, 2014)
- Muestreador de aire de alto volumen: Equipo de muestreo de material particulado que toma muestras de aire a un alto flujo, el cual normalmente corresponde a 1.13 m^3/min a 40 m^3/min y por un periodo de 24 horas. (Vivar Martinez, 2014)
- Partícula: Masa pequeña discreta de materia solida o liquida. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)

- PM_{10}: Material particulado cuyas partículas tienen un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrones. (Vivar Martinez, 2014)
- $PM_{2.5}$: Material particulado, cuyas partículas tienen un diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrones. (Vivar Martinez, 2014)
- Protocolo: Conjunto ordenado de reglas o procedimientos que se siguen para llevar a cabo una función determinada. (Direccion General de Salud Ambiental, 2005)

2.4 ABREVIATURAS

- CONAM: Consejo Nacional del Ambiente
- DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental
- EPA: Agencia de Protección Ambiental
- ECA: Estándar de Calidad Ambiental
- EEA: Agencia Ambiental Europea
- ESCALE: Estadística de la Calidad Educativa
- ICP: Plasma de Acoplamiento Inductivo
- INCA: Índice Nacional de Calidad de Aire
- MINAM: Ministerio del Ambiente
- MINEDU: Ministerio de Educación
- NTP: Norma Técnica Peruana
- OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
- OMS: Organización Mundial de Salud
- PST: Partículas Suspendidas Totales

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO

El tipo y diseño que se desarrolló en la presente investigación se muestra a continuación:

Cuadro 1. Tipo y Diseño de la investigación

Tipo	Cuantitativa
Diseño	Transversal No experimental

Fuente: Propia del Autor

3.2 NIVEL DE INVESTIGACION

El nivel de investigación que se desarrolló en el presente estudio se muestra a continuación:

Cuadro 2. Tipo de Nivel de investigación

Nivel	Descriptiva Analítica

Fuente: Propia del Autor

3.3 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

La distribución de los centros de educación los cuales son puntos de monitoreo de la presente investigación, mostraron viabilidad para

instalar equipos de monitoreo ambiental (High Vol, estación meteorológica) y a la vez se encontraron dentro de la zona urbana del distrito de Ilo, lo que implico que estén más expuestas a un mayor impacto ambiental asociado a las emisiones atmosféricas generado por las fuentes mencionadas en relación al material particulado.

3.3.1 VARIABLES

- Concentración del contaminante PM_{10}
- Calidad de aire en relación al PM_{10} en el entorno de los centros de educación.

3.4 POBLACION Y MUESTRA

3.4.1 POBLACION

Dentro de la población de estudio se consideró centros de educación básica regular de los niveles de inicial, primaria y secundaria, con un alrededor de 100 instituciones, los cuales se encuentran ubicadas en el distrito de Ilo.

Tabla XXIV. Población de la Provincia de Ilo al 2017

Distrito	Población
Ilo	66 479
Pacocha	4 453
Algarrobal	3 717
Total	74 649

Fuente: (INEI, 2017)

3.4.2 MUESTRA

La muestra que se trabajó en el presente estudio de investigación, fue de 12 centros de educación básica regular de los niveles de inicial,

primaria y secundaria, para ello se aplicó la metodología de tipo de muestra no probabilística por conveniencia, se usó criterios de población estudiantil, flujo de vehículos alrededor, presencia de fuentes fijas de emisiones y la representatividad espacial dentro del distrito de Ilo. Los centros de educación que se consideraron para el estudio son los siguientes:

Tabla XXV. Muestra de Centros de Educación dentro del distrito de Ilo

N°	Centro de Educación	Nivel	Población
1	I.E Carlos Alberto Conde Vásquez	P	632
2	I.E Coronel Francisco Bolognesi Cervantes	P, S	442
3	I.E Elisa Rivera	I	228
4	I.E Mercedes Cabello de Carbonera	S	1050
5	I.E Jhon F. Kennedy	P	484
6	I.E Mariscal Domingo Nieto	P	459
7	I.E Jose Olaya Balandra	P	692
8	I.E 43030 San Pedro	I, P	116
9	I.E Almirante Miguel Grau Seminário	I, P, S	1811
10	I.E Paul Harris	I	192
11	I.E N° 341	I	108
12	I.E Fe y Alegría	I, P, S	724

Fuente: (ESCALE, 2018)
(I) Inicial, (P) Primaria, (S) Secundaria

3.5 TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS

3.5.1 MATERIALES

A) Materiales de Campo

- Libreta de campo
- Hojas Bond A4
- Lapiceros tinta azul y rojo
- Plumones tinta azul y rojo
- Pizarra acrílica portátil de 1 m x 0.50 m
- Extensiones eléctricas
- Guantes de nitrilo o quirúrgicos (látex)
- Plano de ubicación
- Caja de herramienta (desarmadores, alicate, linterna, tijeras, etc)
- Cintas aislantes de color azul y negro
- Cuerdas y sogas de 10 metros como mínimo
- EPP (Zapato de seguridad, Casco de seguridad, lentes de seguridad, chaleco reflectivo, guantes de seguridad)

B) Consumibles

- Bolsas ziploc
- Sobre manila A4
- Juego de carbones para motor de High Vol

- Caja de Filtros Whatman 25 unidades 203 mm x 254 mm (fibra de cuarzo)
- Frasco de Silicona para PM_{10}

3.5.2 EQUIPOS

- Muestreador de Alto Volumen de 1.13 m^3/ min (High Vol PM_{10}) Thermo Andersen / Método de referencia N° RFPS-1287-063
- GPS Garmin
- Cámara digital
- Balanza analítica digital de 0.1mg (empleado en laboratorio)
- Desecador, estufa (empleado en laboratorio)
- ICP-OES plasma de acoplamiento inductivo con espectrofotómetro de emisión óptico (empleado en laboratorio)
- Estación meteorológica Campbell Scientific con registrador de datos CR 850 (Temperatura, humedad, velocidad y dirección de viento, presión atmosférica, radiación solar)
- Laptop I.3 Toshiba
- Movilidad (Camioneta o similar)

3.5.3 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El presente estudio de investigación se realizó en él, distrito de Ilo, provincia de Ilo, región de Moquegua, las coordenadas geográficas del distrito son: Latitud Sur 17°38'40'' y Longitud Oeste 71°20'42''. Se trabajó

con 12 puntos de monitoreo representado por centros de educación, los cuales espacialmente abarcan el área urbana del distrito. (Ver Anexo 1).

3.5.4 METODOLOGIA DE ESTUDIO

La metodología que se aplicó consistió en 3 partes definidas:

3.5.4.1 COORDINACIÓN CON CENTROS DE EDUCACION (TRABAJO DE GABINETE Y CAMPO)

Una vez identificado los puntos de monitoreo atmosférico, las mismas que se encontraban inmersas dentro de las instituciones educativas, se procedió a realizar las coordinaciones con los directores de cada institución, en donde se les explico el objetivo del estudio de investigación, además, de coordinar el tiempo y periodo de los monitoreos a desarrollar según el plan de monitoreo ambiental para PM_{10} brindado.

3.5.4.2 EJECUCION DE LA METODOLOGIA EN CAMPO

En el presente trabajo de investigación se basó en el marco legal vigente “protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de datos, DIGESA 2005”, y como referencia a la NTP, 900:030 del 2003

El procedimiento consistió en emplear filtros de microfibra de cuarzo los cuales se ubicaron dentro del equipo muestreador de alto volumen (High Vol PM_{10}) que tiene un motor instalado en su interior el cual absorbe el aire del ambiente, y lo conduce a una cámara de compactación y corte de material particulado para conseguir el diámetro de 10 micras o menos, de

allí paso a una segunda cámara ubicándose una malla donde quedan retenidos los insectos, y por último el material particulado paso a los filtros de fibra de cuarzo donde se impregnan. Al cabo de 24 horas de monitoreo los filtros se retiraron del equipo con la seguridad correspondiente para no alterar la muestra de material particulado; el pesaje inicial y final de los filtros así como también el análisis químico del material particulado impregnado en los filtros se realizaron en el laboratorio de control ambiental de la Dirección General de Salud Ambiental ubicado en el distrito de la Molina, del departamento Lima sede central, ello mediante una gestión realizada a esta institución pública a través de la Red de Salud Moquegua. A continuación, se describe el procedimiento realizado.

A) Calibración del Equipo: Se verifico la calibración correspondiente del equipo "High Vol PM_{10}" y su correspondiente operatividad (motor y juegos de carbones), también se verifico la calibración y operatividad de la "estación meteorológica" para la obtención de datos confiables.

B) Instalación y Monitoreo con Equipo High Vol: El equipo se transportó cuidadosamente al sitio de monitoreo para ello se hizo uso de una movilidad privada, luego se procedió a ubicarlo en un lugar con simetría plana y homogénea para su estabilidad (loza de concreto en los techos), verificando que la altura del equipo este entre 1.5 m a 10 m sobre el piso del centro de educación, se verifico también que no existan barreras o interferencias como (a 10 metros de distancia) arboles, edificios, etc, para

el adecuado flujo de aire durante el monitoreo. Se hizo uso de las extensiones eléctricas para tomar energía eléctrica a 220 voltios de los centros de educación y proporcionárselo al High Vol para su funcionamiento durante 24 horas, se usó la silicona para PM_{10} roseándola en la lámina de aluminio ubicada en la primera cámara de compactación del High Vol para fijar las partículas mayores a 10 micras. Culminado la instalación se procedió a colocar el filtro de cuarzo en la porta filtro del High Vol para iniciar el monitoreo; se tuvo las medidas necesarias por protocolo normado para la manipulación del filtro; el peso inicial del filtro se determinó en el laboratorio de la DIGESA en el área de Control Ambiental ubicado en el distrito de La Molina en la ciudad de Lima.

C) Instalación y Monitoreo de Variables Meteorológicas: Se instaló una estación meteorológica de acuerdo a los criterios del protocolo nacional de la calidad de aire y gestión de los datos del DIGESA, el cual opero durante todo el periodo de monitoreo de PM_{10}, recolectando datos sobre la velocidad y dirección del viento, humedad, presión atmosférica, temperatura.

D) Registro de datos complementarios en campo: Durante el monitoreo de PM_{10} se tomaron datos de campo como los siguientes: fecha y hora de monitoreo, coordenadas UTM del punto de monitoreo, numero del filtro, código establecido para el centro de educación, presión manométrica inicial y final del High Vol durante el monitoreo “10 minutos después de encender el equipo muestreador y 10 minutos antes de apagar

el equipo muestreador", descripción del clima de la zona de monitoreo, descripción de condiciones exteriores (presencia de vehículos, edificios, arboles, plazas, etc), entre otros. El cual se plasmó finalmente en fichas de registro.

E) Recojo de Muestra (Filtro), y Traslado al Laboratorio: Culminado el periodo de monitoreo de 24 horas en cada punto de estudio, se procedió a retirar el filtro, el cual se dobló a la mitad para evitar la pérdida de PM_{10}, se colocó el filtro dentro de hojas bond A4, y luego se guardó este en sobre manila, posteriormente se trasladado el sobre a un lugar apropiado (a temperatura ambiente), cuidando la integridad del mismo. Al contar con todos los filtros con PM_{10} de los puntos de monitoreo, se procedió a enviarlos al laboratorio de control ambiental de la DIGESA para su pesaje final y posterior análisis químico; cabe mencionar que cada filtro con muestra de PM_{10} tiene una vida útil de 6 meses.

3.5.4.3 PESAJE Y ANALISIS QUIMICO DE FILTRO CON MUESTRA DE PM_{10} EN LABORATORIO

Estos procedimientos se realizaron en el laboratorio de control ambiental de DIGESA-Lima por gestión realizada a esta institución pública, a continuación, se describe el procedimiento de pesaje del filtro antes y después del monitoreo.

A) Pesaje de Filtro Inicial:

- Inspeccionar el filtro para detectar huecos, roturas e irregularidades que indiquen desechar el filtro y usar otro.
- Se coloca el filtro limpio cuidadosamente con una pinza en el interior del desecador por un lapso de 24 horas.
- Luego de saca el filtro del desecador empleando la misma pinza, y se procede a pesarlo (en balanza analítica de 0.1 mg) para obtener su peso inicial.
- Después de coloca el filtro ya pesado entre hojas bond A4, y posteriormente dentro de un sobre manila donde se rotula el número del filtro, el cual estará listo para ser utilizado en un equipo muestreador de alto volumen “High Vol”.

B) Pesaje de Filtro Final

- Una vez recibido el filtro que ya contiene la muestra de PM_{10} en el laboratorio, este pasa inmediatamente al desecador haciendo uso pinzas, por un lapso de 24 horas.
- Pasado el periodo de 24 horas, se retira el filtro del desecador y se pasa a pesarlo en la balanza analítica para la obtención de su peso final.
- La diferencia entre los pesos iniciales y finales permite obtener la masa neta que gano la muestra en gramos, este dato es usado

para la aplicación de la ecuación para hallar la concentración final de PM_{10} en µg.

C) Extracción y Análisis Químico del Material Particulado

El tratamiento de los filtros de cuarzo con PM_{10} se realizaron en el laboratorio de control ambiental del DIGESA-Lima, en donde tanto para la preparación, extracción y análisis químicos del material particulado se usaron como referencia los métodos EPA I.O 3.1 1999 (Selection, preparation and extraction of filter material), y EPA I.O 3.4 1999 (Determination of metals in ambient particulate matter using Inductively Coupled Plasma "ICP" Spectroscopy.

3.5.4.4 FRECUENCA Y CANTIDAD DE PUNTOS DE ESTUDIO

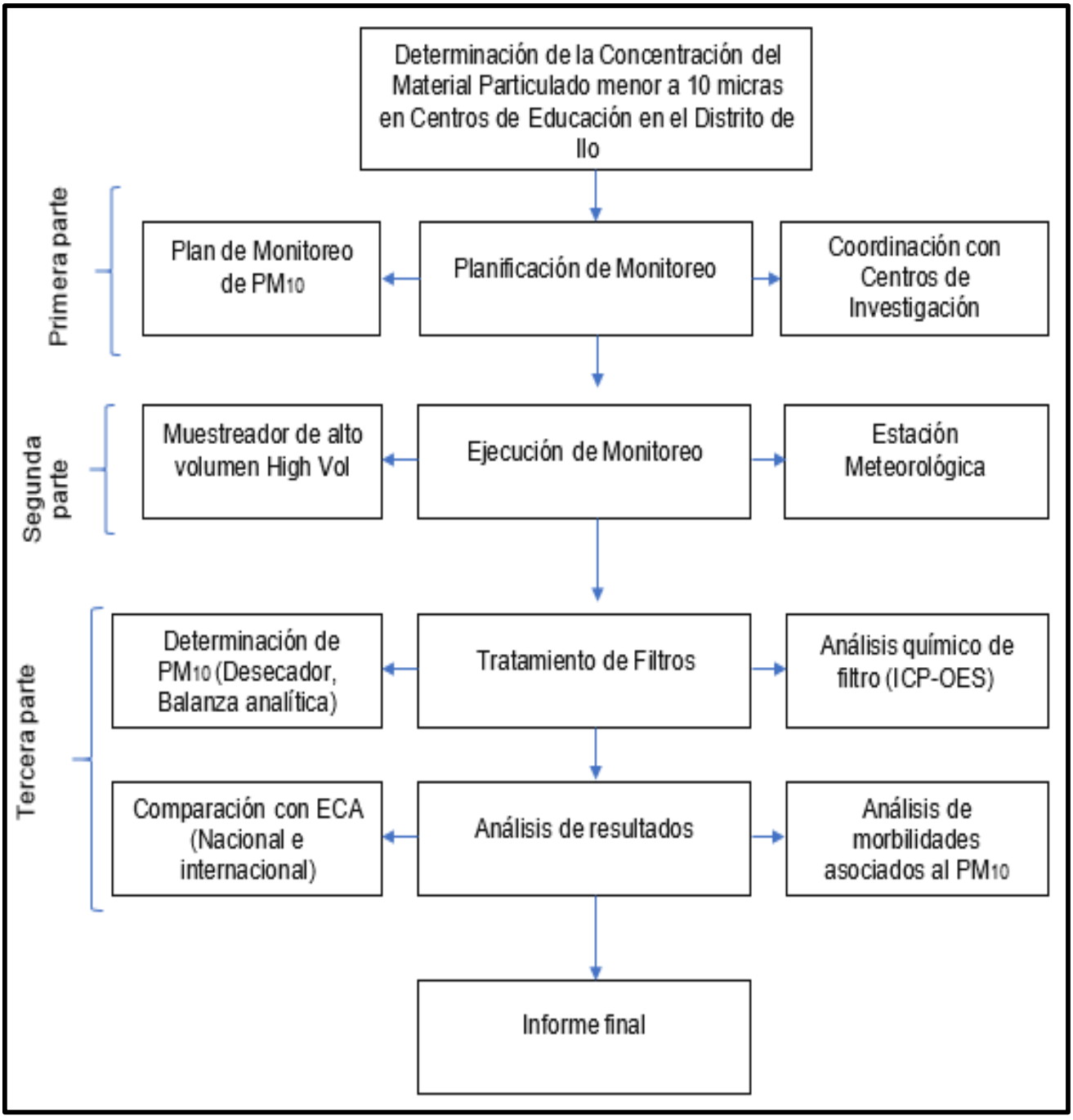
En el presente estudio de investigación como ya se detalló anteriormente se consideró 12 puntos de estudios (centros de educación), con una frecuencia de 2 monitoreos por punto.

Cuadro 3. Frecuencia de monitoreo

C	Material Particulado menor o igual a 10 micras											
C.E	I.E1	I.E2	I.E3	I.E4	I.E5	I.E6	I.E7	I.E8	I.E9	I.E10	I.E11	I.E12
F	M1 M2	M3 M4	M5 M6	M7 M8	M9 M10	M11 M12	M13 M14	M15 M16	M17 M18	M19 M20	M21 M22	M23 M24

Fuente: Propia del Autor
C: Contaminante, C.E: Centro de Educación (Puntos de Monitoreo)
F: Filtro

Figura 11. Flujograma de metodologia realizada



Fuente: Propia del Autor

3.6 VALIDACION Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

Los instrumentos empleados en la presente investigación cuentan con su respectiva calibración y aprobación de su metodología por la Dirección General de Salud Ambiental.

3.7 METODOS Y TECNICAS PARA LA PRESENTACION Y ANALISIS DE DATOS

La presentación visual de los resultados de concentración de PM_{10}, como de su composición química en el aire, se realizó mediante el Software Surfer versión 15.1 y el ArcGis 10.3, así mismo para la presentación de los datos meteorológicos durante el periodo de monitoreo se usó el Software Wrplot View versión 8.0.2.

Para el análisis estadístico de los resultados de concentración de PM_{10}, como de su composición química obtenidos durante los monitoreos y laboratorio, se realizó mediante el Software SPSS Statistics 22, Origin 8.1 y hoja de cálculo Excel 2013.

Se aplicó la prueba paramétrica T de Student para una muestra para evaluar los 12 puntos de monitoreo en relación al ECA nacional de 100 $\mu g/m^3$, y la desviación estándar o desviación típica para poder conocer el error obtenido en relación a los puntos de monitoreo.

CAPITULO IV: PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

Las coordenadas de ubicación de las I.E donde se realizaron los respectivos monitores de PM_{10} fueron los siguientes:

Cuadro 4. Ubicación de Puntos de Monitoreo de I.E

I.E	Nombre	Coordenadas	
		Este	Norte
I.E 1	Carlos A. Conde Vásquez	251724.08	8048054.07
I.E 2	Coronel F. Bolognesi Cervantes	252230.20	8048723.57
I.E 3	Elisa Rivera	251220.83	8047453.91
I.E 4	Mercedes Cabello de Carbonera	251854.46	8048850.51
I.E 5	Jhon F. Kennedy	251851.06	8047734.03
I.E 6	Mariscal Domingo Nieto Márquez	251435.42	8046856.05
I.E 7	José Olaya Balandra	252174.34	8046925.40
I.E 8	N° 43030 San Pedro	251099.77	8046974.10
I.E 9	Almirante Miguel Grau Seminario	253197.81	8046792.25
I.E 10	Paul Harris	254631.21	8046440.42
I.E 11	N° 341	253095.24	8048993.59
I.E 12	Fe y Alegría	254328.51	8047648.55

Fuente: Propia del Autor

La estación meteorológica fue ubicada en la Pampa Inalámbrica, y sus coordenadas fueron las siguientes:

Cuadro 5. Ubicación de Punto de Monitoreo Estación Meteorológica

Estación	Zona	Coordenadas	
		Este	Norte
1	Pampa Inalámbrica	254037.40	8046334.39

Fuente: Propia del Autor

4.1.1 CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO, METALES PESADOS Y COMPORTAMIENTO DE VARIABLES METEOROLOGICAS.

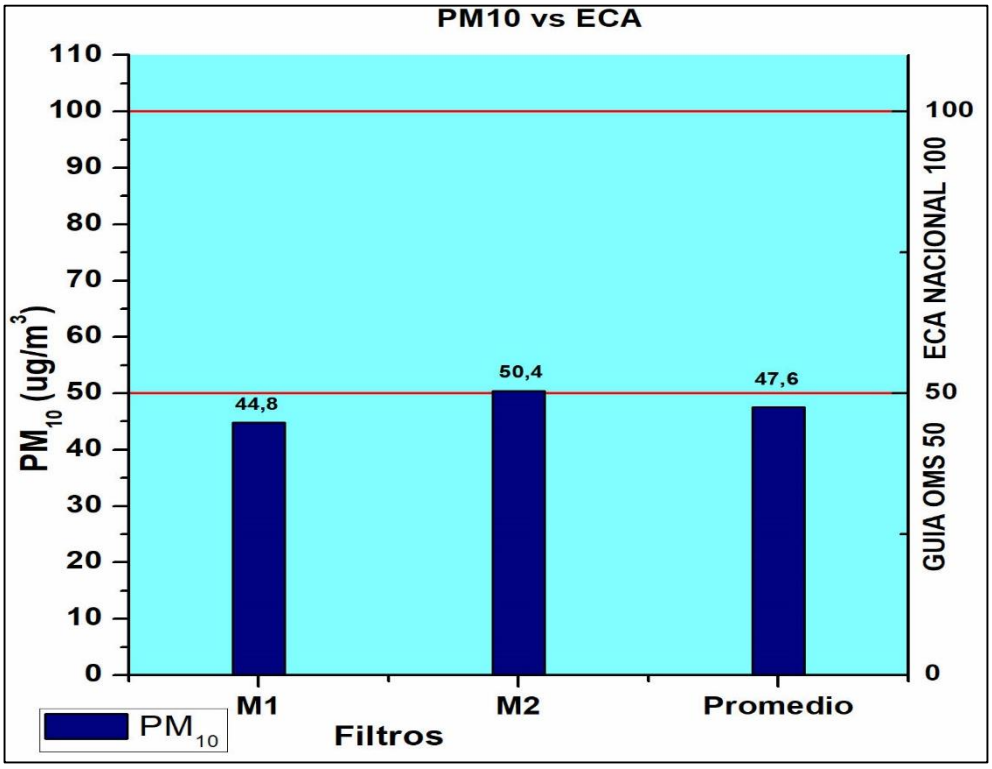
A) I.E1: CARLOS ALBERTO CONDE VASQUEZ

Cuadro 6. Concentración de PM_{10} en I.E1

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ECA Nacional	ECA OMS
M1	04-12-2017	44.8		
M2	05-12-2017	50.4	100	50
Promedio		47.6		

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 1. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E1



Fuente: Propia del autor

En el punto de monitoreo N° 1 establecido en la I.E Carlos Alberto Conde Vásquez, la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 47.6 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual no sobrepaso el ECA nacional de 100

µg/m^3 para 24 horas, así mismo tampoco sobrepaso la guía de la OMS para PM_{10} de 50 µg/m^3 en 24 horas, sin embargo, en el segundo día de monitoreo la concentración de PM_{10} llego a 50.4 µg/m^3 como se aprecia en el cuadro 6 y gráfico 1.

Cuadro 7. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E1

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración (µg/m^3)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M1-M2	04-12-2017 05-12-2017	As	0.012	<0.012	0,01200	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	0.005	0,00350	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.080	0,05900	50
		Fe	0.016	0.376	0,34150	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	<0.172	0,17200	20
		Mn	0.002	0.028	0,01650	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Pb	0.015	0.016	0,01550	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	<0.073	0,07300	10
		Zn	0.057	<0.057	0,05700	120

Fuente: Propia del autor
Q: Cuantificación

La concentración de metales pesados de los días de monitoreo (48 horas) las máximas y promedio para el As, Be, Co, Cr, Hg, Li, Mo, Ni, Sb, Se y Zn estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio, sin embargo para el Cd, Cu, Fe, Mn y Pb se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, el Fe presento la mayor concentración, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario para metales pesados en material particulado para 24 horas como se aprecia en el cuadro 7.

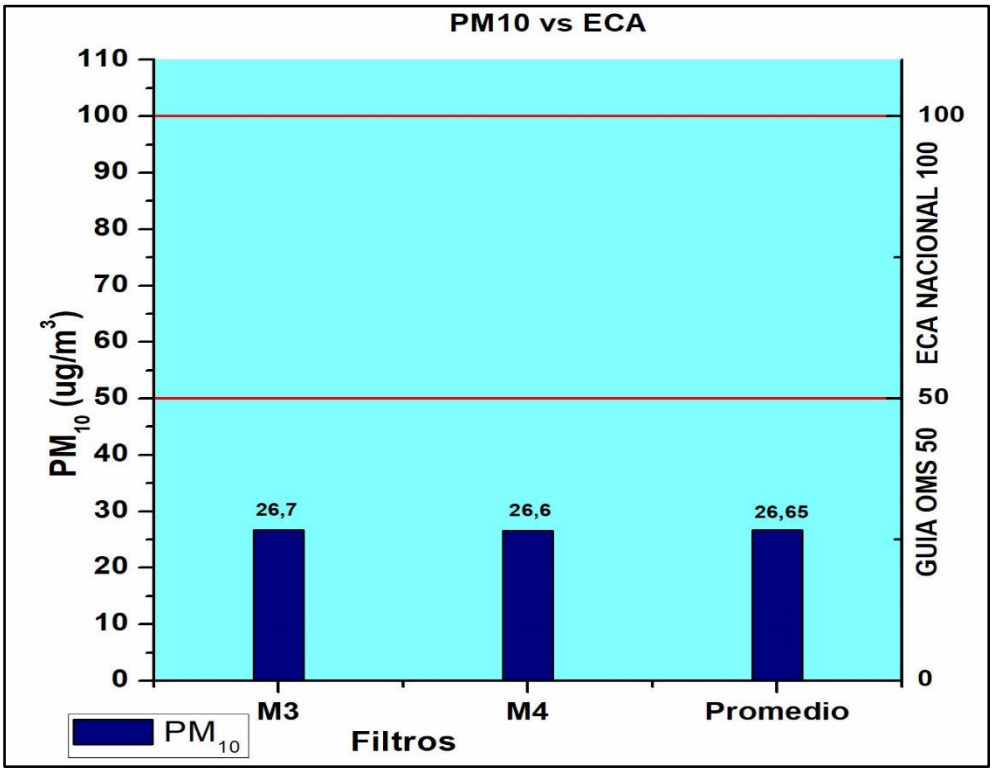
B) I.E2: CORONEL F. BOLOGNESI CERVANTES

Cuadro 8. Concentración de PM_{10} en I.E2

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ECA Nacional	ECA OMS
M3	06-12-2017	26.7		
M4	08-12-2017	26.6	100	50
Promedio		26.65		

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 2. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E2



Fuente: Propia del Autor

En el punto de monitoreo N° 2 establecido en la I.E Coronel F. Bolognesi Cervantes, la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 26.65 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual no sobrepaso el ECA nacional de 100 $\mu g/m^3$ para 24 horas, así mismo tampoco sobrepaso la guía de la

OMS para PM_{10} de 50 µg/m^3 en 24 horas como se aprecia en el cuadro 8 y gráfico 2.

Cuadro 9. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E2

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración (µg/m^3)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M3-M4	06-12-2017 08-12-2017	As	0.012	<0.012	0,01200	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	<0.002	0,00200	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.047	0,03950	50
		Fe	0.016	0.281	0,26350	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	0.173	0,17300	20
		Mn	0.002	0.006	0,00550	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Pb	0.015	<0.015	0,01500	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	<0.073	0,07300	10
		Zn	0.057	<0.057	0,05700	120

Fuente: Propia del Autor
Q: Cuantificación

La concentración de metales pesados de los días de monitoreo (48 horas) las máximas y promedio para el As, Be, Cd, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio, sin embargo para el Cu, Fe, Li y Mn si se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, de los cuales el Fe presento la mayor concentración a comparación del resto de metales, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario para metales pesados en material particulado para 24 horas como se aprecia en el cuadro 9.

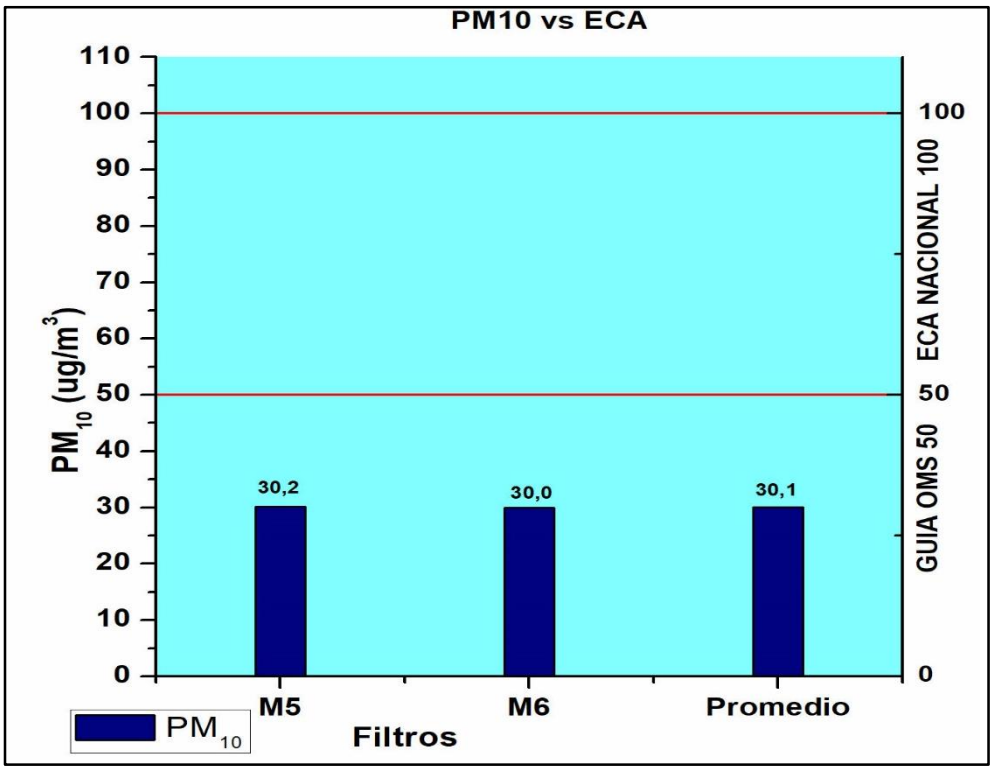
C) I.E3: ELISA RIVERA (UGEL ILO)

Cuadro 10. Concentración de PM_{10} en I.E3

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ECA Nacional	ECA OMS
M5	11-12-2017	30.2		
M6	12-12-2017	30.0	100	50
Promedio		30.1		

Fuente: Propia del Autor

Grafico 3. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E3



Fuente: Propia del Autor

En el punto de monitoreo N° 3 establecido en la I.E Elisa Rivera la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 30.1 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual no sobrepaso el ECA nacional de 100 $\mu g/m^3$ para 24 horas, así mismo tampoco sobrepaso la guía de la OMS para PM_{10} de 50 $\mu g/m^3$ en 24 horas como se aprecia en el cuadro 10 y gráfico 3.

Cuadro 11. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E3

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración (µg/m³)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M5-M6	11-12-2017 12-12-2017	As	0.012	0.029	0,02050	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	0.008	0,00650	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.095	0,09050	50
		Fe	0.016	0.282	0,25450	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	<0.172	0,17200	20
		Mn	0.002	0.005	0,00500	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Pb	0.015	0.038	0,03050	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	<0.073	0,07300	10
		Zn	0.057	<0.057	0,05700	120

Fuente: Propia del Autor
Q: Cuantificación

La concentración de metales pesados de los días de monitoreo (48 horas) las máximas y promedio para el Be, Co, Cr, Hg, Li, Mo, Ni, Sb, Se, Zn estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio, sin embargo para el As, Cd, Cu, Fe, Mn y Pb si se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, de los cuales el Fe presento la mayor concentración a comparación del resto de metales, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario para metales pesados en material particulado para 24 horas como se aprecia en el cuadro 11.

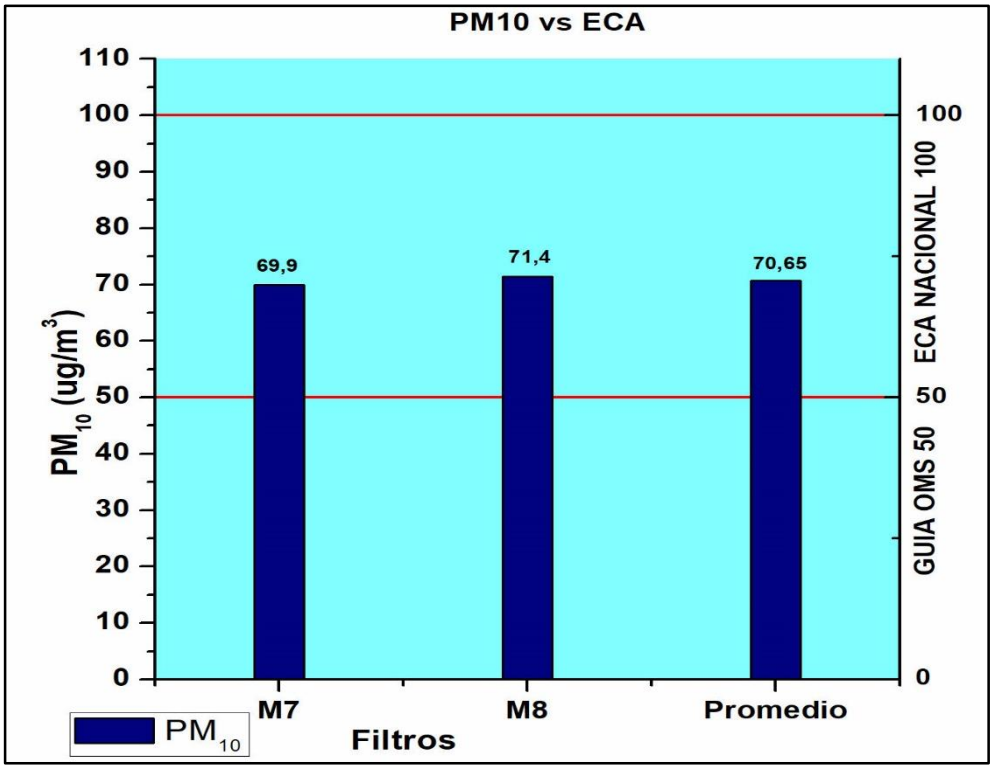
D) I.E4: MERCEDES CABELLO DE CARBONERA

Cuadro 12. Concentración de PM_{10} en I.E4

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ECA Nacional	ECA OMS
M7	18-12-2017	69.9		
M8	20-12-2017	71.4	100	50
Promedio		70.65		

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 4. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E4



Fuente: Propia del Autor

En el punto de monitoreo N° 4 establecido en la I.E Mercedes Cabello de Carbonera, la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 70.65 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual no sobrepaso el ECA nacional de 100 $\mu g/m^3$ para 24 horas, sin embargo, si sobrepaso la guía de la OMS para PM_{10} de 50 $\mu g/m^3$ en 24 horas, en el segundo día de monitoreo la

concentración de PM_{10} llego a 71.4 µg/m^3 como se aprecia en el cuadro 12 y gráfico 4.

Cuadro 13. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E4

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración (µg/m^3)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M7-M8	18-12-2017 20-12-2017	As	0.012	<0.012	0,01200	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	0.004	0,00300	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.054	0,04450	50
		Fe	0.016	0.727	0,68300	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	0.173	0,17300	20
		Mn	0.002	0.012	0,00850	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Pb	0.015	0.034	0,02500	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	0.074	0,07400	10
		Zn	0.057	<0.057	0,05700	120

Fuente: Propia del Autor
Q: Cuantificación

La concentración de metales pesados de los días de monitoreo (48 horas) las máximas y promedio para el As, Be, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Sb, Zn estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio con concentraciones muy bajas, sin embargo para el Cd, Cu, Fe, Li, Mn, Pb y Se si se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, de los cuales el Fe presento la mayor concentración a comparación del resto de metales, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario para metales pesados en material particulado para 24 horas como se aprecia en el cuadro 13.

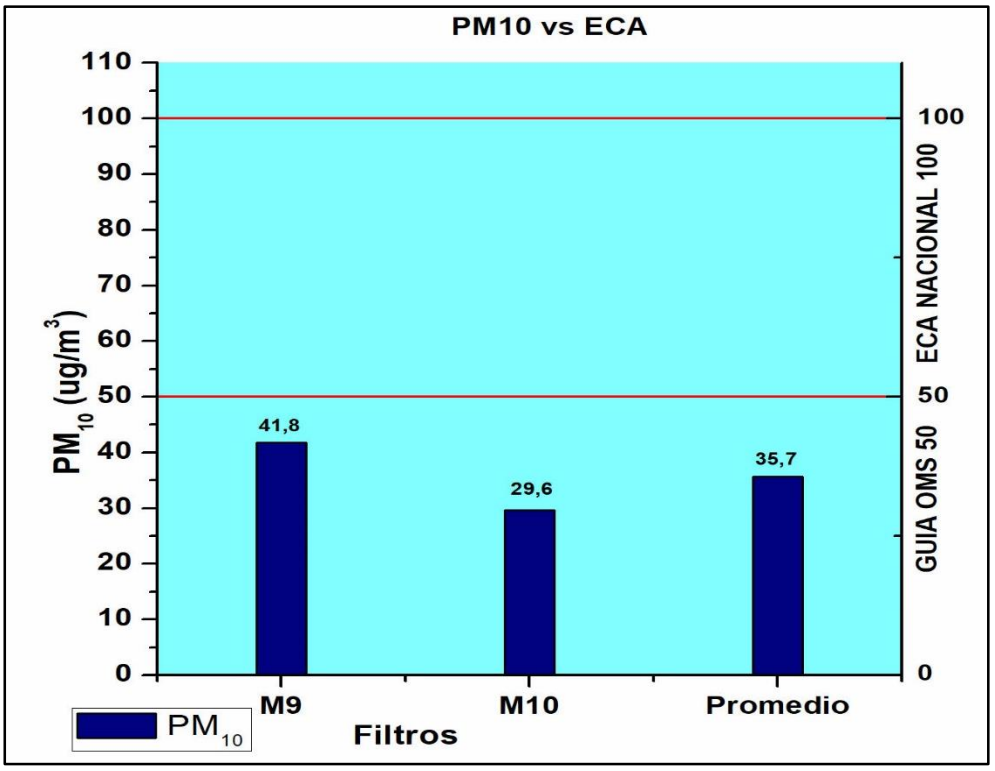
E) I.E5: JHON F. KENNEDY

Cuadro 14. Concentración de PM_{10} en I.E5

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ECA Nacional	ECA OMS
M9	22-12-2017	41.8		
M10	23-12-2017	29.6	100	50
Promedio		35.7		

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 5. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E5



Fuente: Propia del Autor

En el punto de monitoreo N°5 establecido en la I.E Jhon F. Kennedy, la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 35.7 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual no sobrepaso el ECA nacional de 100 $\mu g/m^3$ para 24 horas, así mismo tampoco sobrepaso la guía de la OMS para PM_{10} de 50 $\mu g/m^3$ en 24 horas, en el primer día de monitoreo la concentración de PM_{10} llego a 41.8 $\mu g/m^3$ como se aprecia en el cuadro 14 y gráfico 5.

Cuadro 15. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E5

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración (µg/m³)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M9-M10	22-12-2017 23-12-2017	As	0.012	0.018	0,01500	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	0.003	0,00300	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.058	0,04600	50
		Fe	0.016	0.315	0,25300	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	0.173	0,17300	20
		Mn	0.002	0.006	0,00400	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Pb	0.015	0.031	0,02600	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	0.074	0,07400	10
		Zn	0.057	<0.057	0,05700	120

Fuente: Propia del Autor
Q: Cuantificación

La concentración de metales pesados de los días de monitoreo (48 horas) las máximas y promedio para el Be, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Sb, Zn estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio con concentraciones muy bajas, sin embargo para el As, Cd, Cu, Fe, Li, Mn, Pb y Se si se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, de los cuales el Fe presento la mayor concentración a comparación del resto de metales, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario para metales pesados en material particulado para 24 horas como se aprecia en el cuadro 15.

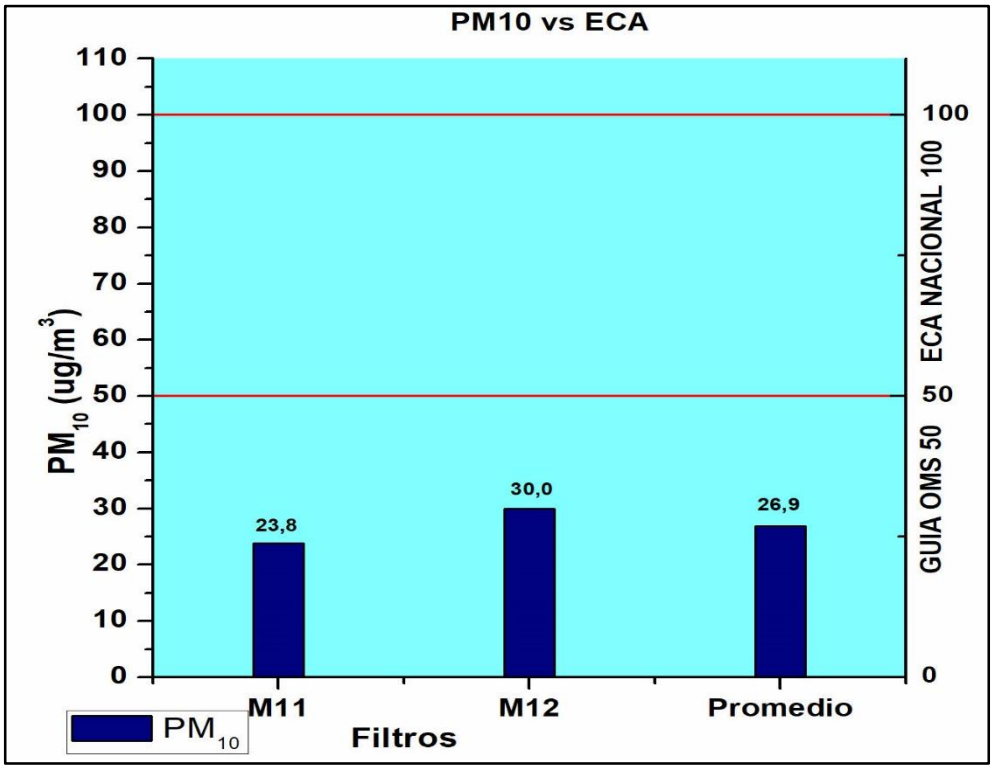
F) I.E6: MARISCAL DOMINGO NIETO MARQUEZ

Cuadro 16. Concentración de PM_{10} en I.E6

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ECA Nacional	ECA OMS
M11	26-12-2017	23.8		
M12	27-12-2017	30.0	100	50
Promedio		26.9		

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 6. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E6



Fuente: Propia del Autor

En el punto de monitoreo N° 6 establecido en la I.E Mariscal Domingo Nieto Márquez, la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 26.9 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual no sobrepaso el ECA nacional de 100 $\mu g/m^3$ para 24 horas, así mismo tampoco sobrepaso la guía de la OMS para PM_{10} de 50 $\mu g/m^3$ en 24 horas, en el segundo día de monitoreo la concentración de PM_{10} llego a 30 $\mu g/m^3$ como se aprecia en el cuadro 16 y gráfico 6.

Cuadro 17. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E6

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración (µg/m³)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M11-M12	26-12-2017 27-12-2017	As	0.012	<0.012	0,01200	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	0.004	0,00300	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.056	0,03700	50
		Fe	0.016	0.277	0,20350	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	0.173	0,17250	20
		Mn	0.002	0.024	0,01500	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	0.017	0,01200	0.1
		Pb	0.015	0.034	0,02450	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	<0.073	0,07300	10
		Zn	0.057	<0.057	0,05700	120

Fuente: Propia del Autor
Q: Cuantificación

La concentración de metales pesados de los dos días de monitoreo (48 horas) las máximas y promedio para el As, Be, Co, Cr, Hg, Mo, Sb, Se, Zn estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio con concentraciones muy bajas, sin embargo para el Cd, Cu, Fe , Li, Mn , Ni , y Pb si se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, , de los cuales el Fe presento la mayor concentración a comparación del resto de metales, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario para metales pesados en material particulado para 24 horas como se aprecia en el cuadro 17.

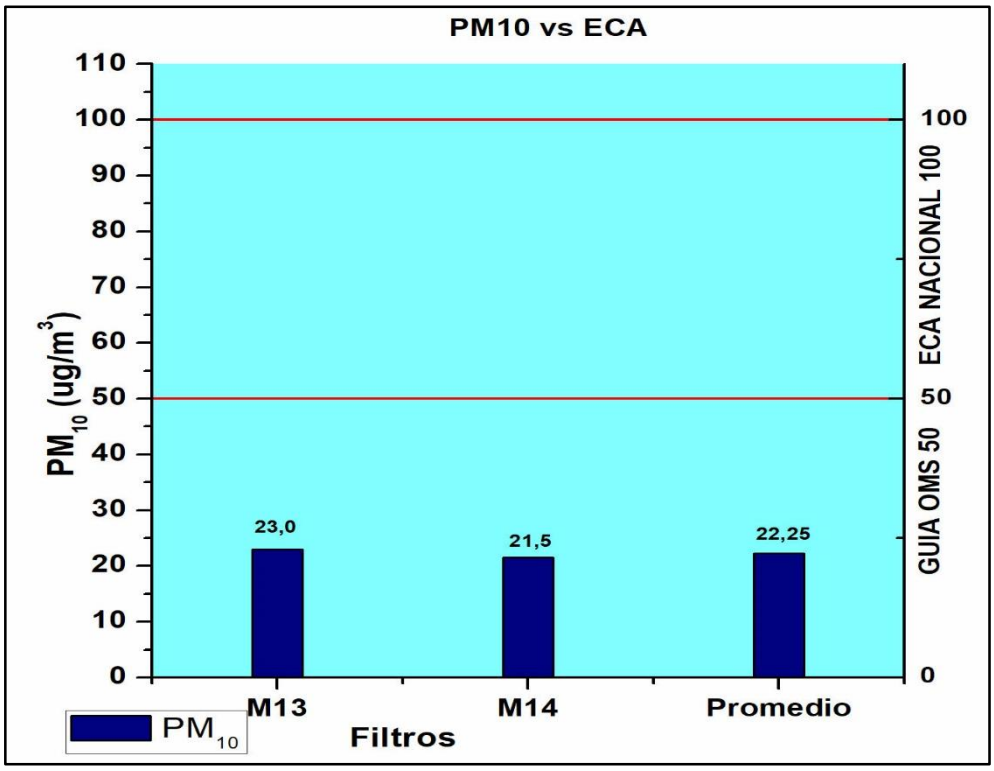
G) I.E7: JOSE OLAYA BALANDRA

Cuadro 18. Concentración de PM_{10} en I.E7

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ECA Nacional	ECA OMS
M13	28-12-2017	23.0		
M14	29-12-2017	21.5	100	50
Promedio		22.25		

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 7. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E7



Fuente: Propia del Autor

En el punto de monitoreo N° 7 establecido en la I.E José Olaya Balandra, la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 22.25 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual no sobrepaso el ECA nacional de 100 $\mu g/m^3$ para 24 horas, así mismo tampoco sobrepaso la guía de la OMS para PM_{10} de 50 $\mu g/m^3$ en 24 horas, en el primer día de monitoreo la concentración de PM_{10} llego a 23.0 $\mu g/m^3$ como se aprecia en el cuadro 18 y gráfico 7.

Cuadro 19. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E7

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración (µg/m³)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M13-M14	28-12-2017 29-12-2017	As	0.012	<0.012	0,01200	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	<0.002	0,00200	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.057	0,03700	50
		Fe	0.016	0.263	0,20950	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	0.173	0,17300	20
		Mn	0.002	0.005	0,00400	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Pb	0.015	<0.015	0,01500	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	<0.073	0,07300	10
		Zn	0.057	<0.057	0,05700	120

Fuente: Propia del Autor
Q: Cuantificación

Con respecto a la concentración de metales pesados de los dos días de monitoreo (48 horas) las concentraciones máximas y promedio para el As, Be, Cd, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se y Zn estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio con concentraciones muy bajas, sin embargo, para el Cu, Fe, Li y Mn, si se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, de los cuales el Fe presento la mayor concentración a comparación del resto de metales, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario para metales pesados en material particulado para 24 horas como se aprecia en el cuadro 19.

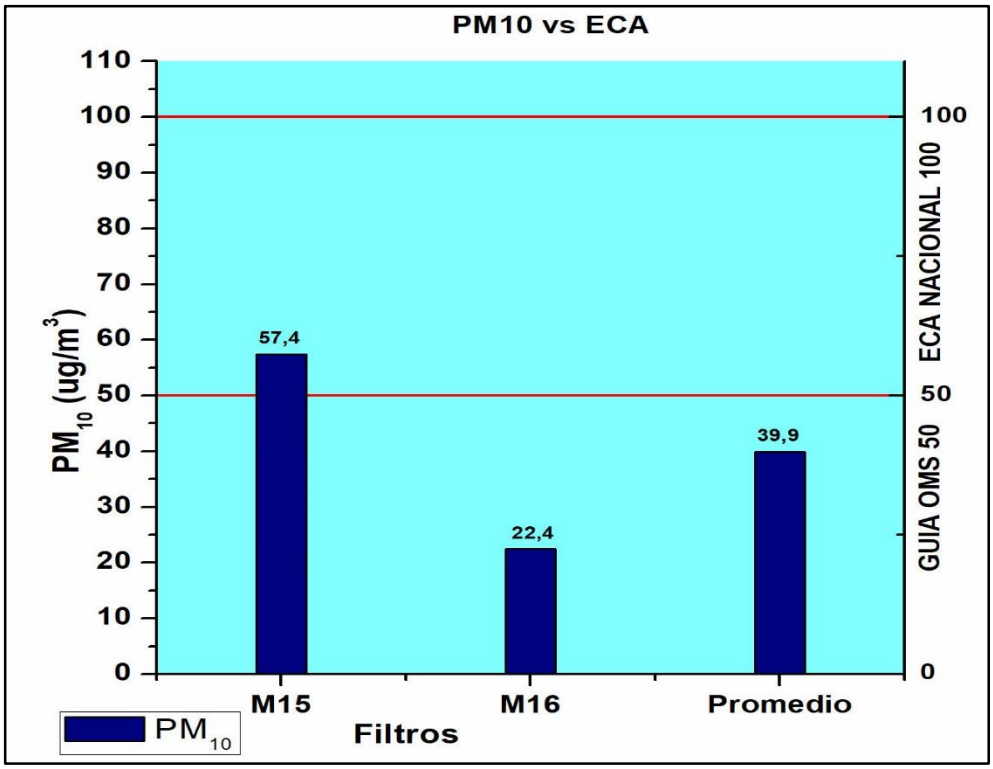
H) I.E8: 43030 SAN PEDRO

Cuadro 20. Concentración de PM_{10} en I.E8

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ECA Nacional	ECA OMS
M15	03-01-2018	57.4		
M16	04-01-2018	22.4	100	50
Promedio		39.9		

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 8. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E8



Fuente: Propia del Autor

En el punto de monitoreo N° 8 establecido en la I.E 43030 San Pedro la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 39.9 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual no sobrepaso el ECA nacional de 100 $\mu g/m^3$ para 24 horas, así mismo tampoco sobrepaso la guía de la OMS para PM_{10} de 50 $\mu g/m^3$ en 24 horas, sin embargo, en el primer día de monitoreo, la concentración de PM_{10} llego a 57.4 $\mu g/m^3$ como se aprecia en el cuadro 20 y gráfico 8.

Cuadro 21. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E8

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración ($\mu g/m^3$)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M15-M16	03-01-2018 04-01-2018	As	0.012	<0.012	0,01200	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	0.010	0,00600	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.077	0,07400	50
		Fe	0.016	0.996	0,59550	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	0.173	0,17300	20
		Mn	0.002	0.017	0,01100	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Pb	0.015	0.036	0,02550	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	0.074	0,07400	10
		Zn	0.057	<0.057	0,05700	120

Fuente: Propia del Autor
Q: Cuantificación

Con respecto a la concentración de metales pesados de los dos días de monitoreo (48 horas) las concentraciones máximas y promedio para el As, Be, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Sb y Zn estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio con concentraciones muy bajas, sin embargo, para el Cd, Cu, Fe, Li, Mn, Pb y Se si se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, de los cuales el Fe presento la mayor concentración a comparación del resto de metales, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario para metales pesados en material particulado para 24 horas como se aprecia en el cuadro 21.

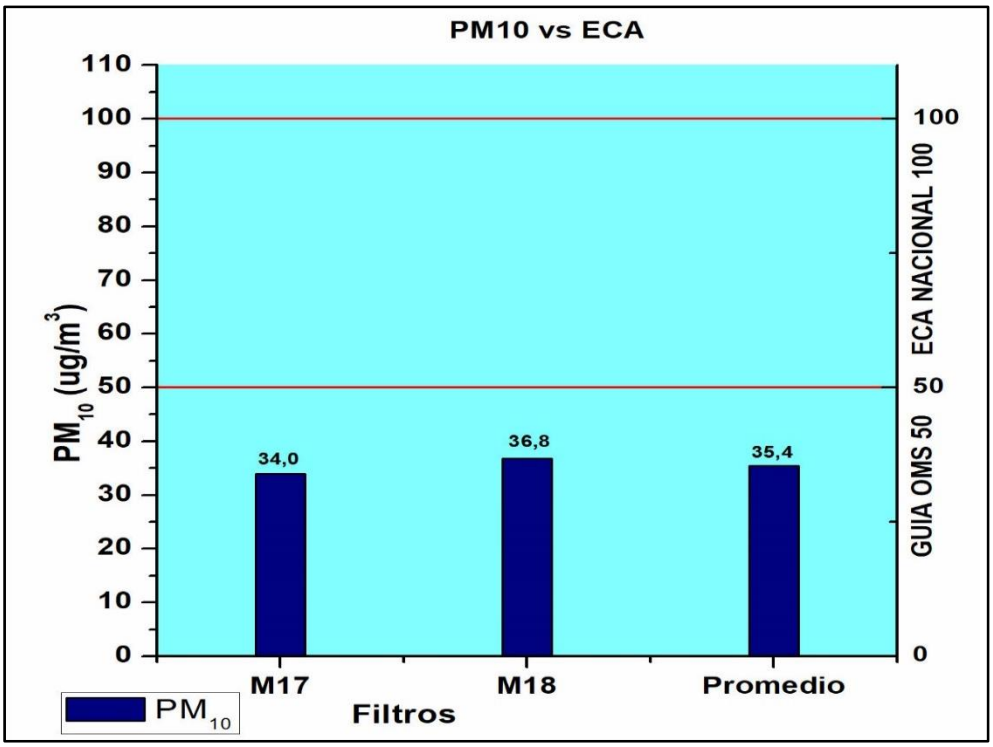
I) I.E9: ALMIRANTE MIGUEL GRAU SEMINARIO

Cuadro 22. Concentración de PM_{10} en I.E9

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ECA Nacional	ECA OMS
M17	05-01-2018	34.0		
M18	06-01-2018	36.8	100	50
Promedio		35.4		

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 9. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E9



Fuente: Propia del Autor

En el punto de monitoreo N° 9 establecido en la I.E Almirante Miguel Grau Seminario, la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 35.4 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual no sobrepaso el ECA nacional de 100 $\mu g/m^3$ para 24 horas, así mismo tampoco sobrepaso la guía de la OMS para PM_{10} de 50 $\mu g/m^3$ en 24 horas, sin embargo, en el segundo día de monitoreo la concentración de PM_{10} llego a 36.8 $\mu g/m^3$ como se aprecia en el cuadro 22 y gráfico 9.

Cuadro 23. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E9

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración ($\mu g/m^3$)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M17-M18	05-01-2018 06-01-2018	As	0.012	0.036	0,02650	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	0.024	0,01850	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.154	0,12450	50
		Fe	0.016	0.466	0,44300	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	0.174	0,17350	20
		Mn	0.002	0.008	0,00500	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Pb	0.015	0.093	0,08750	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	0.074	0,07350	10
		Zn	0.057	0.064	0,06350	120

Fuente: Propia del Autor
Q: Cuantificación

Con respecto a la concentración de metales pesados de los dos días de monitoreo (48 horas) las concentraciones máximas y promedio para el Be, Co, Cr, Hg, Mo, Ni y Sb estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio con concentraciones muy bajas, sin embargo para el As, Cd, Cu, Fe, Li, Mn, Pb, Se y Zn si se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, de los cuales el Fe presento la mayor concentración a comparación del resto de metales, y el Cd en su concentración máxima se acerca bastante al límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario. Los otros metales pesados no sobre pasan la norma mencionada para 24 horas como se aprecia en el cuadro 23.

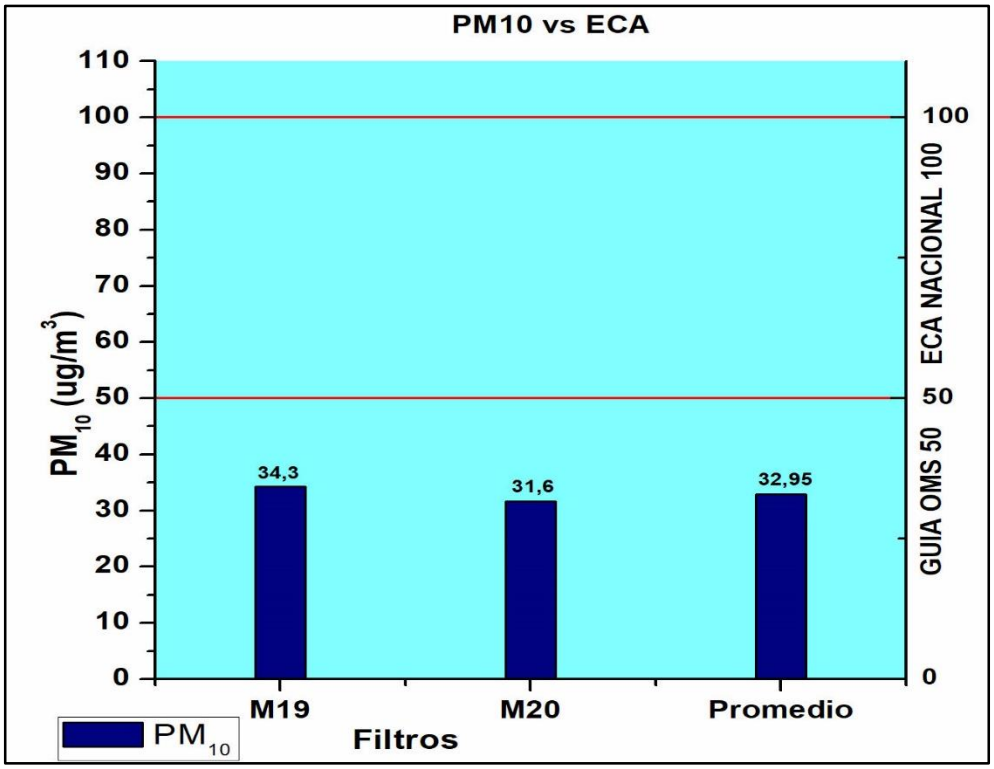
J) I.E10: PAUL HARRIS

Cuadro 24. Concentración de PM_{10} en I.E10

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} (µg/m^3)	ECA Nacional	ECA OMS
M19	09-01-2018	34.3		
M20	10-01-2018	31.6	100	50
Promedio		32.95		

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 10. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E10



Fuente: Propia del Autor

En el punto de monitoreo N° 10 establecido en la I.E Paul Harris, la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 32.95 µg/m^3 de PM_{10} el cual no sobrepaso el ECA nacional de 100 µg/m^3 para 24 horas, así mismo tampoco sobrepaso la guía de la OMS para PM_{10} de 50 µg/m^3 en 24 horas, en el primer día de monitoreo la concentración de PM_{10} llego a 34.3 µg/m^3 como se aprecia en el cuadro 24 y gráfico 10.

Cuadro 25. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E10

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración (µg/m³)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M19-M20	09-01-2018 10-01-2018	As	0.012	<0.012	0,01200	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	0.011	0,00650	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.059	0,05900	50
		Fe	0.016	0.469	0,42850	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	0.173	0,17300	20
		Mn	0.002	0.009	0,00850	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Pb	0.015	0.063	0,03900	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	0.074	0,07400	10
		Zn	0.057	<0.057	0,05700	120

Fuente: Propia del Autor
Q: Cuantificación

Con respecto a la concentración de metales pesados de los dos días de monitoreo (48 horas) las concentraciones máximas y promedio para el As, Be, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Sb y Zn estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio con concentraciones muy bajas, sin embargo para el Cd, Cu, Fe, Li, Mn, Pb y Se, si se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, de los cuales el Fe presento la mayor concentración a comparación del resto de metales, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario para metales pesados para 24 horas en material particulado como se aprecia en el cuadro 25.

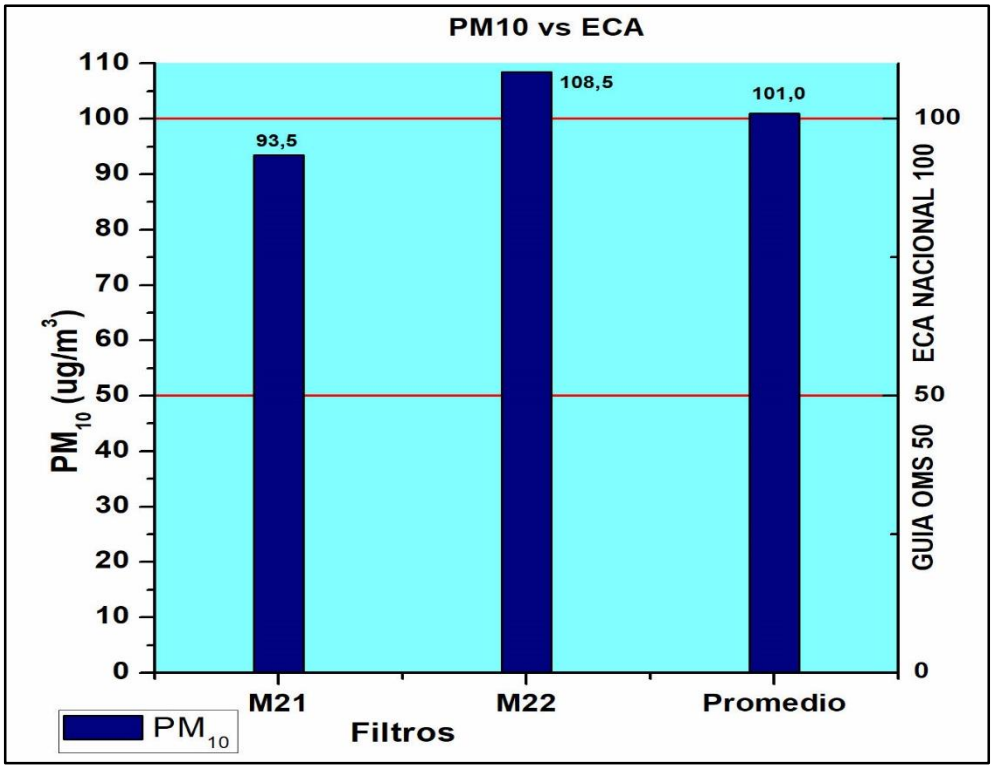
K) I.E11: N° 341

Cuadro 26. Concentración de PM_{10} en I.E11

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ECA Nacional	ECA OMS
M21	22-01-2018	93.5		
M22	23-01-2018	108.5	100	50
Promedio		101		

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 11. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E11



Fuente: Propia del Autor

En el punto de monitoreo N° 11 establecido en la I.E N° 341, la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 101.0 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual sobrepaso el ECA nacional de 100 $\mu g/m^3$ para 24 horas, así mismo también sobrepaso la guía de la OMS para PM_{10} de 50 $\mu g/m^3$ en 24 horas, en el segundo día de monitoreo la concentración de PM_{10} llego a 108.5 $\mu g/m^3$ como se aprecia en el cuadro 26 y gráfico 11.

Cuadro 27. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E11

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración (µg/m3)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M21-M22	22-01-2018 23-01-2018	As	0.012	<0.012	0,01200	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	0.004	0,00300	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.054	0,04800	50
		Fe	0.016	1.266	1,25450	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	0.174	0,17400	20
		Mn	0.002	0.029	0,02600	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Pb	0.015	0.026	0,02300	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	0.074	0,07400	10
		Zn	0.057	<0.057	0,05700	120

Fuente: Propia del Autor
Q: Cuantificación

Con respecto a la concentración de metales pesados de los dos días de monitoreo (48 horas) las concentraciones máximas y promedio para el As, Be, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Sb y Zn estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio con concentraciones muy bajas, sin embargo para el Cd, Cu, Fe, Li, Mn, Pb y Se, si se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, de los cuales el Fe presento la mayor concentración a comparación del resto de metales, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario para metales pesados en material particulado para 24 horas como se aprecia en el cuadro 27.

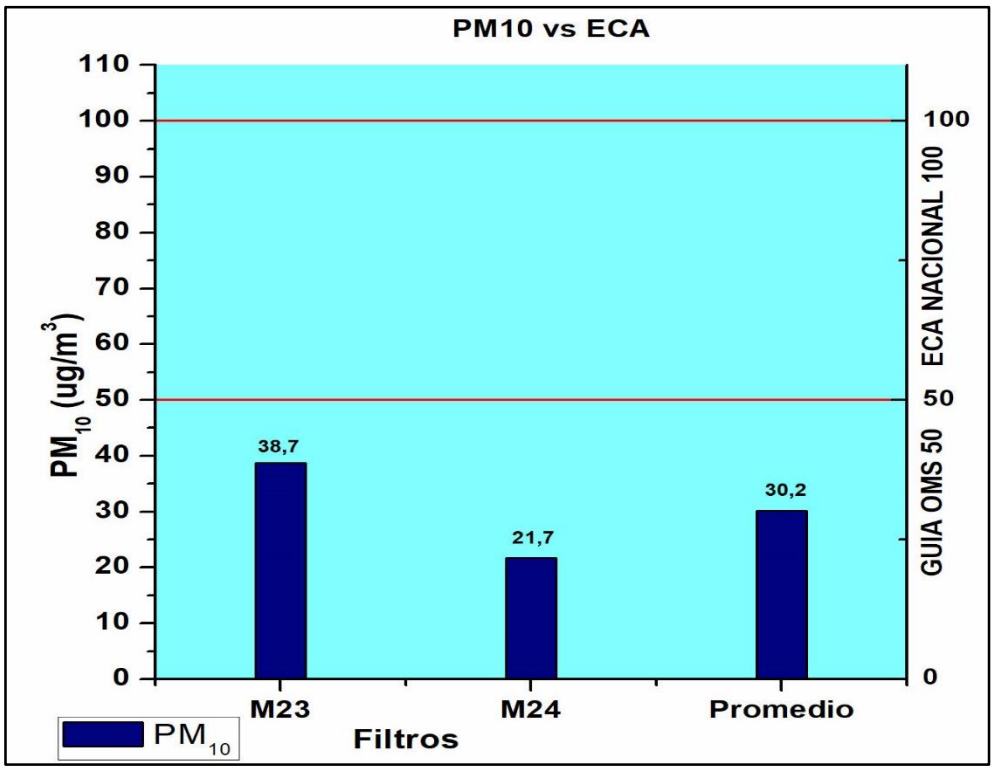
L) I.E12: FE Y ALEGRIA

Cuadro 28. Concentración de PM_{10} en I.E12

Punto Monitoreo	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu g/m^3$)	ECA Nacional	ECA OMS
M23	27-01-2018	38.7		
M24	28-01-2018	21.7	100	50
Promedio		30.2		

Fuente: Propia del Autor

Gráfico 12. Evaluación de PM_{10} con el ECA I.E12



Fuente: Propia del Autor

En el punto de monitoreo N° 12 establecido en la I.E Fe y Alegría, la concentración promedio de los dos días de monitoreo fue de 30.2 $\mu g/m^3$ de PM_{10} el cual no sobrepaso el ECA nacional de 100 $\mu g/m^3$ para 24 horas, así mismo tampoco sobrepaso la guía de la OMS para PM_{10} de 50 $\mu g/m^3$ en 24 horas, en el primer día de monitoreo, la concentración de PM_{10} llego a 38.7 $\mu g/m^3$ como se aprecia en el cuadro 28 y gráfico 12.

Cuadro 29. Concentración de metales pesados en PM_{10} de la I.E12

Punto Monitoreo	Fecha	Metal	Limite Q	Concentración ($\mu g/m^3$)		ECA Ontario
				Max	Promedio	
M23-M24	27-01-2018 28-01-2018	As	0.012	0.027	0,01950	0.3
		Be	0.001	<0.001	0,00100	0.01
		Cd	0.002	0.012	0,00700	0.025
		Co	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Cr	0.006	<0.006	0,00600	0.5
		Cu	0.005	0.074	0,04700	50
		Fe	0.016	0.430	0,40650	4
		Hg	0.026	<0.026	0,02600	2
		Li	0.172	0.175	0,17400	20
		Mn	0.002	0.023	0,01500	0.2
		Mo	0.004	<0.004	0,00400	120
		Ni	0.007	<0.007	0,00700	0.1
		Pb	0.015	0.091	0,05300	0.5
		Sb	0.012	<0.012	0,01200	25
		Se	0.073	0.074	0,07400	10
		Zn	0.057	0.058	0,05750	120

Fuente: Propia del Autor
Q: Cuantificación

Con respecto a la concentración de metales pesados de los dos días de monitoreo (48 horas) las concentraciones máximas y promedio para el Be, Co, Cr, Hg, Mo, Ni y Sb estuvieron fuera del límite de cuantificación de análisis de laboratorio con concentraciones muy bajas, sin embargo para el As, Cd, Cu, Fe, Li, Mn, Pb, Se y Zn, si se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación, de los cuales el Fe presento la mayor concentración a comparación del resto de metales, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por la Norma Internacional Canadiense/Ontario para metales pesados en material particulado para 24 horas como se aprecia en el cuadro 29.

En forma general las concentraciones de material particulado se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 30. Concentración de PM_{10} y ubicación de las I.E

P.M	I.E	Fecha	PM_{10} ($\mu g/m^3$)	Promedio	Ubicación
M1	Carlos A. Conde V	04-12-2017	44.8	47.6	Mercado Pacocha / P
M2		05-12-2017	50.4		
M3	Coronel F. Bolognesi	06-12-2017	26.7	26.65	Miramar / P
M4		08-12-2017	26.6		
M5	Elisa Rivera	11-12-2017	30.2	30.1	Plaza de Armas / P
M6		12-12-2017	30.0		
M7	Mercedes C. Carbonera	18-12-2017	69.9	70.65	Villa del Mar / P
M8		20-12-2017	71.4		
M9	Jhon F. Kennedy	22-12-2017	41.8	35.7	Jhon F. Kennedy / P
M10		23-12-2017	29.6		
M11	Mariscal. D. Nieto	26-12-2017	23.8	26.9	Alto Ilo / P
M12		27-12-2017	30.0		
M13	José O. Balandra	28-12-2017	23.0	22.25	Luis E. Valcárcel / P.I
M14		29-12-2017	21.5		
M15	43030 San Pedro	03-01-2018	57.4	39.9	Nylon San Pedro / P
M16		04-01-2018	22.4		
M17	Miguel G. Seminario	05-01-2018	34.0	35.4	Integración Latinoamericana / P. I
M18		06-10-2018	36.8		
M19	Paul Harris	09-01-2018	34.3	32.95	Los Ángeles / P. I
M20		10-01-2018	31.6		
M21	341	22-01-2018	93.5	101	Vista al Mar / P. I
M22		23-01-2018	108.5		
M23	Fe y Alegría	27-01-2018	38.7	30.2	24 de Octubre / P. I
M24		28-01-2018	21.7		

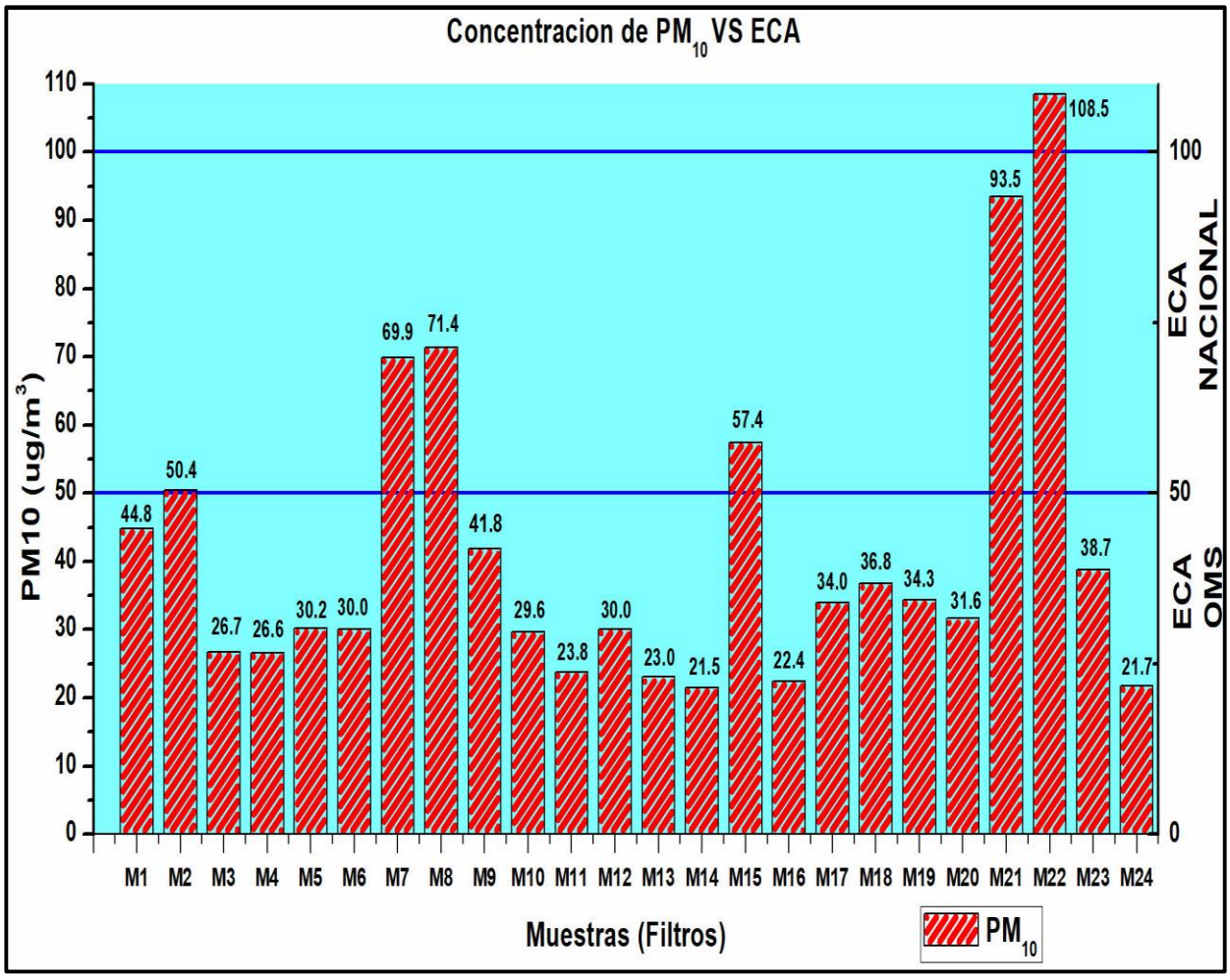
Fuente: Propia del Autor,

P.M: Punto de Monitoreo (Filtros)
P: Puerto
P.I: Pampa Inalámbrica

Como se puede apreciar en el cuadro 30, los monitoreos de material particulado PM_{10} se realizaron del 04-12-2017 al 28-01-2018 entre los meses de diciembre del 2017 y enero del 2018 respectivamente, donde la menor concentración de PM_{10} con 21.5 $\mu g/m^3$ se localizó en la institución

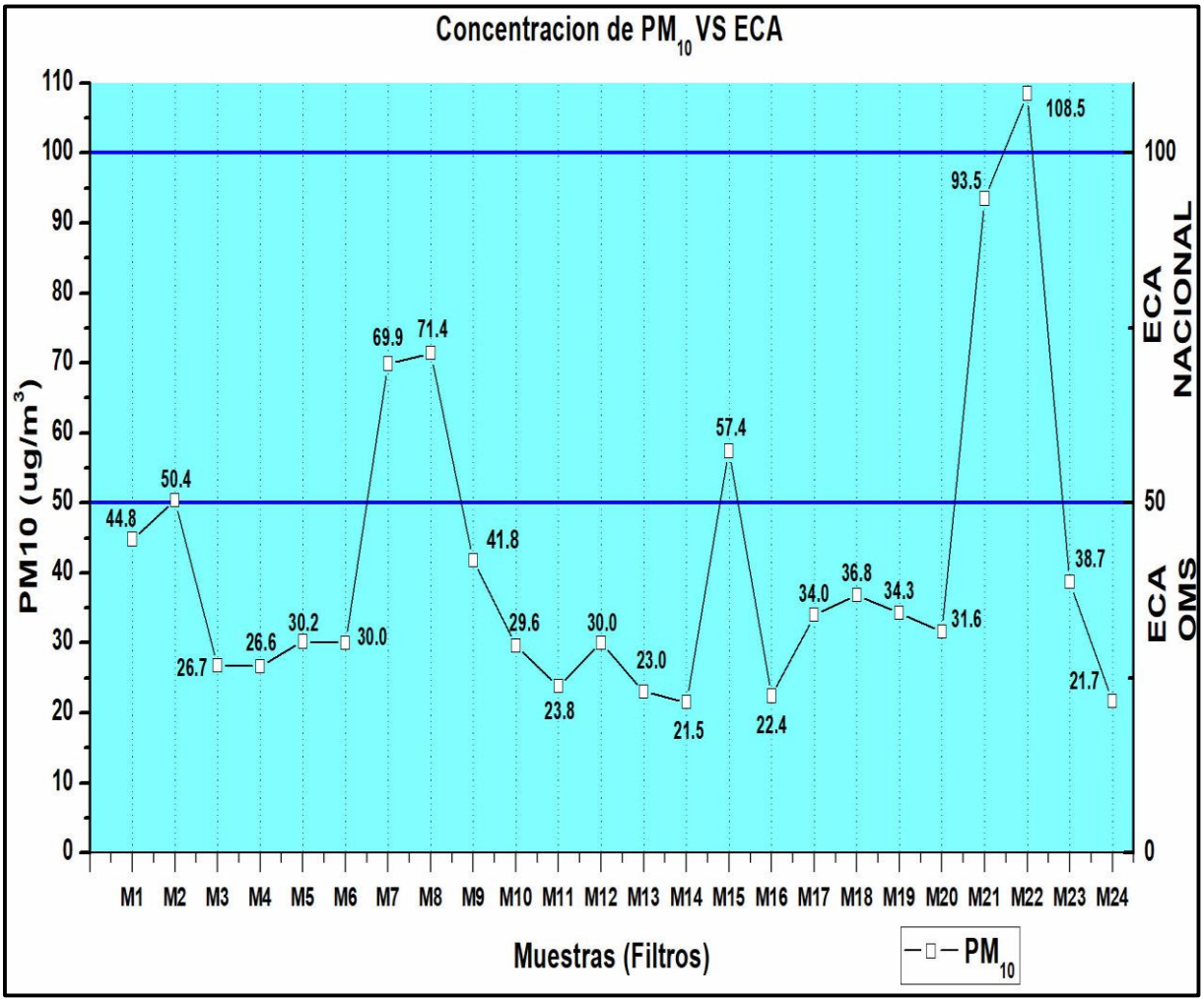
educativa José Olaya Balandra ubicado en la Urb. Luis E. Valcárcel en el sector de la Pampa Inalámbrica, y la mayor concentración de PM_{10} con 108.5 µg/m^3 se localizó en la institución educativa N° 341 ubicado en el AA.HH Vista al Mar en el sector de la Pampa Inalámbrica, los cuales también se pueden visualizar en el grafico 13 y 14.

Gráfico 13. Concentración general de PM_{10} en I.E



Fuente: Propia del Autor

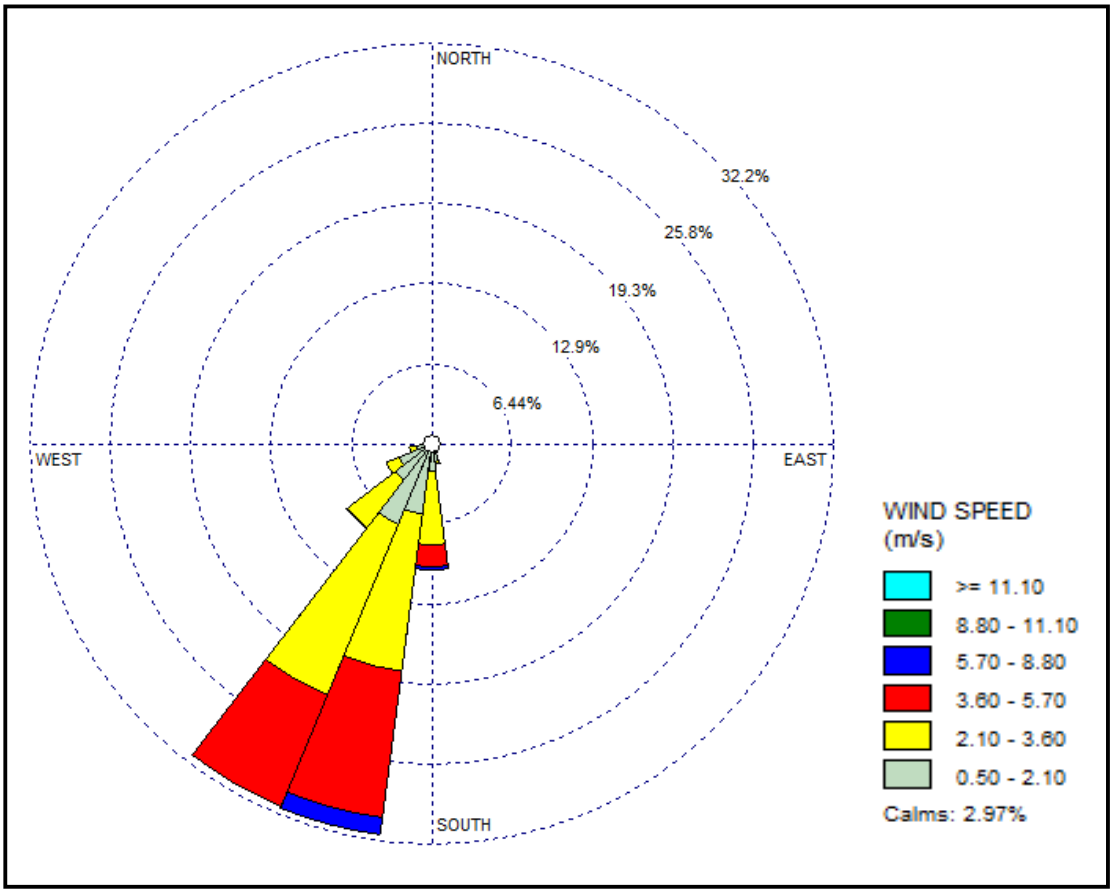
Gráfico 14. Concentración general de PM_{10} en I.E



Fuente: Propia del Autor

Así mismo el comportamiento meteorológico desde el 04-12-2017 al 31-01-2018 se muestra a continuación en el gráfico 15.

Gráfico 15. Rosa de vientos durante el periodo de monitoreo en I.E



Fuente: Propia del Autor

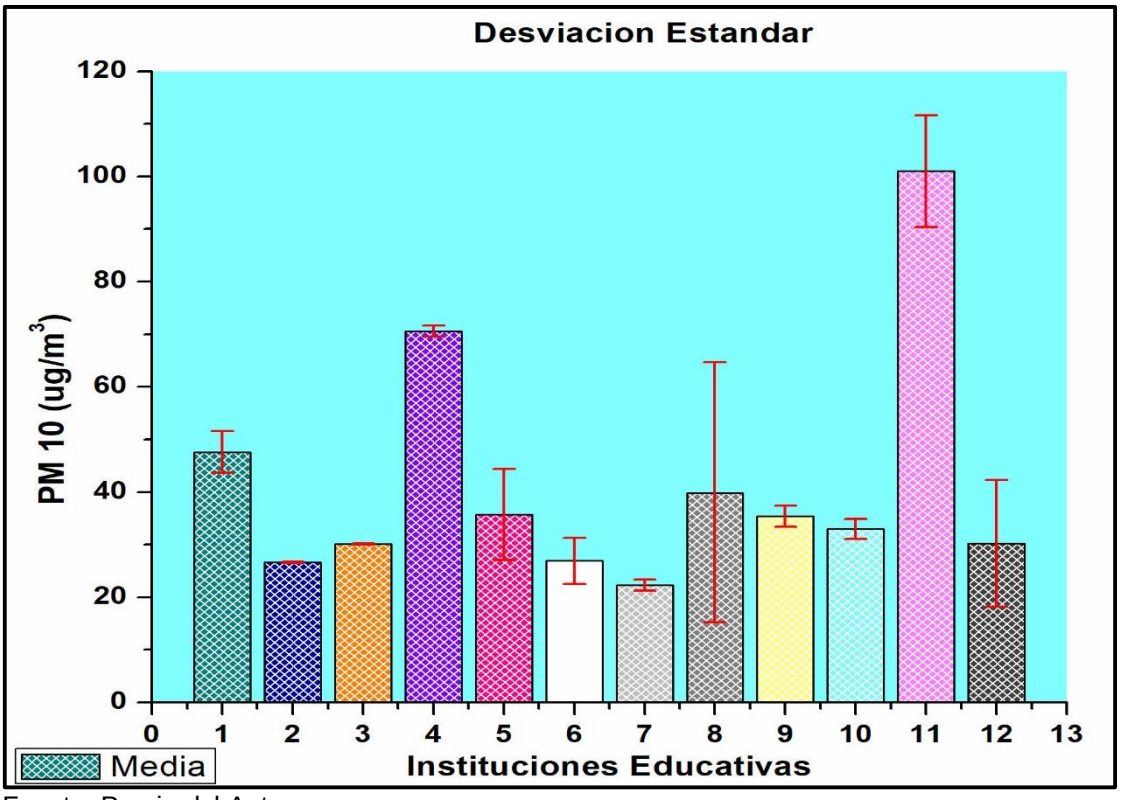
La dirección predominante del viento fue del noreste a suroeste, la velocidad promedio del viento fue de 2.63 m/s, la velocidad máxima fue de 7.47 m/s y la velocidad mínima de 0.09 m/s.

4.1.2 PRUEBAS ESTADISTICAS

4.1.2.1 DESVIACION ESTANDAR PARA PM_{10}

Para poder determinar la dispersión de las concentraciones de material particulado menor a 10 micras halladas en los puntos de monitoreo se determinó la desviación estándar o desviación típica de las medias de cada punto de monitoreo usando el programa SPSS 22, como se puede ver en el cuadro 31 y gráfico 16 de forma gráfica.

Gráfico 16. Desviación Estándar de PM_{10}



Fuente: Propia del Autor

En el gráfico 16 se puede apreciar la dispersión que existe entre las medias de concentración de material particulado de cada institución educativa, en

donde las Instituciones N° 2, 3, 4, 7, 9, 10 presentan una dispersión menor o no significativa probablemente por comportamiento meteorológico similar que se dio en los días de monitoreo de las instituciones mencionadas y algunas características propias de cada una, a comparación de las instituciones N° 1, 5, 6, 8, 11, 12 los cuales presentan una dispersión mayor o significativa probablemente también por un comportamiento meteorológico no similar en sus días de monitoreo, así como también de las características de las zonas de ubicación de las instituciones educativas.

Cuadro 31. Resultados de la desviación estándar

I.E	Nombre	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	Carlos A. Conde. V	2	5,60	47,6000	3,95980	15,680
2	Coronel. F. Bolognesi. C	2	0,10	26,6500	0,07071	0,005
3	Elisa Rivera	2	0,20	30,1000	0,14142	0,020
4	Mercedes Cabello .C	2	1,50	70,6500	1,06066	1,125
5	Jhon. F. Kennedy	2	12,20	35,7000	8,62670	74,420
6	Mariscal. D. Nieto	2	6,20	26,9000	4,38406	19,220
7	José Olaya Balandra	2	1,50	22,2500	1,06066	1,125
8	43030 San Pedro	2	35,00	39,9000	24,74874	612,500
9	Miguel Grau Seminario	2	2,80	35,4000	1,97990	3,920
10	Paul Harris	2	2,70	32,9500	1,90919	3,645
11	N° 341	2	15,00	101,0000	10,60660	112,500
12	Fe y Alegría	2	17,00	30,2000	12,02082	144,500

Fuente: Propia del Autor

4.1.2.2 DESVIACION ESTANDAR DE METALES PESADOS

A) I.E1: CARLOS ALBERTO CONDE VASQUEZ

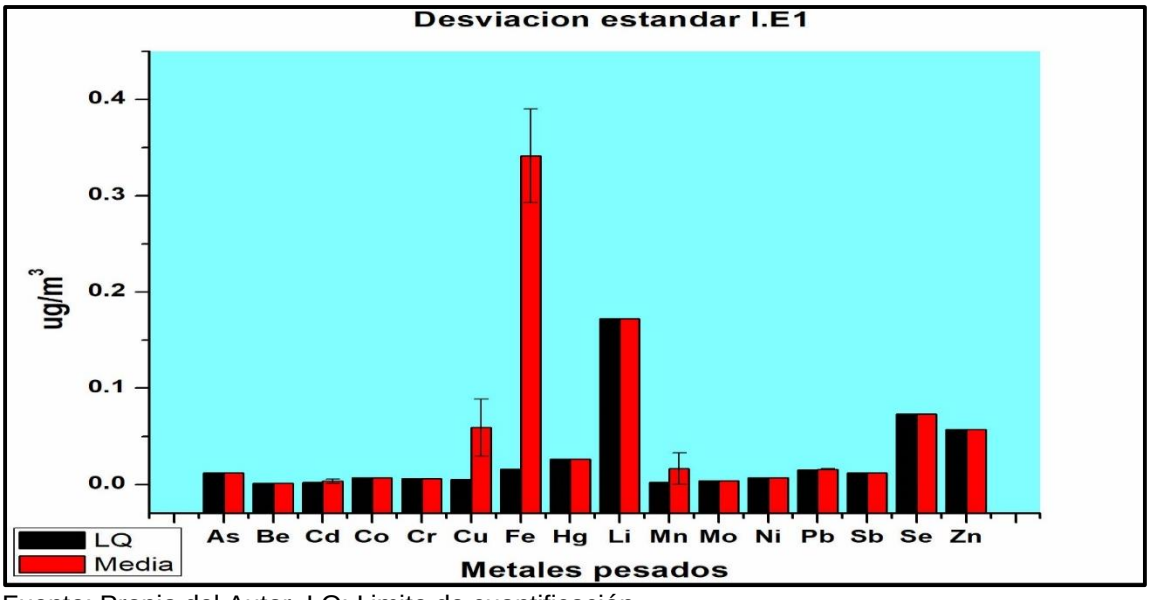
Cuadro 32. Resultados desviación estándar metales pesados I.E1

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,003	0,00350	0,002121	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,042	0,05900	0,029698	0,001
7	Fe	2	0,069	0,34150	0,048790	0,002
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,000	0,17200	0,000000	0,000
10	Mn	2	0,023	0,01650	0,016263	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
13	Pb	2	0,001	0,01550	0,000707	0,000
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,000	0,07300	0,000000	0,000
16	Zn	2	0,000	0,05700	0,000000	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Fe, Cu, Mn, Cd y Pb, presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 17. Desviación estándar metales pesados I.E1



Fuente: Propia del Autor, LQ: Limite de cuantificación

B) I.E2: CORONEL F. BOLOGNESI CERVANTES

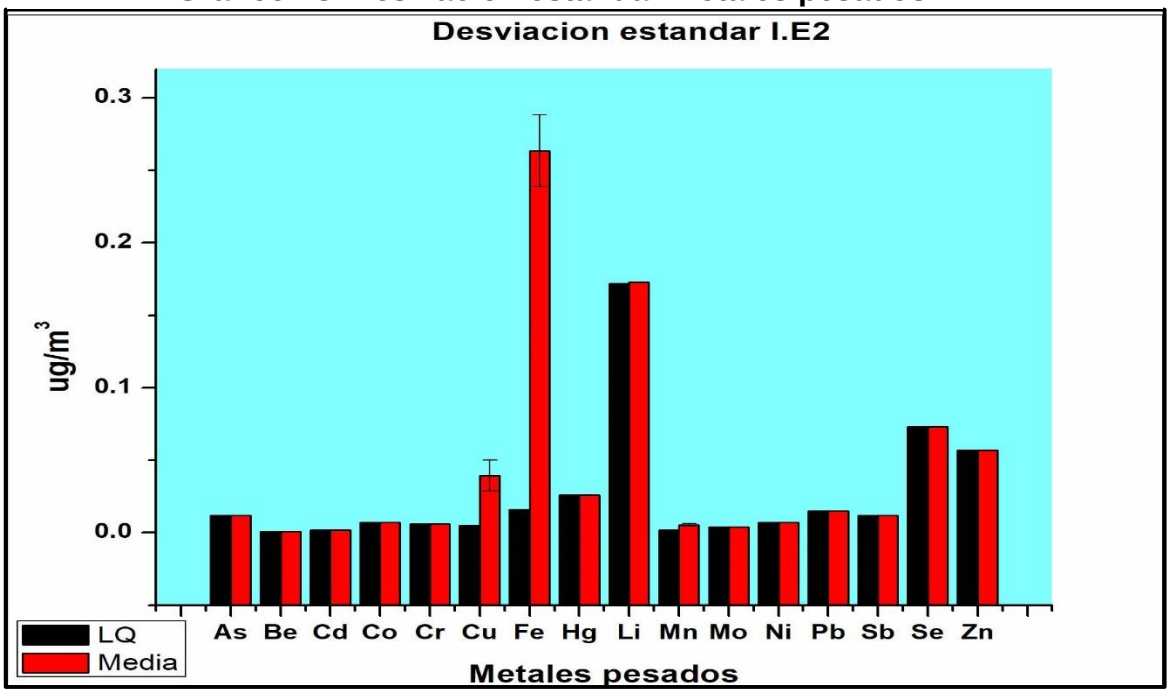
Cuadro 33. Resultados desviación estándar metales pesados I.E2

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,000	0,00200	0,000000	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,015	0,03950	0,010607	0,000
7	Fe	2	0,035	0,26350	0,024749	0,001
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,000	0,17300	0,000000	0,000
10	Mn	2	0,001	0,00550	0,000707	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
13	Pb	2	0,000	0,01500	0,000000	0,000
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,000	0,07300	0,000000	0,000
16	Zn	2	0,000	0,05700	0,000000	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Fe, Cu y Mn, presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 18. Desviación estándar metales pesados I.E2



Fuente: Propia del Autor, LQ: Limite de cuantificación

C) I.E3: ELISA RIVERA (UGEL ILO)

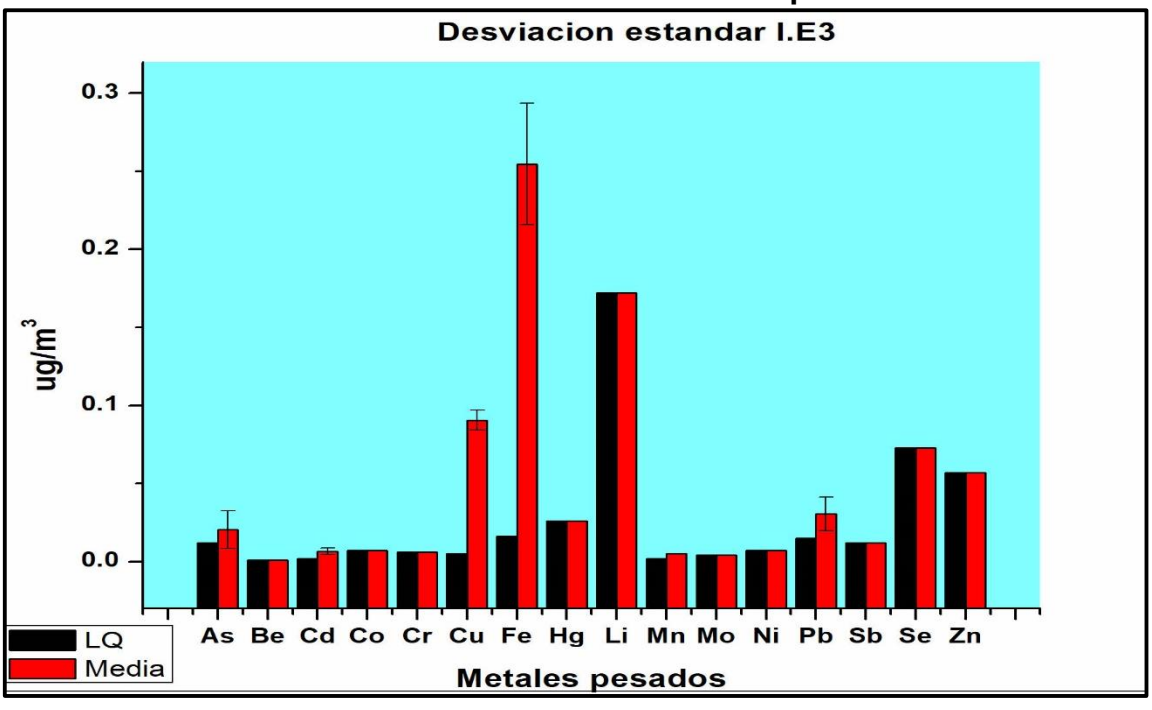
Cuadro 34. Resultados desviación estándar metales pesados I.E3

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,017	0,02050	0,012021	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,003	0,00650	0,002121	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,009	0,09050	0,006364	0,000
7	Fe	2	0,055	0,25450	0,038891	0,002
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,000	0,17200	0,000000	0,000
10	Mn	2	0,000	0,00500	0,000000	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
13	Pb	2	0,015	0,03050	0,010607	0,000
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,000	0,07300	0,000000	0,000
16	Zn	2	0,000	0,05700	0,000000	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Fe, As, Pb, Cu y Cd, presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 19. Desviación estándar metales pesados I.E3



Fuente: Propia del Autor, LQ: Limite de cuantificación

D) I.E4: MERCEDES CABELLO DE CARBONERA

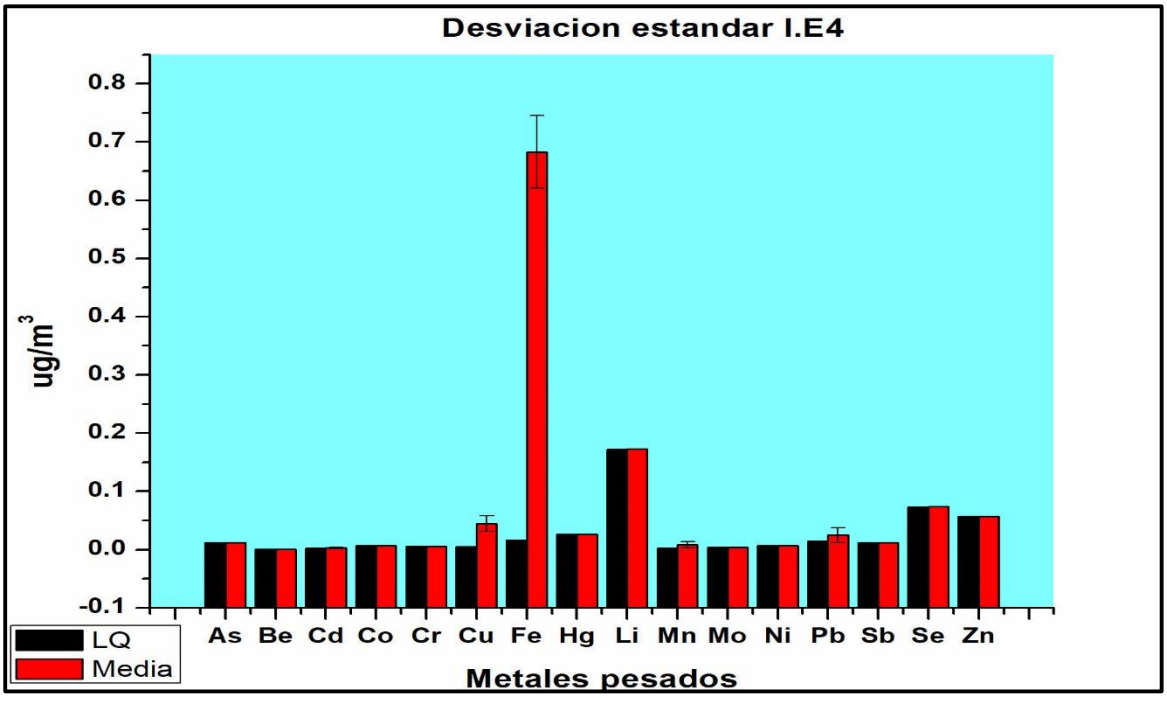
Cuadro 35. Resultados desviación estándar metales pesados I.E4

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,002	0,00300	0,001414	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,019	0,04450	0,013435	0,000
7	Fe	2	0,088	0,68300	0,062225	0,004
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,000	0,17300	0,000000	0,000
10	Mn	2	0,007	0,00850	0,004950	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
13	Pb	2	0,018	0,02500	0,012728	0,000
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,000	0,07400	0,000000	0,000
16	Zn	2	0,000	0,05700	0,000000	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Fe, Cu, Pb, Mn y Cd, presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 20. Desviación estándar metales pesados I.E4



Fuente: Propia del Autor, LQ: Limite de cuantificación

E) I.E5: JHON F. KENNEDY

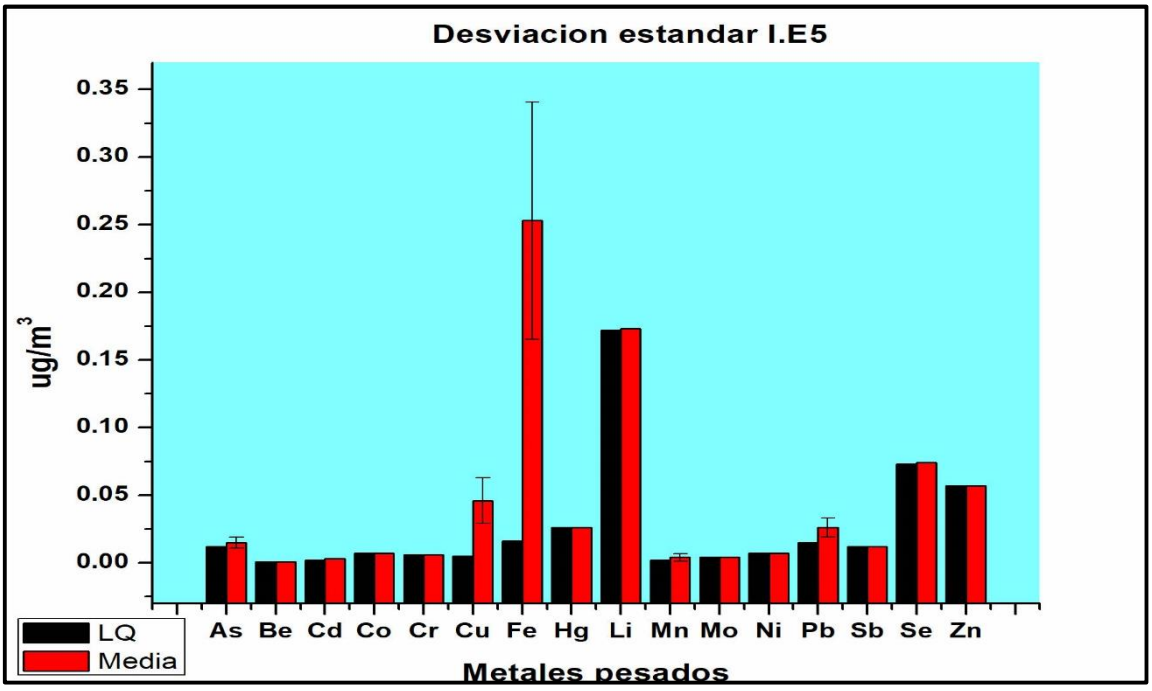
Cuadro 36. Resultados desviación estándar metales pesados I.E5

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,006	0,01500	0,004243	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,000	0,00300	0,000000	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,024	0,04600	0,016971	0,000
7	Fe	2	0,124	0,25300	0,087681	0,008
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,000	0,17300	0,000000	0,000
10	Mn	2	0,004	0,00400	0,002828	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
13	Pb	2	0,010	0,02600	0,007071	0,000
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,000	0,07400	0,000000	0,000
16	Zn	2	0,000	0,05700	0,000000	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Fe, Cu, Pb, As y Mn, presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 21. Desviación estándar metales pesados I.E5



Fuente: Propia del Autor, LQ: Limite de cuantificación

F) I.E6: MARISCAL DOMINGO NIETO MARQUEZ

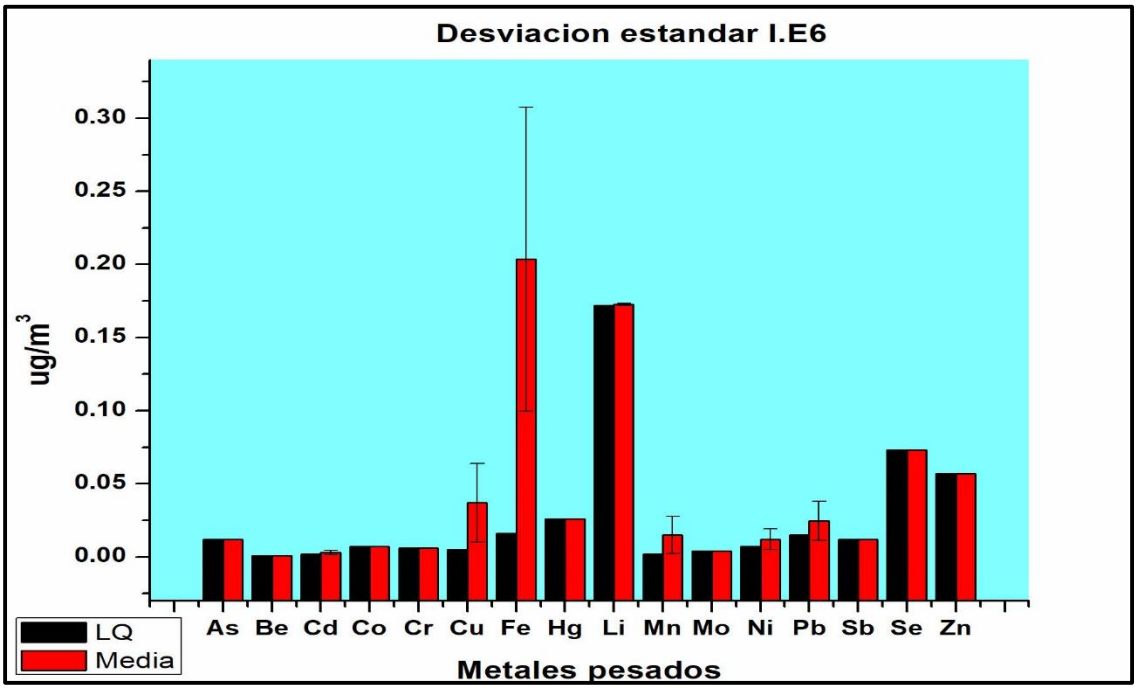
Cuadro 37. Resultados desviación estándar metales pesados I.E6

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,002	0,00300	0,001414	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,038	0,03700	0,026870	0,001
7	Fe	2	0,147	0,20350	0,103945	0,011
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,001	0,17250	0,000707	0,000
10	Mn	2	0,018	0,01500	0,012728	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,010	0,01200	0,007071	0,000
13	Pb	2	0,019	0,02450	0,013435	0,000
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,000	0,07300	0,000000	0,000
16	Zn	2	0,000	0,05700	0,000000	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Fe, Cu, Pb, Mn, Ni, Cd y Li presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 22. Desviación estándar metales pesados I.E6



Fuente: Propia del Autor, LQ: Limite de cuantificación

G) I.E7: JOSE OLAYA BALANDRA

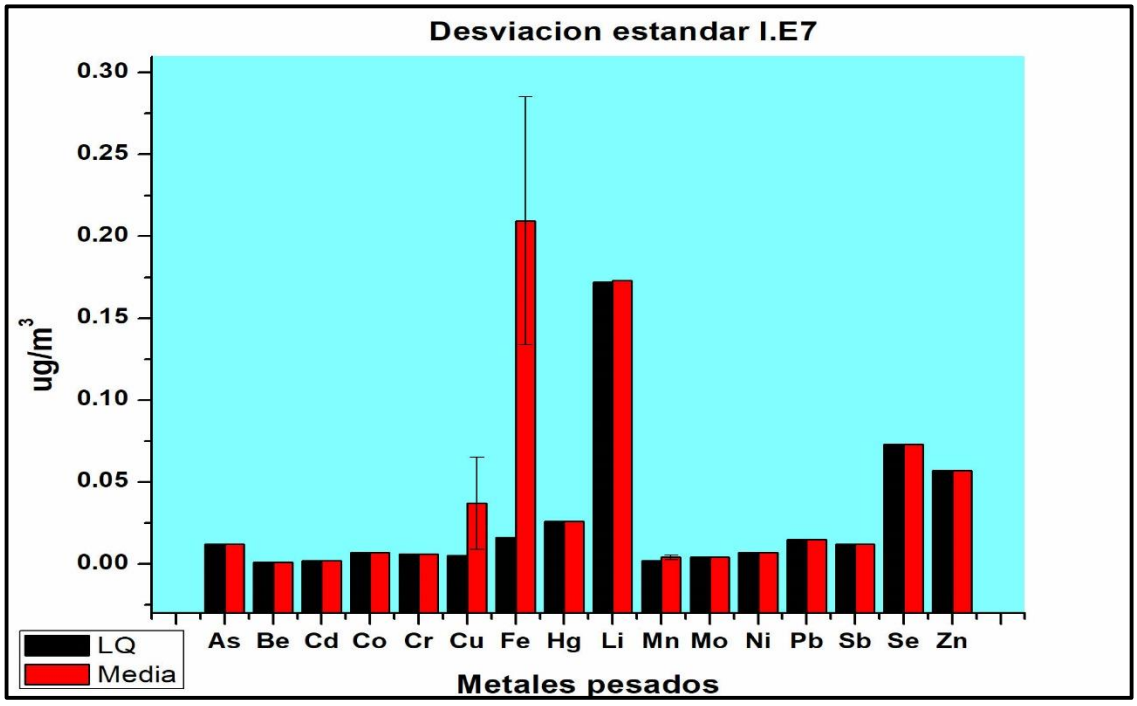
Cuadro 38. Resultados desviación estándar metales pesados I.E7

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,000	0,00200	0,000000	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,040	0,03700	0,028284	0,001
7	Fe	2	0,107	0,20950	0,075660	0,006
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,000	0,17300	0,000000	0,000
10	Mn	2	0,002	0,00400	0,001414	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
13	Pb	2	0,000	0,01500	0,000000	0,000
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,000	0,07300	0,000000	0,000
16	Zn	2	0,000	0,05700	0,000000	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Fe, Cu y Mn presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 23. Desviación estándar metales pesados I.E7



Fuente: Propia del Autor, LQ: Limite de cuantificación

H) I.E8: 43030 SAN PEDRO

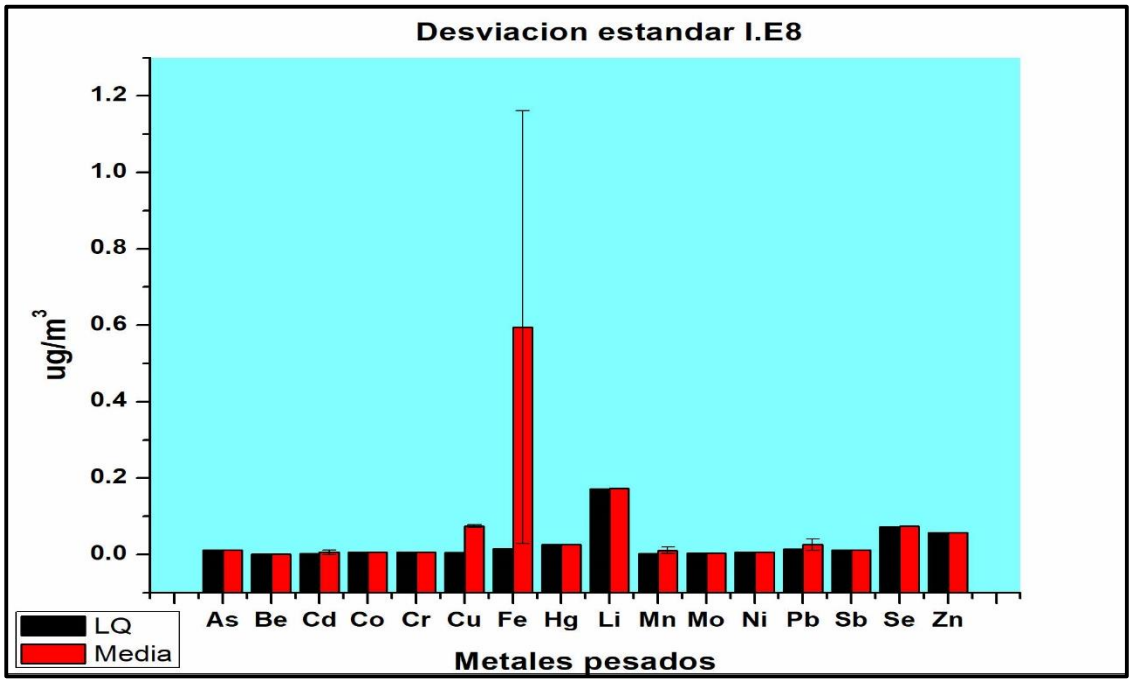
Cuadro 39. Resultados desviación estándar metales pesados I.E8

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,008	0,00600	0,005657	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,006	0,07400	0,004243	0,000
7	Fe	2	0,801	0,59550	0,566393	0,321
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,000	0,17300	0,000000	0,000
10	Mn	2	0,012	0,01100	0,008485	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
13	Pb	2	0,021	0,02550	0,014849	0,000
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,000	0,07400	0,000000	0,000
16	Zn	2	0,000	0,05700	0,000000	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Fe, Pb, Mn, Cd y Cu presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 24. Desviación estándar metales pesados I.E8



Fuente: Propia del Autor, LQ: Limite de cuantificación

I) I.E9: ALMIRANTE MIGUEL GRAU SEMINARIO

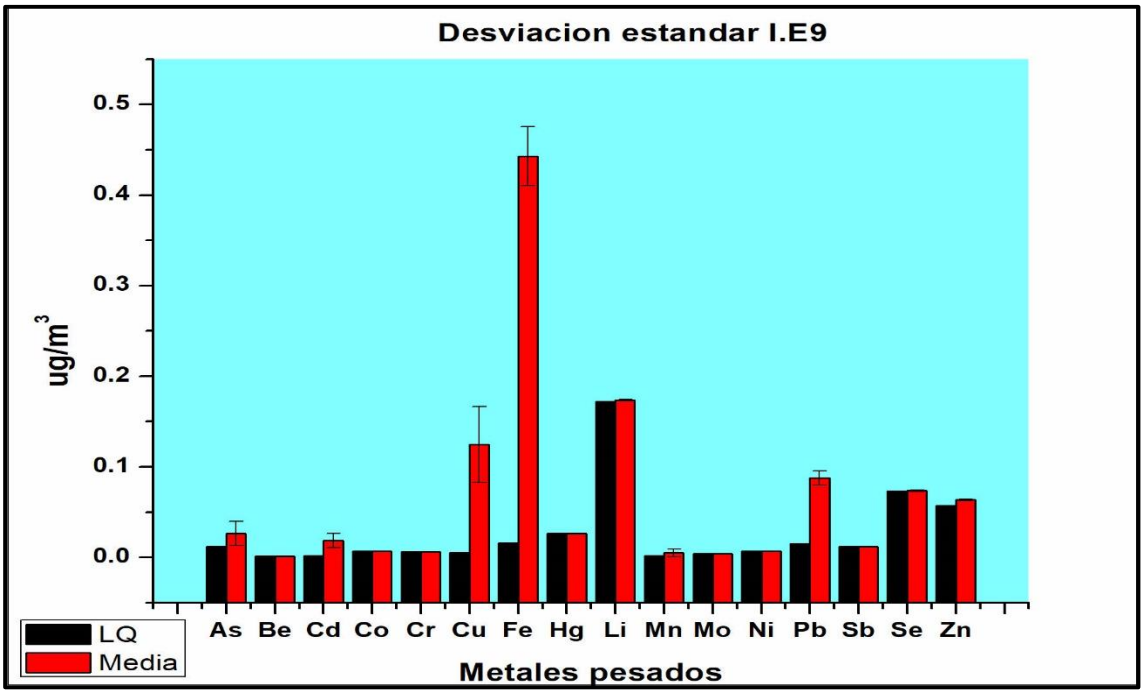
Cuadro 40. Resultados desviación estándar metales pesados I.E9

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,019	0,02650	0,013435	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,011	0,01850	0,007778	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,059	0,12450	0,041719	0,002
7	Fe	2	0,046	0,44300	0,032527	0,001
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,001	0,17350	0,000707	0,000
10	Mn	2	0,006	0,00500	0,004243	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
13	Pb	2	0,011	0,08750	0,007778	0,000
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,001	0,07350	0,000707	0,000
16	Zn	2	0,001	0,06350	0,000707	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Cu, Fe, As, Cd, Pb, Li, Mn, Se y Zn presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 25. Desviación estándar metales pesados I.E9



Fuente: Propia del Autor, LQ: Limite de cuantificación

J) I.E10: PAUL HARRIS

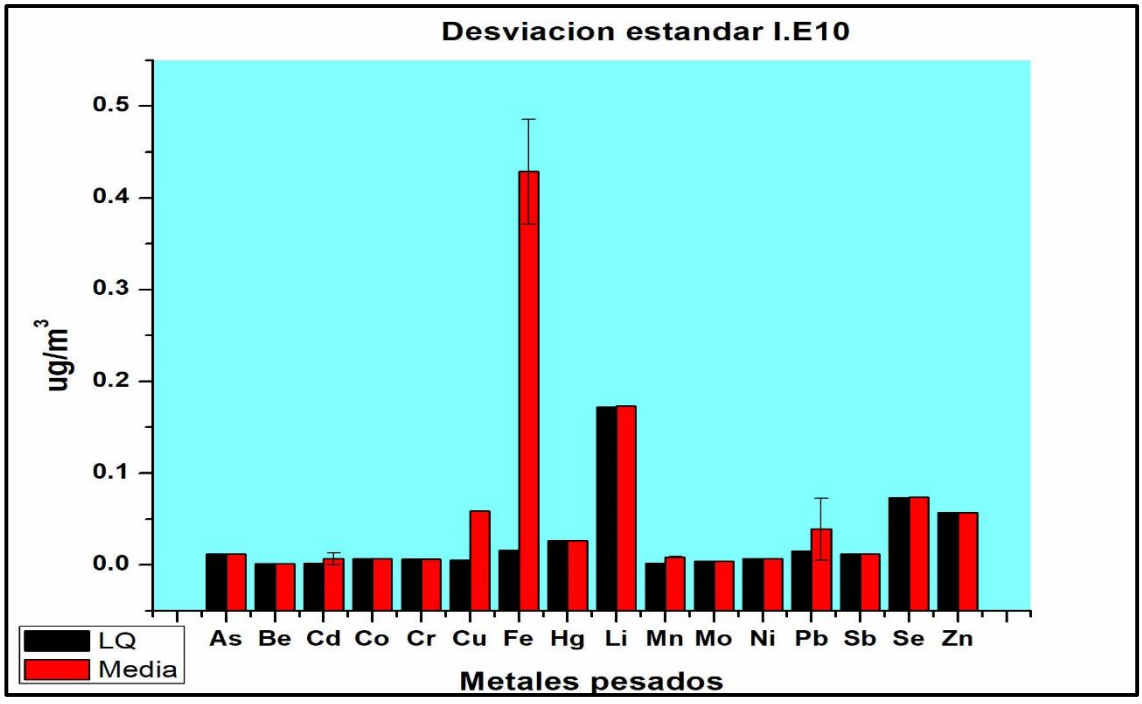
Cuadro 41. Resultados desviación estándar metales pesados I.E10

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,009	0,00650	0,006364	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,000	0,05900	0,000000	0,000
7	Fe	2	0,081	0,42850	0,057276	0,003
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,000	0,17300	0,000000	0,000
10	Mn	2	0,001	0,00850	0,000707	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
13	Pb	2	0,048	0,03900	0,033941	0,001
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,000	0,07400	0,000000	0,000
16	Zn	2	0,000	0,05700	0,000000	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Fe, Pb, Cd y Mn presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 26. Desviación estándar metales pesados I.E10



Fuente: Propia del Autor, LQ: Limite de cuantificación

K) I.E11: N° 341

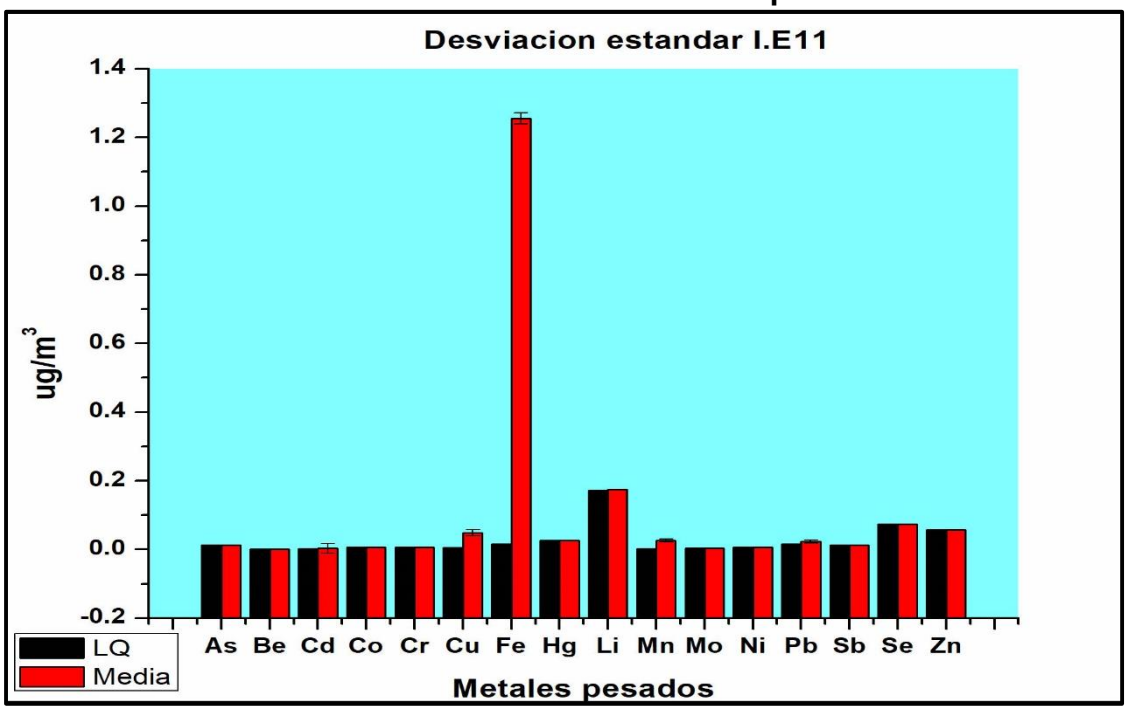
Cuadro 42. Resultados desviación estándar metales pesados I.E11

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,002	0,00300	0,001414	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,012	0,04800	0,008485	0,000
7	Fe	2	0,023	1,25450	0,016263	0,000
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,000	0,17400	0,000000	0,000
10	Mn	2	0,006	0,02600	0,004243	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
13	Pb	2	0,006	0,02300	0,004243	0,000
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,000	0,07400	0,000000	0,000
16	Zn	2	0,000	0,05700	0,000000	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Fe, Cu, Mn, Pb y Cd presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 27. Desviación estándar metales pesados I.E11



Fuente: Propia del Autor, LQ: Limite de cuantificación

L) I.E12: FE Y ALEGRIA

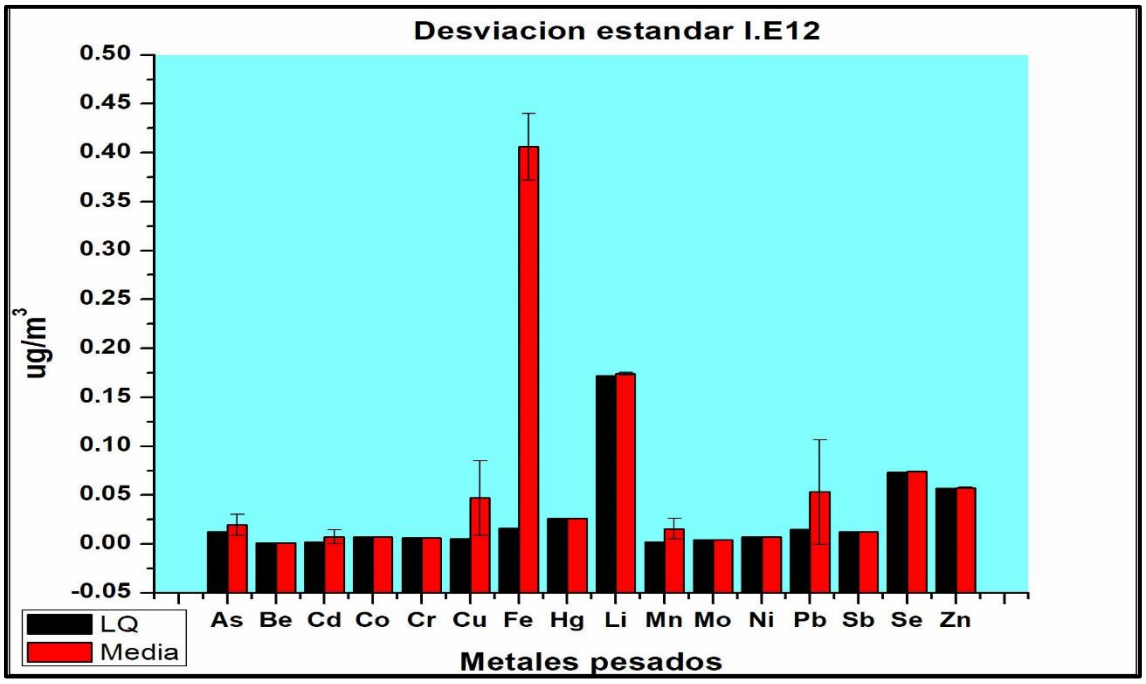
Cuadro 43. Resultados desviación estándar metales pesados I.E12

N°	Metal	N	Rango	Media	Desviación estándar	Varianza
1	As	2	0,015	0,01950	0,010607	0,000
2	Be	2	0,000	0,00100	0,000000	0,000
3	Cd	2	0,010	0,00700	0,007071	0,000
4	Co	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
5	Cr	2	0,000	0,00600	0,000000	0,000
6	Cu	2	0,054	0,04700	0,038184	0,001
7	Fe	2	0,048	0,40650	0,033941	0,001
8	Hg	2	0,000	0,02600	0,000000	0,000
9	Li	2	0,002	0,17400	0,001414	0,000
10	Mn	2	0,015	0,01500	0,010607	0,000
11	Mo	2	0,000	0,00400	0,000000	0,000
12	Ni	2	0,000	0,00700	0,000000	0,000
13	Pb	2	0,076	0,05300	0,053740	0,003
14	Sb	2	0,000	0,01200	0,000000	0,000
15	Se	2	0,000	0,07400	0,000000	0,000
16	Zn	2	0,001	0,05750	0,000707	0,000

Fuente: Propia del Autor

Los metales Pb, Cu, Fe, As, Mn, Cd, Li y Zn presentaron una dispersión de concentración con respecto a sus correspondientes medias.

Gráfico 28. Desviación estándar metales pesados I.E12



Fuente: Propia del Autor
LQ: Limite de cuantificación

En la institución Carlos A. Conde Vásquez, los metales que más concentración promedio tuvieron por encima de su límite de cuantificación, fueron el Cd (0,00350 µg/m^3), Cu (0,05900 µg/m^3), Fe (0,34150 µg/m^3), Mn (0,01650 µg/m^3) y Pb (0,01550 µg/m^3), donde el Fe (fierro) tiene la mayor concentración seguido del Cu (cobre), Mn (manganeso), Cd (cadmio) y Pb (plomo). En la institución Coronel F. Bolognesi Cervantes, los metales con mayor concentración promedio por encima de su límite de cuantificación fueron, el Cu (0,03950 µg/m^3), Fe (0,26350 µg/m^3), Li (0,17300 µg/m^3) y Mn (0,00550 µg/m^3), donde el Fe (fierro) tiene mayor concentración, seguido del Li (litio), Cu (cobre) y Mn (manganeso).

En la institución Elisa Rivera, el As (0,02050 µg/m^3), Cd (0,00650 µg/m^3), Cu (0,09050 µg/m^3), Fe (0,25450 µg/m^3), Mn (0,00500 µg/m^3) y Pb (0,03050 µg/m^3), presentaron mayores concentraciones promedio por encima de su límite de cuantificación, donde el Fe (fierro) presenta una mayor cantidad, seguido de Cu (cobre), Pb (plomo), As (arsénico), Cd (cadmio) y Mn (manganeso). En la institución Mercedes Cabello de Carbonera, el Cd (0,00300 µg/m^3), Cu (0,04450 µg/m^3), Fe (0,68300 µg/m^3), Li (0,17300 µg/m^3), Mn (0,00850 µg/m^3), Pb (0,02500 µg/m^3) y Se (0,07400 µg/m^3), presentaron concentraciones promedio mayores por encima de su límite de cuantificación, donde el Fe (fierro) presenta más cantidad, seguido de Li (litio), Se (selenio), Cu (cobre), Pb (plomo), Mn (manganeso) y Cd (cadmio).

En la institución Jhon F. Kennedy, el As (0,01500 µg/m^3), Cd (0,00300 µg/m^3), Cu (0,04600 µg/m^3), Fe (0,25300 µg/m^3), Li (0,17300 µg/m^3), Mn (0,00400 µg/m^3), Pb (0,02600 µg/m^3) y Se (0,07400 µg/m^3), presentaron mayor cantidad en promedio por encima de su límite de cuantificación, donde el Fe (fierro) presento más concentración, seguido de Li (litio), Se (selenio), Cu (cobre), Pb (plomo), As (arsénico), Mn (manganeso) y Cd (cadmio). En la institución Mariscal D. Nieto Márquez, el Cd (0,00300 µg/m^3), Cu (0,03700 µg/m^3), Fe (0,20350 µg/m^3), Li (0,17250 µg/m^3), Mn (0,01500 µg/m^3), Ni (0,01200 µg/m^3) y Pb (0,02450 µg/m^3), presentaron mayor cantidad en promedio por encima de su límite de cuantificación, donde el Fe (fierro) presento mayor concentración, seguido del Li (litio), Cu (cobre), Pb (plomo), Mn (manganeso), Ni (níquel) y Cd (cadmio). En la institución José Olaya Balandra, el Cu (0,03700 µg/m^3), Fe (0,20950 µg/m^3), Li (0,17300 µg/m^3) y Mn (0,00400 µg/m^3), tuvieron mayor concentración por encima de su límite de cuantificación, dónde el Fe (fierro) presento más cantidad, seguido del Li (litio), Cu (cobre) y Mn (manganeso).

En la institución 43030 San Pedro, el Cd (0,00600 µg/m^3), Cu (0,07400 µg/m^3), Fe (0,59550 µg/m^3), Li (0,17300 µg/m^3), Mn (0,01100 µg/m^3), Pb (0,02550 µg/m^3) y Se (0,07400 µg/m^3), presentaron mayor concentración por encima de su límite de cuantificación, donde el Fe (fierro) presento más cantidad, seguido del Li (litio), Cu (cobre), Se (selenio), Pb (plomo), Mn (manganeso) y Cd (cadmio). En la institución Almirante Miguel Grau Seminario, el As (0,02650 µg/m^3), Cd (0,01850 µg/m^3), Cu (0,12450

µg/m^3), Fe (0,44300 µg/m^3), Li (0,17350 µg/m^3), Mn (0,00500 µg/m^3), Pb (0,08750 µg/m^3), Se (0,07350 µg/m^3) y Zn (0,06350 µg/m^3), tuvieron mayores concentraciones por encima de su límite de cuantificación, donde el Fe (fierro) presento más cantidad, seguido del Li (litio), Cu (cobre), Pb (plomo), Se (selenio), Zn (zinc), As(arsénico), Cd (cadmio) y Mn (manganeso). En la institución Paul Harris, el Cd (0,00650 µg/m^3), Cu (0,05900 µg/m^3), Fe (0,42850 µg/m^3), Li (0,17300 µg/m^3), Mn (0,00850 µg/m^3), Pb (0,03900 µg/m^3) y Se (0,07400 µg/m^3), presentaron mayores concentraciones por encima de su límite de cuantificación, donde el Fe (fierro) presento más cantidad, seguido del Li (litio), Se (selenio), Cu (cobre), Pb (plomo), Mn (manganeso) y Cd (cadmio). En la institución N° 341, el Cd (0,00300 µg/m^3), Cu (0,04800 µg/m^3), Fe (1,25450 µg/m^3), Li (0,17400 µg/m^3), Mn (0,02600 µg/m^3), Pb (0,02300 µg/m^3) y Se (0,07400 µg/m^3), presentaron mayores concentraciones por encima de su límite de cuantificación, donde el Fe (fierro) presento más cantidad, seguido del Li (litio), Se (selenio), Cu (cobre), Mn (manganeso), Pb (plomo) y Cd (cadmio).

En la institución Fe y Alegría, el As (0,01950 µg/m^3), Cd (0,00700 µg/m^3), Cu (0,04700 µg/m^3), Fe (0,40650 µg/m^3), Li (0,17400 µg/m^3), Mn (0,01500 µg/m^3), Pb (0,05300 µg/m^3), Se (0,07400 µg/m^3) y Zn (0,05750 µg/m^3), presentaron mayores concentraciones por encima de su límite de cuantificación, donde el Fe (fierro) presento mayor cantidad, seguido del Li (litio), Se (selenio), Zn (zinc), Pb (plomo), Cu (cobre), As (arsénico), Mn (manganeso) y Cd (cadmio).

4.1.2.3 PRUEBA DE T DE STUDENT PARA UNA SOLA MUESTRA

Se aplicó la prueba de T de Student para una muestra a los datos obtenidos de concentración PM_{10} de las instituciones educativas (cuadro 45), con el fin de poder contrastar la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación, teniendo como hipótesis lo siguiente:

H0 (Hipótesis Nula) = Las concentraciones de material particulado menor a 10 micras en el entorno de los centros de educación del distrito de Ilo no sobrepasan los estándares de calidad ambiental para aire.

H1 (Hipótesis Alternativa) = Las concentraciones de material particulado menor a 10 micras en el entorno de los centros de educación del distrito de Ilo sobrepasan los estándares de calidad ambiental para aire.

Cuadro 44. Estadística de muestra única

I.E	N	Media	Desviación Estándar	Media de Error Estándar
1	2	47,6000	3,95980	2,80000
2	2	26,6500	0,07071	0,05000
3	2	30,1000	0,14142	0,10000
4	2	70,6500	1,06066	0,75000
5	2	35,7000	8,62670	6,10000
6	2	26,9000	4,38406	3,10000
7	2	22,2500	1,06066	0,75000
8	2	39,9000	24,74874	17,50000
9	2	35,4000	1,97990	1,40000
10	2	32,9500	1,90919	1,35000
11	2	101,0000	10,60660	7,50000
12	2	30,2000	12,02082	8,50000

Fuente: Propia del Autor

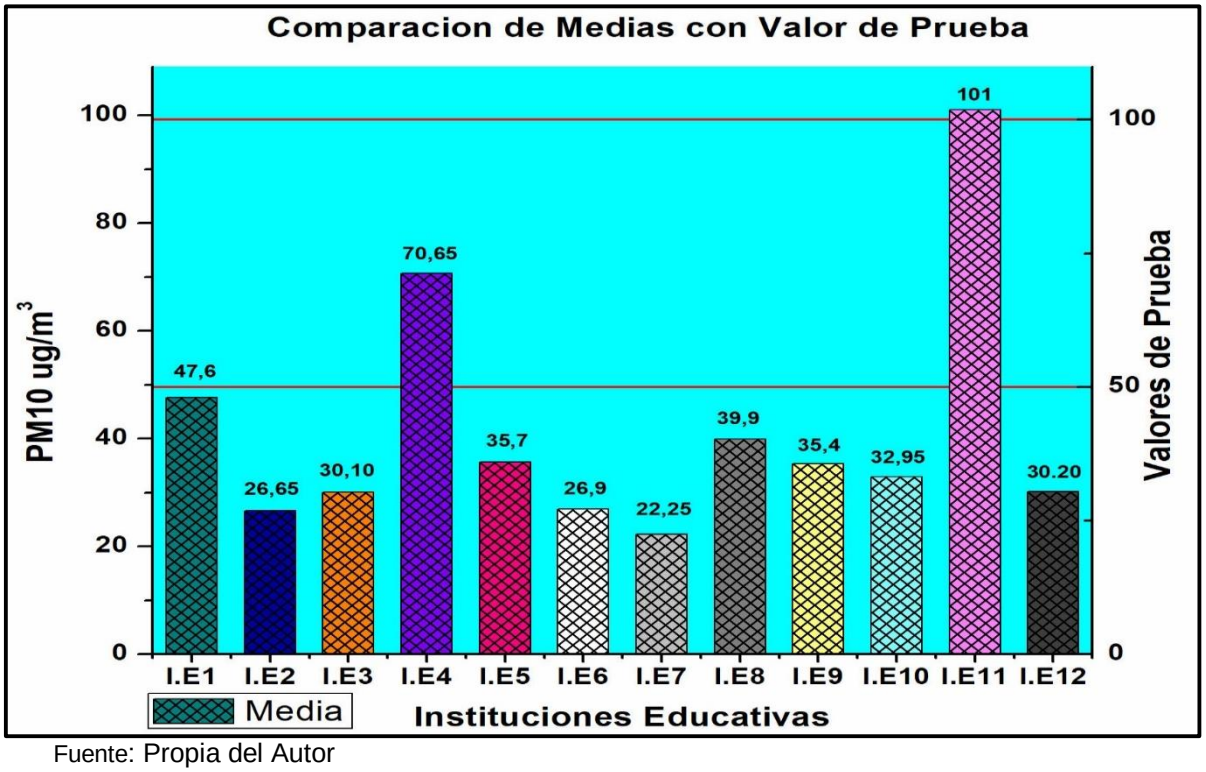
Cuadro 45. Prueba de muestra única para Valor 100

I.E	Valor de prueba 100					
	T	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de Medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
1	-18,714	1	0,034	-52,40000	-87,9774	-16,8226
2	-1467,000	1	0,000	-73,35000	-73,9853	-72,7147
3	-699,000	1	0,001	-69,90000	-71,1706	-68,6294
4	-39,133	1	0,016	-29,35000	-38,8797	-19,8203
5	-10,541	1	0,060	-64,30000	-141,8078	13,2078
6	-23,581	1	0,027	-73,10000	-112,4892	-33,7108
7	-103,667	1	0,006	-77,75000	-87,2797	-68,2203
8	-3,434	1	0,180	-60,10000	-282,4586	162,2586
9	-46,143	1	0,014	-64,60000	-82,3887	-46,8113
10	-49,667	1	0,013	-67,05000	-84,2034	-49,8966
11	0,133	1	0,916	1,00000	-94,2965	96,2965
12	-8,212	1	0,077	-69,80000	-177,8027	38,2027

Fuente: Propia del Autor

Como se muestra en el Cuadro 45, el valor de P (0.05), solo es sobrepasado por algunas I.E, pero de forma conjunta en su mayoría no sobrepasan este valor de significancia.

Gráfico 29. Media de PM_{10} vs Valor de Prueba



Fuente: Propia del Autor

4.2 COMPROBACION DE HIPOTESIS

De acuerdo a los resultados obtenidos de las concentraciones de PM_{10} en los alrededores de las instituciones educativas evaluadas y a la aplicación de la prueba de T de Student para una muestra sobre los mismos resultados obtenidos (medias) de PM_{10}, se rechaza la hipótesis alternativa, y se acepta la hipótesis nula: “Las concentraciones de material particulado menor a 10 micras en el entorno de los centros de educación del distrito de Ilo no sobrepasan los estándares de calidad ambiental para aire”

4.3 ANALISIS Y DISCUSION

4.3.1 CONCENTRACION DE PM_{10}

El material particulado caso de estudio del presente trabajo de investigación está suspendido en la atmosfera; este se encuentra disperso tanto de forma sólida como liquida. (Mészáros, 1999), (Arciniegas Suarez, 2012).

El material particulado se divide en diferentes tipos los cuales están basados por diámetros aerodinámicos como fracciones de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y ultrafinas (Guarnieri & Balmes, 2014), específicamente el material particulado menor a 10 micras (PM_{10}), fue el tipo de material particulado al cual se determinó su nivel de concentración en 12 instituciones educativas (entorno) del distrito de Ilo y correspondientemente se evaluaron las concentraciones halladas con el ECA nacional, se escogió al material particulado que es un contaminante atmosférico en este estudio porque

este afecta según su composición química a lagos y arroyos, aguas costeras, cuencas fluviales, nutrientes del suelo, cultivos agrícolas, a la biodiversidad de ecosistemas entre otros, y las partículas menores a 10 micras son consideradas partículas respirables las cuales tienen una composición orgánica e inorgánica, que no solo afecta al medio ambiente sino también a la salud publica ya que su aumento en el ambiente por actividad de la industrialización y urbanización están altamente asociado a morbilidades y mortalidades en todo el mundo, donde su deposición por inhalación se da primordialmente en el tracto respiratorio superior (cabeza, vías respiratorias conductoras). (EPA, 2017b), (Cardenas Gutiérrez, 2004), (Kim, Cho, & Park, 2016), (Guarnieri & Balmes, 2014).

Es así que las concentraciones halladas para PM_{10} en 24 horas, en la mayoría de las instituciones educativas no sobrepasaron los 100 $\mu g/m^3$ de PM_{10}, sin embargo en la institución educativa N° 341 con ubicación en el Pueblo Joven de vista al mar (pampa inalámbrica), fue la única institución donde el PM_{10} si sobrepaso el estándar nacional con 101 $\mu g/m^3$ promedio, lo cual podría indicar que los estudiantes y población aledaña a la institución estén expuestos a material particulado que podría estar incidiendo en su salud y en el desarrollo de posibles enfermedades, como las respiratorias y cardiovasculares las cuales están altamente asociadas al material particulado suspendido en la atmosfera (Weichenthal, Godri-Pollitt, & Villeneuve, 2013), al encontrarse esta institución en una ubicación donde prima las áreas sin pavimentar, con un espacio abierto, flujo

promedio de tránsito vehicular y casi inexistencia de áreas verdes, ello pudo influir en que el PM_{10} sea elevado, así mismo la institución José Olaya Balandra ubicado en la Urb Luis E Valcárcel (pampa inalámbrica) fue la que tuvo menor concentración de PM_{10} con 22.25 $\mu g/m^3$ promedio, lo que indica que su calidad de aire en relación al PM es uno de los menos significativos (menos concentración de PM_{10}) del resto de instituciones, esto debido posiblemente a la pavimentación total de las áreas contiguas y estar rodeada por construcciones que hacen de barrera frente al PM_{10} de origen natural como el proveniente de la corteza terrestre, pero en relación al proveniente de la fuente antropogénica (vehículos de transporte público con un flujo moderado) este posiblemente sea el factor el que haya contribuido a la concentración de PM_{10}.

Las instituciones Coronel Francisco Bolognesi (26. 65 $\mu g/m^3$), Mariscal Domingo Nieto 26,90 $\mu g/m^3$), Fe y Alegría (30,20 $\mu g/m^3$) y Elisa Rivera (30,10 $\mu g/m^3$) tuvieron una concentración entre 26 a 30 $\mu g/m^3$ de PM_{10}, las dos primeras ubicadas en la zona del puerto con pavimentación casi total, pocas áreas verdes y poco tránsito vehicular de transporte y la tercera institución ubicada en la pampa inalámbrica con poca pavimentación, pocas áreas verdes, pero con mayor flujo de vehículos de transporte vehicular a comparación de las dos primeras instituciones, y la cuarta institución con pavimentación total, áreas verdes, alto flujo de tráfico vehicular de transporte por estar cerca de avenidas principales y vías

usadas con mayor frecuencia por los vehículos, lo cual ha podido contribuir en la concentración de PM_{10}.

Las instituciones Jhon F. Kennedy (35,7 µg/m^3) y N° 43030 San Pedro (39,90 µg/m^3), sus concentraciones de PM_{10} estuvieron entre 31 y 40 µg/m^3 ubicadas en la zona del puerto, la primera institución tiene zonas pavimentadas pero también presenta áreas significativas sin pavimentar con posibles fuentes de PM de origen natural, también presenta un flujo alto de tráfico vehicular por estar cerca de avenidas principales y vías usadas con mayor frecuencia por los vehículos, lo cual ha podido contribuir en la concentración de PM_{10} de origen antropogénico, y la segunda institución cuenta con áreas totalmente pavimentadas con pocas áreas verdes donde posiblemente la fuente haya sido el material particulado suspendido traído por los fuertes vientos con polvo en su primer día de monitoreo. Así mismo las instituciones Miguel Grau Seminario (35,40 µg/m^3) y Pul Harris (32,95 µg/m^3) también sus concentraciones de PM_{10} se encontraron entre 31 y 40 µg/m^3, pero estas están ubicadas en la pampa inalámbrica con un tráfico moderado, con grandes áreas sin pavimentar en sus alrededores, y poca existencia de áreas verdes, donde la cantidad de PM_{10} puede tener un origen de fuente natural (corteza terrestre).

La institución Mercedes Cabello de Carbonera (70,65 µg/m^3) y Carlos A. Conde Vásquez (47,60 µg/m^3), presentaron concentraciones de PM_{10} entre 41 a 70 µg/m^3, estas instituciones se caracterizan también por tener cerca un flujo alto de vehículos de transporte, la segunda institución

tiene como fuente principal al PM_{10} probablemente al parque automotor por ser también un paradero masivo de los propios vehículos, presenta áreas verdes moderadas, y la primera institución presenta un área significativa sin pavimento lo cual también ha podido influir en que haya alcanzado 70.65 $\mu g/m^3$ promedio de PM_{10}, por lo cual es la segunda institución en tener mayor concentración de PM_{10}.

La OMS ha sugerido concentraciones guía para poder tener una mejor calidad de aire, en donde para PM_{10} no se debe de superar los 20 $\mu g/m^3$ anualmente y 50 $\mu g/m^3$ en 24, horas, para $PM_{2.5}$, 10 $\mu g/m^3$ por año y 25 $\mu g/m^3$ en 24 horas, tomando como referencia esta guía de la OMS, ya no solo la Institución N° 341 excedería lo recomendado con 101 $\mu g/m^3$ promedio de PM_{10}, sino también la Institución Mercedes Cabello de Carbonera ubicado en la Urb Villa del Mar con 70,65 $\mu g/m^3$ promedio y aproximándose la Institución Carlos Alberto Conde Vásquez ubicado en la Av Lino Urquieta frente al mercado pacocha con 47.60 $\mu g/m^3$ de PM_{10}, la similitud de las dos últimas instituciones es que el tráfico vehicular es bastante fluido y congestionado en algunas horas punta, a comparación del resto de instituciones que son parte del estudio, esto podría sugerir que estas tres instituciones estarían más vulnerables al PM_{10} según la normativa de la OMS que busca mejorar la calidad de aire.

4.3.2 METALES PESADOS

Los metales pesados de forma natural se producen en la corteza terrestre los cuales no pueden degradarse ni destruirse, como el Pb, Hg, Cd, Cr, Mn, V entre otros (El Morabet, 2018), pero también estos son emitidos a la atmosfera directamente por procesos de combustión como el Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Sn y Sb, (Lin et al., 2005), metales como el Cr, Mn, Cu, Zn y As están relacionados con procesos de las industrias metalúrgicas, y metales como el Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Sn, Sb y Ba por emisiones del tráfico rodado (Birmili et al., 2006), (Aldabe Salinas et al., 2011), otras fuentes más comunes de metales pesados son las baterías, fertilizantes, pinturas, residuos mineros, y las emisiones de vehículos (El Morabet, 2018), siendo la ciudad de Ilo un puerto comercial e industrial la presencia del tráfico vehicular se ha ido incrementado en el paso de los años, y actualmente el parque automotor con el que se cuenta es viejo e inadecuado, los metales pesados son transportados por el aire y pueden entrar en fuentes de agua, suministros de alimentos y en el tejido humano por inhalación es así que en el presente estudio se determinó la presencia de 16 metales pesados por cada Institución educativa, algunos metales con una mínima concentración y otros con una concentración mayor, pero ninguno sobre paso el ECA tanto nacional solo para el Pb y el ECA del estado Canadiense para el resto de metales.

El Fe (fierro) fue el metal pesado que más concentración tuvo en todas las Instituciones educativas a comparación del resto de metales,

siendo en la I.E N° 341 donde tuvo mayor presencia con 1.254 µg/m^3 promedio, esto posiblemente a las características de sus alrededores que son zonas áridas y sin pavimentación en su mayoría, donde ello pudo ser la fuente del Fe (fierro) de forma natural, de forma similar se comportó el Mn 0.026 µg/m^3 promedio, el Pb y Cu con 0.023 µg/m^3 y 0.048 µg/m^3 correspondientemente, estos dos últimos posiblemente tuvieron como fuente al parque automotor de la zona, el Li 0.174 µg/m^3 promedio.

En la I.E Almirante Miguel Grau presento cinco metales pesados con las mayores concentraciones del resto de I.E, los cuales son el As 0.026 µg/m^3 promedio, Cd 0.019 µg/m^3 promedio, Cu 0.125 µg/m^3 promedio, Pb 0.088 µg/m^3 promedio y Zn 0.064 µg/m^3 promedio, estos metales están asociados a la corteza terrestre pero también a las emisiones industriales y emisiones vehiculares, donde la zona de ubicación de la I.E presenta un flujo de vehículos promedio por estar situada en vías principales, por lo cual la fuente de la presencia de estos metales en esta I.E pudo ser por parte de los vehículos, la zona también presenta área extensa áridas sin pavimentación. Se puede resaltar que en esta I.E en uno de sus dos días de monitoreo, presento una concentración de Cd 0.024 µg/m^3, llegando casi a sobre pasar el ECA establecido por la norma Canadiense de 0.025 µg/m^3 para 24 horas.

El Ni (niquel) tuvo mayor presencia en la I.E Mariscal D. Nieto con 0.012 µg/m^3 promedio, no sobrepasando el ECA canadiense de 0.1 µg/m^3 para 24 horas, así mismo la misma I.E presento metales como el Pb, Mn,

Li, Fe, Cu, los cuales podrían tener una fuente antropogénica vehicular, ya que la zona es totalmente pavimentada, y con la menor cantidad de Cd 0.003 µg/m^3 promedio.

La I.E Elisa Rivera ubicada en la plaza principal de la ciudad de Ilo, presenta un contenido de As 0.021 µg/m^3 promedio, Cu 0.090 µg/m^3 promedio, Cd 0.06 µg/m^3 promedio, Fe 0.254 µg/m^3 y Pb 0.031 µg/m^3 promedio, siendo estos metales los más relevantes por la ubicación de la I.E, donde el tráfico vehicular es alto y cuenta con una pavimentación total, pero las concentraciones halladas a comparación de la I.E Miguel Grau Seminario son más bajas, ello podría indicar que no necesariamente la fuentes antropogénicas son las que más aportan a la concentración de metales pesados, ya que la I.E Miguel Grau tiene menos flujo vehicular que la I.E Elisa Rivera, pero mayores áreas áridas sin pavimentar. En ambas I.E tienen presencia de fuentes fijas como pollerías, las cuales también han podido contribuir a la presencia de estos metales pesados.

La I.E Carlos A. Conde Vásquez por ubicarse en una zona de avenida principal y fluido tráfico vehicular, presento metales pesados pero a comparación de las otras I.E con cantidades bajas, donde el más relevante fue el Fe 0.342 µg/m^3 promedio, seguido del Cu 0.059 µg/m^3 promedio, Mn 0.017 µg/m^3, Pb 0.016 µg/m^3 promedio y Cd 0.004 µg/m^3, el resto de metales también tuvo presencia pero por debajo del límite de cuantificación del laboratorio, ello podría indicar que a pesar de ser una zona con bastante presencia del parque automotor como principal fuente

antropogénica, no presenta concentraciones de los metales pesados indicados mayores que otras I.E como el Miguel Grau Seminario que difiere de las características de sus entornos, donde la primera I.E es también totalmente pavimentada y la segunda I.E solo por áreas cortas presenta pavimentación. En condiciones similares la I.E Mercedes Cabello de Carbonera presento concentraciones de metales pesados con Cd 0.003 $\mu g/m^3$ promedio, Cu 0.044 $\mu g/m^3$ promedio, Mn 0.008 $\mu g/m^3$ promedio, Pb 0,0025 $\mu g/m^3$ promedio, Se 0.074 $\mu g/m^3$ promedio, Li 0.173 $\mu g/m^3$, y el Fe (fierro) que presento mayor cantidad que en la I.E Carlos A. Conde Vásquez con 0.683 $\mu g/m^3$ promedio, esto posiblemente por fuente natural, el cual provendría del espacio árido a un costado de las instalaciones de Petro Perú, el cual está cerca a la I.E, cabe mencionar que en estas instalaciones de Petro Perú es donde se almacenan combustibles, esto a su vez también pudo ser uno de las fuentes de la presencia de estos metales pesados.

La I.E Francisco. B. Cervantes, presenta Cu 0.039 $\mu g/m^3$ promedio, Fe 0.264 $\mu g/m^3$ promedio, Li 0,173 $\mu g/m^3$ promedio y Mn 0.005 $\mu g/m^3$ promedio, donde el Li (litio) como el Fe (fierro) tienen mayor presencia, que el resto de metales, el Fe (fierro) posiblemente tenga como fuente a la corteza terrestre, ya que la I.E por un lado de su alrededor está totalmente pavimentado, pero tiene un espacio por donde circula un tren de carga, la cual es una zona árida. Cabe destacar que el flujo de vehículos en esta I.E es poca.

En la I.E Jhon F. Kennedy, el Fe 0.253 µg/m^3 tuvo mayor concentración en promedio, probablemente con un origen natural por tener cerca presencia de cerros, pero así mismo también tuvo concentraciones de As 0.015 µg/m^3 promedio, Cd 0.003 µg/m^3 promedio, Cu 0.046 µg/m^3 promedio, Pb 0.026 µg/m^3 promedio, Li 0.173 µg/m^3 promedio y Mn 0.004 µg/m^3 promedio, estos pudieron tener como fuente al parque automotor que transita por los alrededores de la I.E, donde existen vías principales.

En la I.E José Olaya Balandra, es una de las I.E que presento menos concentraciones en los metales pesados analizados, donde el Fe 0.209 µg/m^3 promedio tuvo mayor concentración, Cu 0.037 µg/m^3 promedio y Mn 0.004 µg/m^3 promedio, el resto de metales estuvieron por debajo de su límite de cuantificación de laboratorio, este comportamiento se puedo dar gracias a que la zona de la I.E tiene un flujo vehicular promedio y áreas en su mayoría pavimentadas.

La I.E N° 43030 San Pedro presento mayor cantidad de Fe 0.596 µg/m^3 promedio, Cu 0.074 µg/m^3 promedio, Cd 0.006 µg/m^3 promedio, Li 0.173 µg/m^3 promedio, Mn 0.011 µg/m^3 promedio Pb 0.026 µg/m^3 y Se 0.074 µg/m^3 promedio, lo inusual de esta I.E es que el tránsito de vehículos en sus alrededores cercanos es muy bajo, no tiene áreas sin pavimento, pero aun así presenta metales pesados, probablemente traídos de otros lugares por acción del viento.

En la I.E Paul Harris la cual presenta en sus alrededores áreas amplias áridas sin pavimento, por su misma ubicación, presento con mayor cantidad al Fe 0.428 µg/m^3 promedio el cual puede tener un origen natural por encontrarse en la corteza terrestre, también hubo presencia de Cd 0.007 µg/m^3 promedio, Cu 0.059 µg/m^3 promedio, Mn 0.009 µg/m^3 promedio, Li 0.173 µg/m^3 promedio, Pb 0.039 µg/m^3 promedio y Se 0.074 µg/m^3 promedio, estos metales pudieron tener un origen natural como pero también antropogénico, ya que en los alrededores de la I.E se encuentran principalmente dos rutas de transporte público.

Finalmente, en la I.E Fe y Alegría, el Fe (fierro) predomino con 0.406 µg/m^3 promedio, el As 0.019 µg/m^3 promedio, Cd 0.007 µg/m^3 promedio, Cu 0.047 µg/m^3 promedio, Li 0.174 µg/m^3 promedio, Mn 0.016 µg/m^3 promedio y Pb 0.053 µg/m^3 promedio, al igual que la I.E Paul Harris presenta dos rutas de transporte público en sus alrededores, áreas amplias sin pavimento donde posiblemente la presencia de estos metales hayan sido de origen natural como antropogénico.

Los metales Be, Co, Cr, Hg, Mo, Sb que forman parte de los 16 metales pesados que se analizaron en el presente estudio, no se describieron por motivo de que estuvieron por debajo del límite de cuantificación de análisis de laboratorio, lo cual no indica que no estén presentes en los alrededores de las I.E.

CONCLUSIONES

Se presentan las siguientes conclusiones:

- Las concentraciones halladas de material particulado PM_{10} en los entornos de los centros de educación del distrito de Ilo se encuentran entre 22.25 µg/m^3 y 101 µg/m^3, y en su mayoría no sobrepasan el estándar nacional de calidad ambiental de aire vigente.
- En la composición química del material particulado PM_{10}, se encontraron de 16 metales pesados, donde el Fe, Cu, Mn, Pb, Cd, As, Se, Zn y Ni tuvieron mayor frecuencia y concentraciones a comparación del resto de metales como el Be, Co, Cr, Hg, Mo, Sb y Li que no sobrepasaron el límite de cuantificación de análisis en laboratorio, lo cual indica que están presentes, pero en cantidades muy bajas, en ningún caso se sobrepasó el límite establecido por el ECA nacional para Pb, y la norma internacional Canadiense /Ontario con el cual fueron evaluados los metales descritos.
- La Institución educativa N° 341 ubicada en la Pampa Inalámbrica (Vista al Mar) presento un promedio de 101 µg/m^3 de PM_{10} para 24 horas, siendo la única institución de las doce evaluadas, que sobrepaso el ECA nacional para el PM_{10}, así mismo también sobrepaso la guía establecida por la OMS de 50 µg/m^3, su

concentración máxima se reportó el segundo día de monitoreo con 108.5 µg/m^3.

- La Institución educativa Mercedes Cabello de Carbonera ubicada en el Puerto, sobrepaso la guía establecida por la OMS de 50 µg/m^3 de PM_{10} para 24 horas, con 70.65 µg/m^3 promedio, fue la segunda institución en superar lo establecido por la OMS, en conjunto con la Institución N° 341.
- La Institución educativa N° 341 presento la mayor cantidad de Fe con 1.254 µg/m^3 y Mn con 0.026 µg/m^3 en promedio, la Institución Miguel Grau Seminario presento la mayor cantidad de As con 0.026 µg/m^3, Cd con 0.019 µg/m^3, Cu con 0.125 µg/m^3, Pb con 0.088 µg/m^3 y Zn con 0.064 µg/m^3 promedio, y la Institución Mariscal Domingo Nieto presento la mayor cantidad de Ni con 0,012 µg/m^3 promedio.

RECOMENDACIONES

- Los resultados hallados de concentración de PM_{10} en el presente trabajo de investigación se realizaron en la estación de verano desde diciembre del 2017 a febrero del 2018, encontrándose en dos puntos de monitoreo elevadas concentraciones superando el ECA nacional y la guía de la OMS, es por ello que se recomienda realizar el monitoreo de PM_{10} de los mismos puntos establecidos (instituciones educativas), en la estación de invierno para poder saber la variación entre estaciones, bien marcadas.
- Se debe de incluir en una próxima investigación de PM_{10} a los distritos de Pacocha y Algarrobal, los cuales no fueron tomados en cuenta en la presente investigación, para poder de esta forma tener información del comportamiento del PM_{10} en toda la provincia de Ilo, y así mismo también poder hacer una réplica en las provincias de Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro, para poder monitorear a este contaminante atmosféricos de manera regional.
- En la presente investigación se analizó la composición química (16 metales) del PM_{10}, pero sin embargo no se analizaron otros elementos como Ag, S, Ca, Cl, Sn, Sr, P, Ga, Ge, K, Rb, Ti, V, Y entre otros y especies carbonáceas como el carbono orgánico, y carbono elemental, tampoco iones de nitrato NO_3- y sulfato SO_{4-}, por lo cual se recomienda que sean analizados en futuras

investigaciones para poder tener una composición más completa del PM_{10} en la ciudad de Ilo.

- El PM_{10} al ser considerado partícula de fracción gruesa tiene una influencia en el medio ambiente como en la salud pública como se ha visto en la presente investigación, pero las partículas consideradas fracción fina como las $PM_{2.5}$ y PM_1 son más peligrosas especialmente para la salud humana, y no se tiene información sobre ellas en relación a su concentración en la ciudad de Ilo, por lo cual se recomienda que se realicen estudios de estos diámetros de partículas, así como su composición química.
- Es importante poder saber si las enfermedades respiratorias agudas (IRAS), y otras como enfermedades de la piel, cardiovasculares, neurogenerativas, etc que se presentan en nuestra ciudad de Ilo, tienen estrecha relación entre el incremento de casos de estas enfermedades y la cantidad de material particulado (PM_{10}, $PM_{2.5}$, PM_1) presentes en la atmosfera, ello porque diversos estudios en el mundo señalan que el material particulado tienen relación con las enfermedades descritas anteriormente, pero todavía aún se sigue estudiando la capacidad del material particulado para dañar la salud humana, es por ello que se recomienda realizar estudios epidemiológicos en la población ileña y contrastar si el material particulado puede

ser el mayor aportante para la degradación de la salud publica en la ciudad de Ilo.

- Finalmente se recomienda que tanto la academia (Universidades), autoridades competentes, gobiernos locales y otros, den a conocer mediante investigación y educación ambiental la importancia debida de saber sobre el material particulado, su efecto en la salud y medio ambiente, de dar a conocer que la calidad del aire es igual o más importante que la calidad del agua, ya que como se conoce el aire es vital para la vida, y en esencia que el material particulado un contaminante atmosférico con un comportamiento silencioso puede estar perjudicando la salud de la población específicamente de niños y adultos mayores.

REFERENCIAS BIBLIOGRACIAS

AAQS. (2015). Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter, California Air Resources Board. Retrieved from https://www.arb.ca.gov/research/aaqs/pm/pm.htm

Agencia de Medio Ambiente Europeo. Indice de Calidad de Aire de Europa. Retrieved from http://airindex.eea.europa.eu/#_blank

Agencia de Proteccion Ambiental de Australia. (2016). Estandares de Calidad Ambiental para Aire. Retrieved from https://www.epa.vic.gov.au/your-environment/air/air-pollution/pm10-particles-in-air

Agencia de Proteccion Ambiental de California. (2002). Estandares de Calidad del Aire. Retrieved from http://www.baaqmd.gov/research-and-data/air-quality-standards-and-attainment-status?sc_lang=es-MX&switch_lang=true

Alastuey, A., Mantilla, E., Querol, X., & Rodríguez, Y. (2000). Study and evaluation of atmospheric pollution in Spain: necessary measures arising from the EC Directive on PM10 and PM2.5 particles in the Ceramic industry (Vol. 39): Boletin de la Sociedad Española de Ceramica y Vidrio.

Aldabe Salinas, J., Santamaria, J. M., & Santamaria, C. (2011). Caracterizacion Fisico-Quimica del Material Particulado en la Comunidad Foral de Navarra. (Tesis Doctoral), Universidad de Navarra, Retrieved from http://dadun.unav.edu/handle/10171/18674

Alfaro, S. C., Gaudichet, A., Gomes, L., & Maillé, M. (1998). Mineral aerosol production by wind erosion: Aerosol particle sizes and binding energies. 25(7), 991-994. doi:doi:10.1029/98GL00502

Allen, D. T. (2002). Particulate Matter Concentrations, Compositions, and Sources in Southeast Texas: State of the Science and Critical Research Needs. Retrieved from Report to the Texas Environmental Research Consortium 93 pp

American Thoracic Society Committe of the Environmental and Occupational Health Assembly. (1996). Health effects of outdoor air pollution. Am J Respir Crit Care Med, 153:3-50 (Part 1) y 153: 477-98 (Part2).

Arciniegas Suarez, C. A. (2012). Diagnostico y Control de Material Particulado: Particulas suspendidas totales y fraccion respirable PM10. Revista Luna Azul(34), 195-213.

ArcGis Resources (2018). resources.arcgis.com/en/help/

Birmili, W., Allen, A. G., Bary, F., & Harrison, R. M. (2006). Trace Metal Concentrations and Water Solubility in Size-Fractionated Atmospheric Particles and Influence of Road Traffic. Environmental Science & Technology, 40(4), 1144-1153. doi:10.1021/es0486925

Calidad del Aire Blogspot. Diagrama de un Equipo High Vol PM10 masico. Retrieved from http://calidad-aire.blogspot.com/p/calidad-del-aire.html

Canales-Rodríguez, M. Á., Quintero-Núñez, M., Castro-Romero, T. G., & García-Cuento, R. O. (2014). Las Partículas Respirables PM10 y su Composición Química en la Zona Urbana y Rural de Mexicali, Baja California en México %J Información tecnológica. 25, 13-22. doi:https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000600003

Cantor, K. P., & Lubin, J. H. (2007). Arsenic, internal cancers, and issues in inference from studies of low-level exposures in human populations. Toxicology and Applied Pharmacology, 222(3), 252-257. doi:https://doi.org/10.1016/j.taap.2007.01.026

Cardenas Gutiérrez, E. (2004). Contaminación atmosférica y medios de transporte en la Ciudad de Toluca (Vol. 4): Universidad Autónoma del Estado de México.

Caselli, M., & Ubasart, M. M. (2000). La contaminación atmosférica (6ta ed.): Siglo XXI.

Chen, C.-J., Wang, S.-L., Chiou, J.-M., Tseng, C.-H., Chiou, H.-Y., Hsueh, Y.-M., . . . Lai, M.-S. (2007). Arsenic and diabetes and hypertension in human populations: A review. Toxicology and Applied Pharmacology,222(3),298-304. doi:https://doi.org/10.1016/j.taap.2006.12.032

Chow, J., Watson, J., Lowenthal, D., T. Egami, R., Solomon, P., H. Thuillier, R., . . . Ranzieri, A. (1998). Spatial and temporal variations of particulate precursor gases and photochemical reaction products during SJVAQS/AUSPEX ozone episodes (Vol. 32).

Ciclo Hidrologico. Condensacion. Retrieved from https://www.ciclohidrologico.com/condensacin

Consejo Nacional del Ambiente. (2000). Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente. Retrieved from http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GEOPERUCONAM2000.pdf

Coronado-González, J. A., Del Razo, L. M., García-Vargas, G., Sanmiguel-Salazar, F., & Escobedo-de la Peña, J. (2007). Inorganic arsenic exposure and type 2 diabetes mellitus in Mexico. Environmental Research,104(3),383-389. doi:https://doi.org/10.1016/j.envres.2007.03.004

Cruz Campas, M. E., GÓMez ÁLvarez, A., Quintero NÚÑEz, M., & Varela Salazar, J. (2013). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE RESPECTO DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST) Y METALES PESADOS (Pb, Cd, Ni, Cu, Cr) EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO, DURANTE UN PERIODO ANUAL. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 29(4), 269-283.

D.S N°003-2017 Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, Ministerio del Ambiente.

D´ amato G, & Holgate S T. (2002). The Impact of air pollution on respiratory health. European Respiratory Monograph 7: 1-282.
Davis, D. L. (2002). A Look Back at the London Smog of 1952 and the Half Century Since. Environmental Health Perspectives, 110(12). doi:10.1289/ehp.110-a734
Definicion De. (2018). Coagulacion. Retrieved from https://definicion.de/coagulacion/
Denkhaus, E., & Salnikow, K. (2002). Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity. Critical Reviews in Oncology/Hematology, 42(1), 35-56. doi:https://doi.org/10.1016/S1040-8428(01)00214-1
Direccion General de Salud Ambiental. (2005). Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestion de los Datos. Retrieved from http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf
El Morabet, R. (2018). Effects of Outdoor Air Pollution on Human Health. In Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences: Elsevier.
Emsley, J. (2003). Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements: Oxford University Press.
Englyst, V., Lundström, N.-G., Gerhardsson, L., Rylander, L., & Nordberg, G. (2001). Lung cancer risks among lead smelter workers also exposed to arsenic. Science of The Total Environment, 273(1), 77-82. doi:https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00843-3
Environmental Proteccion Agency U.S. (2016). Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality - the Air Quality Index (AQI). Retrieved from https://www3.epa.gov/airnow/aqi-technical-assistance-document-may2016.pdf
EPA. (1997). Environmental Protection Agency, Summary Report. Particulate Matter (PM10). Retrieved from https://www.epa.gov//aqtrnd97/brochure/pm10.html
EPA. (2004). Distribucion de modas segun el tamaño de particula ug/m3.
EPA. (2017a). Agencia de Proteccion Ambiental de los Estados Unidos, Conceptos basicos sobre el Material particulado. Retrieved from https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles
EPA. (2017b). Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medio ambiente.
EPA EE.UU. Estandares de Calidad del Aire, Agencia de Proteccion Ambiental de los Estados Unidos. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_607.pdf
ESCALE. (2018). Estadistica de la Calidad Educativa, Ministerio de Educacion.
ETC/ACC Tecnical paper. (2010/1 (May 2010)). The state of the air quality in 2008 and the European Exchange of monitoring information in 2009. Mol, W. J.A; van Hooydonk, P.R; de Leeuw F.A.A.M eds

Bilthoven, the Netherlands Retrieved from https://acm.eionet.europa.eu/docs/ETCACC_TP_2010_1_eoi2009_2008aqdata.pdf
European Commission. (2008). Air Quality Standars. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm
Fernandez Espinosa, A. J. (2001). Especiación química y física de metales en la materia particulada atmosférica: aplicación al estudio de la contaminación ambiental de la ciudad de Sevilla: Universidad de Sevilla.
Fernández Espinosa, A. J., Ternero Rodríguez, M., Barragán de la Rosa, F. J., & Jiménez Sánchez, J. C. (2001). Size distribution of metals in urban aerosols in Seville (Spain). Atmospheric Environment, 35(14), 2595-2601. doi:https://doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00403-9
Finlayson-Pitts, B. J., & Pitts, J. N. (2000). CHAPTER 1 - Overview of the Chemistry of Polluted and Remote Atmospheres. In B. J. Finlayson-Pitts & J. N. Pitts (Eds.), Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere (pp. 1-14). San Diego: Academic Press.
Fowler, B. A., & Sexton, M. J. (2007). CHAPTER 22 - Bismuth. In G. F. Nordberg, B. A. Fowler, M. Nordberg, & L. T. Friberg (Eds.), Handbook on the Toxicology of Metals (Third Edition) (pp. 433-443). Burlington: Academic Press.
Garcia Lozada, H. M. (2009). Reseña de "EVALUACIÓN DEL RIESGO POR EMISIONES DE PARTÍCULAS EN FUENTES ESTACIONARIAS DE COMBUSTIÓN. ESTUDIO DE CASO: BOGOTÁ: 2006". Ingeniería e Investigación, 29(3), 153-154.
Gaviria G, C. F., Benavides C, P. C., & Tangarife, C. A. (2011). Contaminación por material particulado (pm2,5 y pm10) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín (2008-2009). Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 29(3), 241-250.
Geiger Andrea, & Cooper John. (2010). Overview of Airborne Metals Regulations, Exposure Limits, Health Effects, and Contemporary Research, Appendix C. Retrieved from https://www3.epa.gov/ttnemc01/prelim/otm31appC.pdf
Geosoluciones. (2018). Surfer.
Guarnieri, M., & Balmes, J. R. (2014). Outdoor air pollution and asthma. The Lancet, 383(9928), 1581-1592. doi:https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60617-6
Harrison, R. M., & Grieken, R. (1998). Atmospheric particles, The IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems: J. Wiley.
Hopke, P. K., Lamb, R. E., & Natusch, D. F. S. (1980). Multielemental characterization of urban roadway dust. Environmental Science & Technology, 14(2), 164-172. doi:10.1021/es60162a006
Howard, H. (2002). Human Health and Heavy Metals Exposure. Life Support: The Environmental and Human Health.

INEI. (2017). Censo Nacional, XII de Poblacion, VII de Vivienda y III de Comunidades Indigenas. Retrieved from http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/

Instituto Nacional de Ecologia. Manual 1 Principios de Medicion de la Calidad del Aire. Retrieved from http://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1-%20Principios%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf

Jorquera González, H. (2015). Introducción a la contaminación atmosférica. Chile: Ediciones Universidad Catolica de Chile.

Kasprzak, K. S., Sunderman, F. W., & Salnikow, K. (2003). Nickel carcinogenesis. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 533(1), 67-97. doi:https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2003.08.021

Kim, K. E., Cho, D., & Park, H. J. (2016). Air pollution and skin diseases: Adverse effects of airborne particulate matter on various skin diseases. Life Sciences, 152, 126-134. doi:https://doi.org/10.1016/j.lfs.2016.03.039

Kwack, M. H., Ahn, J. S., Kim, M. K., Kim, J. C., & Sung, Y. K. (2012). Dihydrotestosterone-Inducible IL-6 Inhibits Elongation of Human Hair Shafts by Suppressing Matrix Cell Proliferation and Promotes Regression of Hair Follicles in Mice. Journal of Investigative Dermatology, 132(1), 43-49. doi:https://doi.org/10.1038/jid.2011.274

Lakes Environmental. (2018). Wrplot View, Freeware, wind rose Plots for Meteorological Data. Retrieved from https://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html

Lin, C.-C., Chen, S.-J., Huang, K.-L., Hwang, W.-I., Chang-Chien, G.-P., & Lin, W.-Y. (2005). Characteristics of Metals in Nano/Ultrafine/Fine/Coarse Particles Collected Beside a Heavily Trafficked Road. Environmental Science & Technology, 39(21), 8113-8122. doi:10.1021/es048182a

Liu, B., Wu, F., Li, X., Fu, Z., Deng, Q., Mo, C., . . . Liao, H. (2011). Arsenic, antimony and bismuth in human hair from potentially exposed individuals in the vicinity of antimony mines in Southwest China. Microchemical Journal, 97(1), 20-24. doi:https://doi.org/10.1016/j.microc.2010.07.008

Manahan, S. E., & Leyva, I. M. (2006). Introducción a la química ambiental. Mexico: Reverté.

Mandal, B. K., & Suzuki, K. T. (2002). Arsenic round the world: a review. Talanta, 58(1), 201-235. doi:https://doi.org/10.1016/S0039-9140(02)00268-0

Martinez Ataza, E., & Diaz de Morales, Y. (2004). Contaminación atmosférica: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Matter, U., Siegmann, H. C., & Burtscher, H. (1999). Dynamic Field Measurements of Submicron Particles from Diesel Engines.

Environmental Science & Technology, 33(11), 1946-1952. doi:10.1021/es981095w

Mészáros, E. (1999). Fundamentals of atmospheric aerosol chemistry. Budapest: Akadémiai Kiadó.

Ministerio de Agricultura y Pesca, A. y. M. A. (2016). Evaluacion de la Calidad del Aire en España. Retrieved from https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/informeevaluacioncalidadaireespana2016_tcm30-431898.pdf

Ministerio de Ambiente, V. y. D. T. (2008). Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, Manual de Operacion de Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire, Bogota. Retrieved from http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d-4f3d-b210-011a45f3ee88

Ministerio del Ambiente. (2016). Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014. Retrieved from http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf

Miranda, E., & Arriaga, I. (2016). Evaluacion del nivel de concentracion de metales pesados en el aire, en los distritos de Calleria, Yarinacocha y Manantay, Provincia de Coronel Portillo - Ucayali- Pucallpa - Peru. Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas, 19 25-32. doi:http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v19i2.1299

Miranda Romero, K. A., & Ortiz Florez, L. A. (2008). Evaluacion de la Concentracion de Material Particulado suspendido PM10 y su relacion con la morbilidad asociados a ERAS en niños menores a catorce años por enfermedad respiratoria agua en el Municipio de Toluviejo (Sucre). (Tesis de pregrado), Universidad de la Salle, Retrieved from http://hdl.handle.net/10185/14074

Nieto, O. (1993). Efectos en la Salud de la Contaminacion por material Particulado En: Curso de Contaminacion del Aire por Material Particulado AINSA. Medellin.

Ontario Ministry of the Environment. (2012). Standars Development Branch. Retrieved from http://www.airqualityontario.com/downloads/AmbientAirQualityCriteria.pdf

Organizacion Mundial de la Salud. (2005). Guias de Calidad del Aire relativas al Material Particulado, el Ozono, el Dioxido de Nitrogeno y el Dioxido de Azufre

Organizacion Mundial de la Salud. (2016). Preventing Disease Through Healthy Environments, A global assessment of the burden of disease from environment risks. Retrieved from

Oyarzun G, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud (Vol. 26).

Padilla, M., & Betsabeth, T. (2016). Evaluacion de la concentracion de particulas menores a 10 micras y su influencia en las enfermedades respiratorias de la poblacion del barrio Cercado-Tarapoto, noviembre, 2015. Ciencia, Tecnologia y Desarrollo, 2(ISSN 2313-7991), 31-43. doi:https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/article/view/623

Pallarés, S., Vicente, A. B., Jordán, M. M., Sanfeliu, T. J. W., Air,, & Pollution, S. (2007). Study of the Levels of Concentration of As, Cd and Ni in a Ceramic Cluster. 180(1), 51-64. doi:10.1007/s11270-006-9249-0

Particulate Danger Image. (2008). Image Describing the Penetration of particulate in the respiratory system. "Wikimedia Commons. July 9, 2008.

Peters, A., von Klot, S., & Heier, M. (2005). Exposure to traffic and the onset of myocardial infarction. ACC Current Journal Review, 14(1), 19. doi:https://doi.org/10.1016/j.accreview.2004.12.026

Prieto Zambrano, O. (2016). Caracterizacion de Material Particulado, Plomo y Arsenico para la evaluacion de la Calidad del Aire en el Distrito de Islay-Matarani. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional San Agustin de Arequipa, Retrieved from http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1904

Prospero, J. M. (1999). Long-term measurements of the transport of African mineral dust to the southeastern United States: Implications for regional air quality. 104(D13), 15917-15927. doi:doi:10.1029/1999JD900072

Puigcerver Zanón, M., & Carrascal Triola, M. D. (2008). Medio atmosférico, El. Meteorología y contaminación: Publicacions Edicions de la Universitat of Barcelona, España.

Pyatt, F. B., Pyatt, A. J., Walker, C., Sheen, T., & Grattan, J. P. (2005). The heavy metal content of skeletons from an ancient metalliferous polluted area in southern Jordan with particular reference to bioaccumulation and human health. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60(3), 295-300. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.05.002

Querol, X., Alastuey, A., Moreno, T., M.M, V., Castillo, S., Pey, J., . . . Cuevas, E. (2006). Material particulado en España: Niveles, composición y contribución de fuentes. Atmospheric particulate matter in Spain: Levels, composition and source origin.

Querol, X., Alastuey, A., Rodriguez, S., Plana, F., Ruiz, C. R., Cots, N., . . . Puig, O. (2001). PM10 and PM2.5 source apportionment in the Barcelona Metropolitan area, Catalonia, Spain. Atmospheric Environment, 35(36), 6407-6419. doi:https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00361-2

Querol, X., Alastuey, A., Rosa, J. d. l., Sánchez-de-la-Campa, A., Plana, F., & Ruiz, C. R. (2002). Source apportionment analysis of atmospheric particulates in an industrialised urban site in southwestern Spain.

Atmospheric Environment, 36(19), 3113-3125. doi:https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00257-1

Resolucion Ministerial N° 181-2016-MINAM. Indice Nacional de Calidad del Aire (INCA).

Rojano, R. E., Angulo, L. C., & Restrepo, G. (2013). Niveles de Partículas Suspendidas Totales (PST), PM10 y PM2.5 y su Relación en Lugares Públicos de la Ciudad Riohacha, Caribe Colombiano %J Información tecnológica. 24, 37-46.

Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud %J Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 44, 0-0.

Salvador, P., Artíñano, B., Alonso, D. G., Querol, X., & Alastuey, A. (2004). Identification and characterisation of sources of PM10 in Madrid (Spain) by statistical methods. Atmospheric Environment, 38(3), 435-447. doi:https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2003.09.070

Schauer, J., Lough, G., M Shafer, M., Christensen, W., Arndt, M., T DeMinter, J., & Park, J.-S. (2006). Characterization of Metals Emitted from Motor Vehicles (Vol. 133).

Šerbula, S. M., Antonijević, M. M., Milošević, N. M., Milić, S. M., & Ilić, A. A. (2010). Concentrations of particulate matter and arsenic in Bor (Serbia). Journal of Hazardous Materials, 181(1), 43-51. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.04.065

Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire - Estado Durango. Indice de la Calidad del Aire para Particulas. Retrieved from http://calidadaire.durango.gob.mx/indicator.php

Skinner, H. C. (2000). In praise of phosphates, or why vertebrates chose apatite to mineralize their skeletal elements (Vol. 42).

Strader, R., Lurmann, F., & Pandis, S. N. (1999). Evaluation of secondary organic aerosol formation in winter. Atmospheric Environment, 33(29), 4849-4863. doi:https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00310-6

Suárez-Salas, L., Álvarez Tolentino, D., Bendezú, Y., & Pomalaya, J. (2017). Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú %J Revista de la Sociedad Química del Perú. 83, 187-199.

Tejerina Fernández, M. (2015). UF1909 - Toma de muestras de contaminantes atmosféricos (S. L. Editorial Elearning Ed.). España.

Torres Rubio, B. M. (2016). Correlacion entre enfermedades respiratorias y concentraciones de PM10 en el distrito La Victoria, en los años 2012-2015. (Tesis de pregrado), Universidad de Lambayeque, Retrieved from http://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/80

Tylenda, C. A., & Fowler, B. A. (2007). CHAPTER 18 - Antimony. In G. F. Nordberg, B. A. Fowler, M. Nordberg, & L. T. Friberg (Eds.), Handbook on the Toxicology of Metals (Third Edition) (pp. 353-365). Burlington: Academic Press.

Viana, M., Querol, X., Alastuey, A., Cuevas, E., & Rodriguez, S. (2002). Influence of African dust on the levels of atmospheric particulates in the Canary Island air quality network (Vol. 36).

Vivar Martinez, E. F. (2014). Cuantificacion de Material Particulado PM10 y su Efecto Toxicologico-Ambiental, en la Ciudad de Azogues. (Tesis de Postgrado), Universidad de Cuenca, Retrieved from http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20939

Wang, X., Lang, L., Hua, T., Wang, H., Zhang, C., & Wang, Z. (2012). Characteristics of the Gobi desert and their significance for dust emissions in the Ala Shan Plateau (Central Asia): An experimental study (Vol. 81).

Weckwerth, G. (2001). Verification of traffic emitted aerosol components in the ambient air of Cologne (Germany). Atmospheric Environment, 35(32), 5525-5536. doi:https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00234-5

Weichenthal, S. A., Godri-Pollitt, K., & Villeneuve, P. J. (2013). PM2.5, oxidant defence and cardiorespiratory health: a review. Environmental health : a global access science source, 12, 40-40. doi:10.1186/1476-069X-12-40

Weijers, E. P., Even, A., Kos, G. P. A., Groot, A. T. J., Erisman, J. W., & Ten Brink, H. M. (2001). Particulate Matter in Urban Air: Health Risks, Instrumentation and Measurements, and Political Awareness. Retrieved from https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/PB2002103008.xhtml

Yang, N., & Sun, H. (2011). Bismuth: Environmental Pollution and Health Effects. In J. O. Nriagu (Ed.), Encyclopedia of Environmental Health (pp. 414-420). Burlington: Elsevier.

ANEXOS

ANEXO 01: PLANO DE UBICACION DE PUNTOS DE MONITOREO





Leyenda

- Puntos de Monitoreo
- Via Provincial
- Via Ferrea

N°	I.E (PUNTOS DE MONITOREO)	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
1	Carlos A. Conde Vasquez	251724.08	8048054.07
2	Coronel F. Bolognesi Cervantes	252230.20	8048723.57
3	Elisa Rivera	251220.83	8047453.91
4	Mercedes Cabello de Carbonera	251854.46	8048850.51
5	Jhon F. Kennedy	251851.06	8047734.03
6	Mariscal D. Nieto Marquez	251435.42	8046856.05
7	Jose Olaya Balandra	252174.34	8046925.40
8	N° 43040 San Pedro	251099.77	8046974.10
9	A. Miguel Grau Seminario	253197.81	8046792.25
10	Paul Harris	254631.21	8046440.42
11	N° 341	253095.24	8048993.59
12	Fe y Alegria	254328.51	8047648.55

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

LINEA DE INVESTIGACION: CALIDAD, EVALUACION Y CONTROL DE LA ATMOSFERA

TITULO DE TESIS: DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DEL MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS EN EL ENTORNO DE LOS CENTROS DE EDUCACION DEL DISTRITO DE ILO 2017-2018

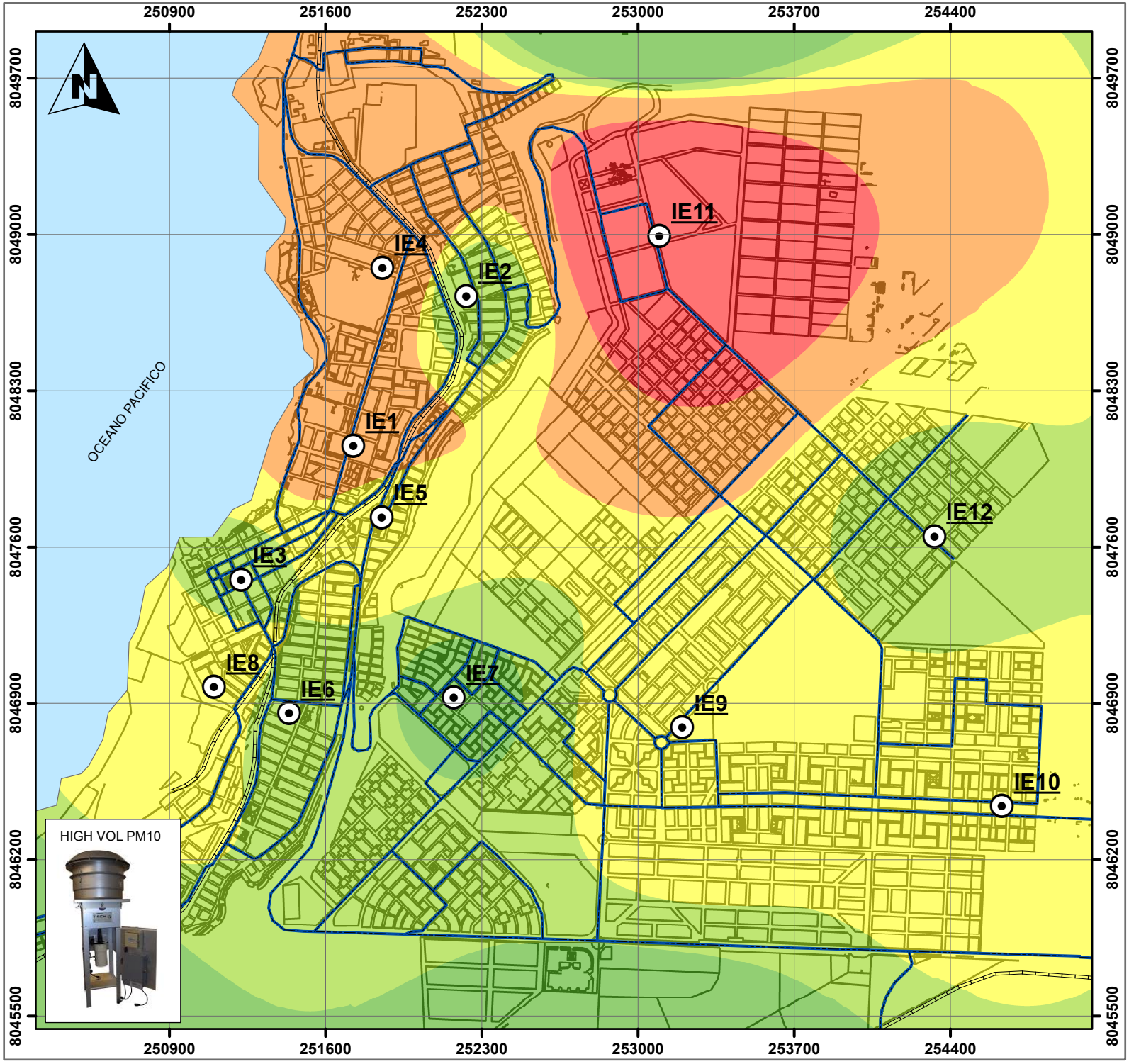
PLANO: UBICACION DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS EN EL DISTRITO DE ILO

N°: 01

ESCALA:	FECHA:	SISTEMA:	ELABORADO POR:
1:28,839	1-12-2018	WGS 84-19K	BACH. LEONEL ALONSO PACCOSONCO SUCAPUCA

FUENTE: INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL, INEI, ZEE GOBIERNO DE REGIONAL DE MOQUEGUA

ANEXO 02: PLANO DE CONCENTRACION DE PM10 PROMEDIO PARA 24 HORAS (REPRESENTACION ESPACIAL UTILIZANDO SOFTWARE ArcGIS)



Leyenda

Concentracion de PM10 ug/m3

- 0 - 23
- 23 - 31
- 31 - 41
- 41 - 71
- 71 - 101

- Via Provincial
- Via Ferrea

I.E	I.E (PUNTOS DE MONITOREO)	PM10 ug/m3
1	Carlos A. Conde Vasquez	47.60
2	Coronel F. Bolognesi Cervantes	26.65
3	Elisa Rivera	30.10
4	Mercedes Cabello de Carbonera	70.65
5	Jhon F. Kennedy	35.70
6	Mariscal D. Nieto Marquez	26.90
7	Jose Olaya Balandra	22.25
8	N° 43040 San Pedro	39.90
9	A. Miguel Grau Seminario	35.40
10	Paul Harris	32.95
11	N° 341	101.00
12	Fe y Alegria	30.20

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

LINEA DE INVESTIGACION: CALIDAD, EVALUACION Y CONTROL DE LA ATMOSFERA

TITULO DE TESIS: DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DEL MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS EN EL ENTORNO DE LOS CENTROS DE EDUCACION DEL DISTRITO DE ILO 2017-2018

PLANO: CONCENTRACION PROMEDIO DE PM10 PARA 24 HORAS EN LOS PUNTOS DE MONITOREO

N°: 02

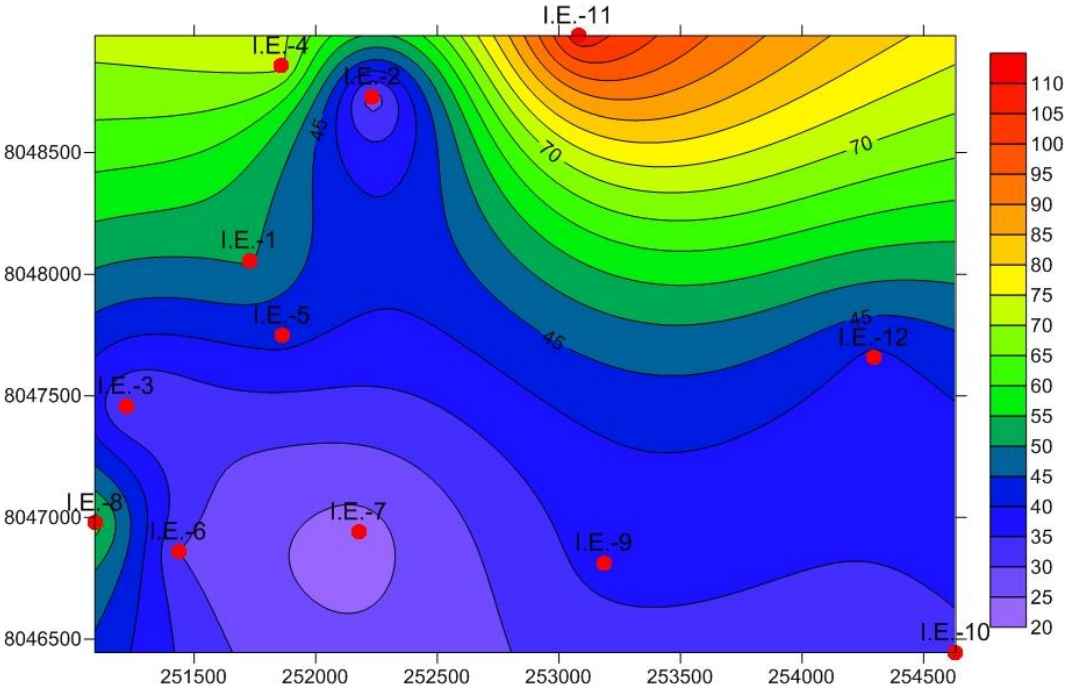
ESCALA:	FECHA:	SISTEMA:	ELABORADO POR:
1:24,000	05-07-2019	WGS 84-19K	BACH. LEONEL ALONSO PACCOSONCO SUCAPUCA

FUENTE: MPI, INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL

ANEXO 03: REPRESENTACION ESPACIAL DE CONCENTRACIONES MAS RESALTANTES DE METALES PESADOS y PM_{10} UTILIZANDO EL SOFTWARE SURFER

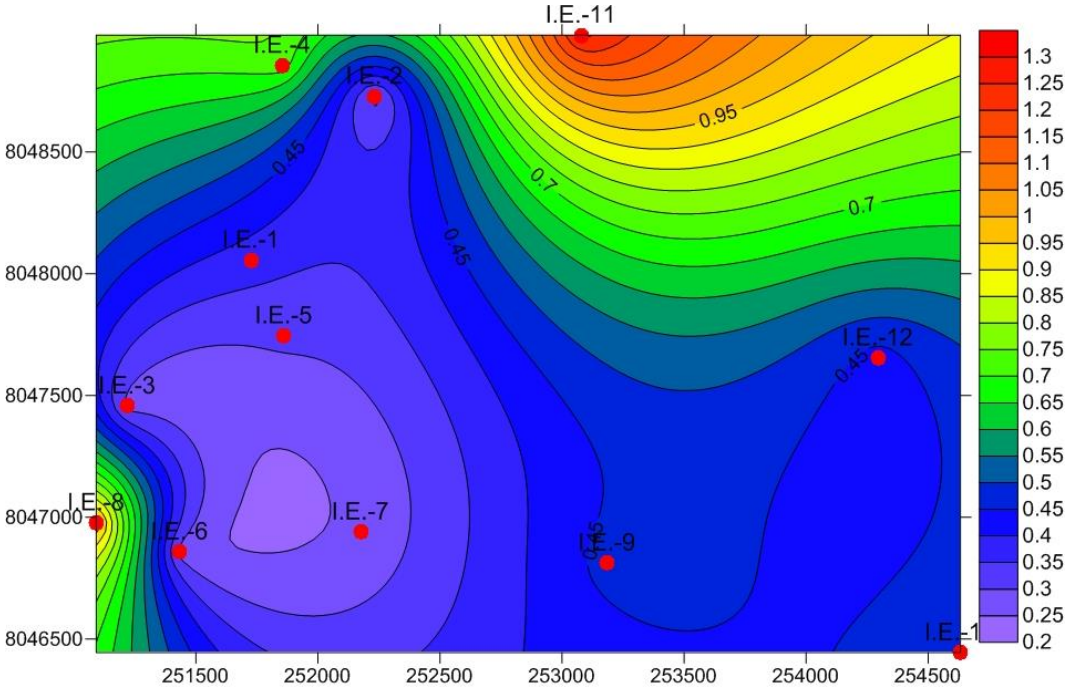
(PM_{10}, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb)

Grafico 30. Concentración de PM_{10} ug/m^3 promedio para 24 Horas



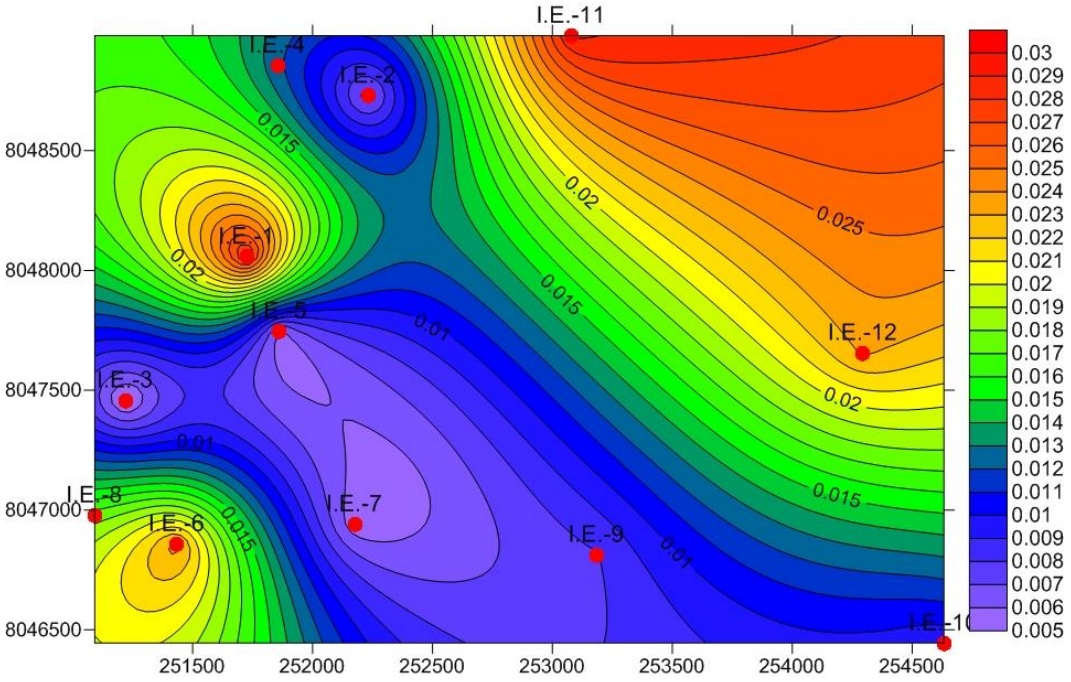
Fuente: Propia del autor

Grafico 31. Concentración de Fe 1.254 ug/m^3 (I.E N° 341)



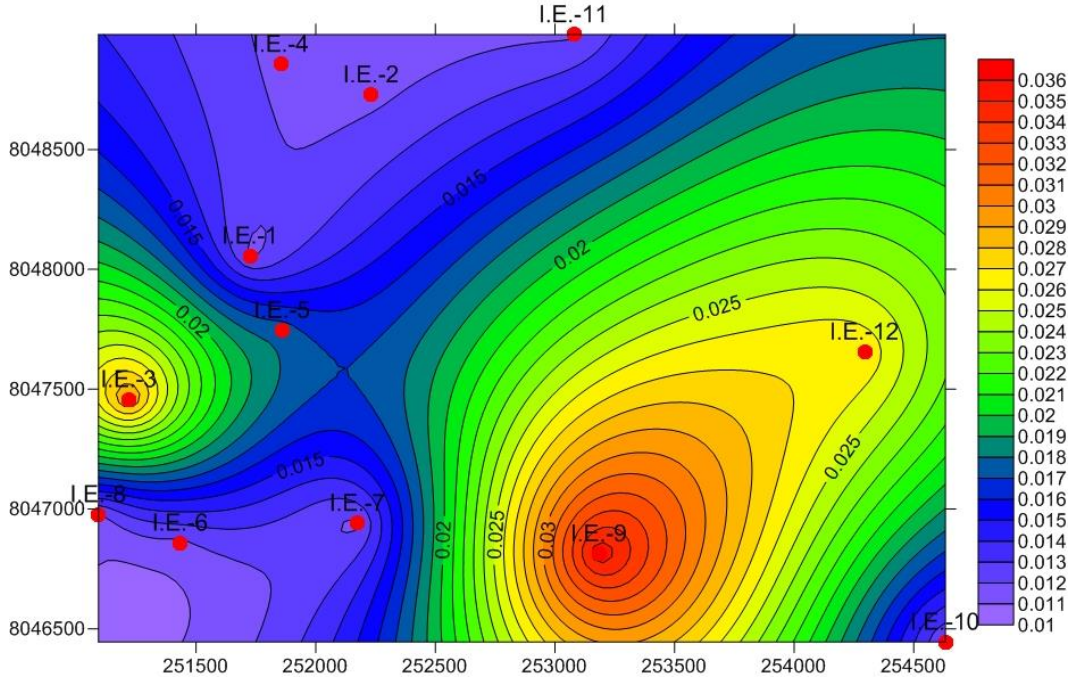
Fuente: Propia del autor

Grafico 32. Concentración de Mn 0.026 ug/m^3 (I.E N° 341)



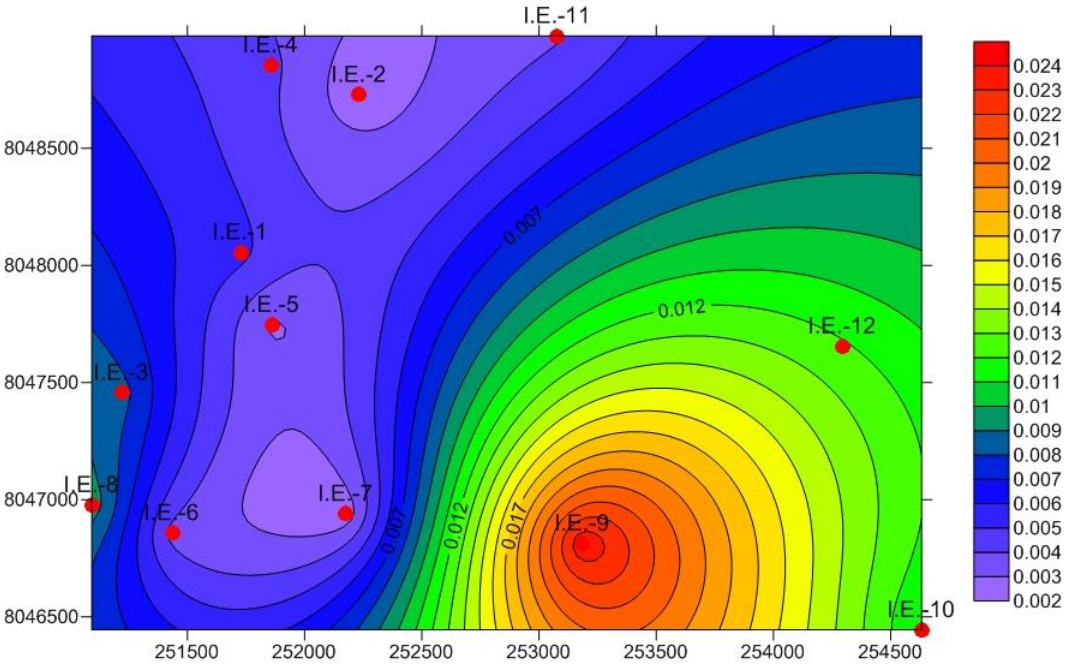
Fuente: Propia del autor

Grafico 33. Concentración de As 0.026 ug/m^3
(I.E Miguel Grau Seminario)



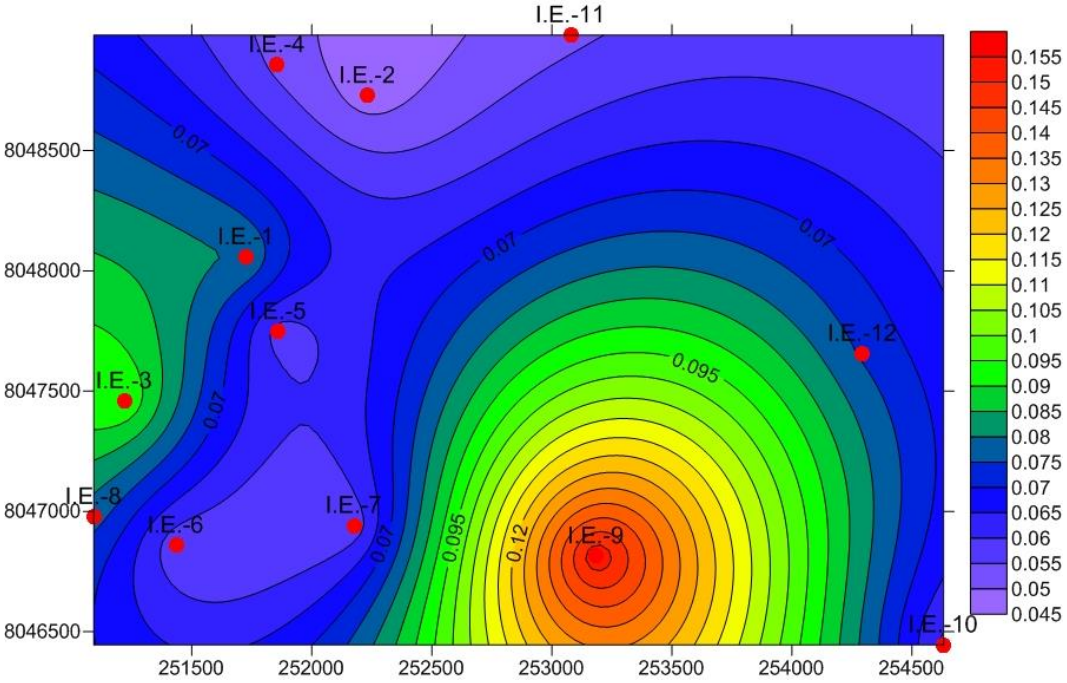
Fuente: Propia del Autor

Grafico 34. Concentración de Cd 0.019 ug/m^3
(I.E Miguel Grau Seminario)



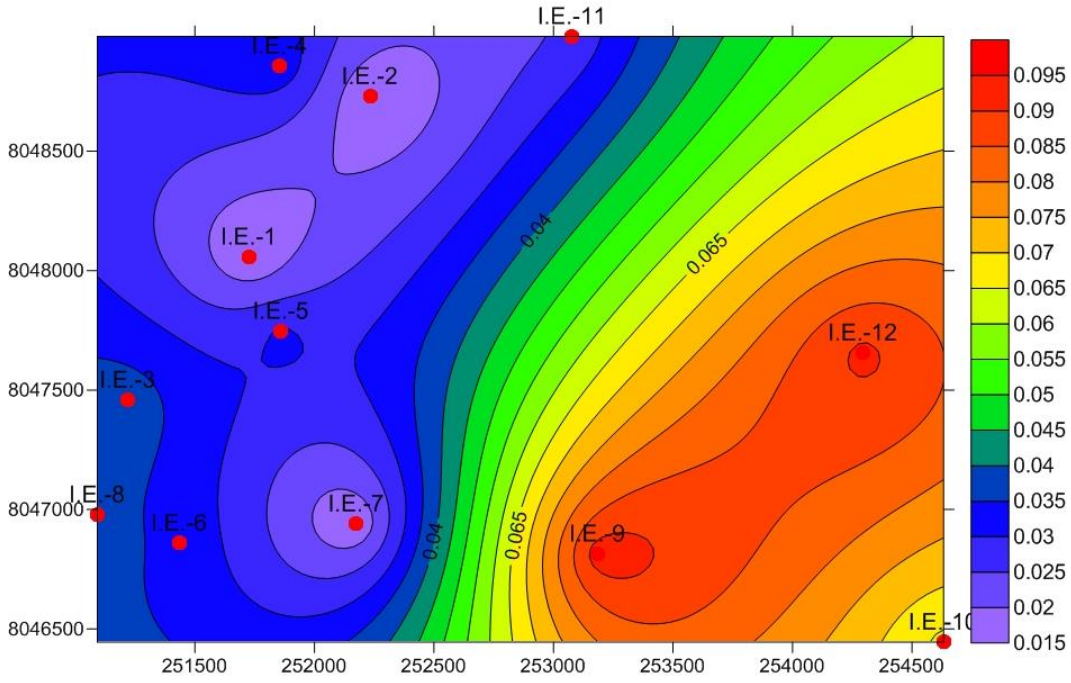
Fuente: Propia del autor

Grafico 35. Concentración de Cu 0.125 ug/m^3
(I.E Miguel Grau Seminario)



Fuente: Propia del autor

Grafico 36. Concentración de Pb 0.088 ug/m^3
(I.E Miguel Grau Seminario)



Fuente: Propia del autor

ANEXO 04: PANEL FOTOGRAFICO

GALERIAS DE FOTOS

I.E Carlos A. Conde Vásquez (Punto de Monitoreo N°1 y N°2)

Foto 1. Início de Monitoreo de PM_{10}



Fuente: Propia del Autor

Foto 2. Instalación de High Vol



Fuente: Propia del Autor

Foto 3. Avenida cerca a la I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 4. Vista del ala izquierda de I.E



Fuente: Propia del Autor

I.E Coronel F. Bolognesi Cervantes (Punto de Monitoreo N°3 y N°4)

Foto 5. Início de Monitoreo de PM_{10}



Fuente: Propia del Autor

Foto 6. Instalación de High Vol



Fuente: Propia del Autor

Foto 7. Vista del ala derecha de I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 8. Vista del ala izquierda de I.E



Fuente: Propia del Autor

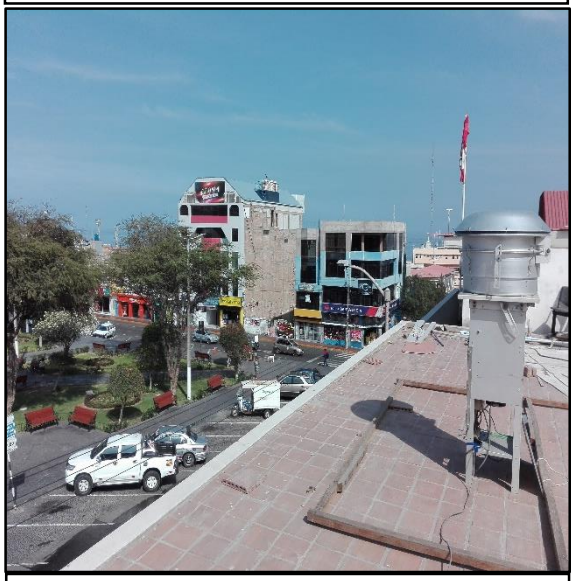
I.E Elisa Rivera (Punto de Monitoreo N°5 y N°6)

Foto 9. Instalacion de High Vol



Fuente: Propia del Autor

Foto 10. Início de Monitoreo de PM_{10}



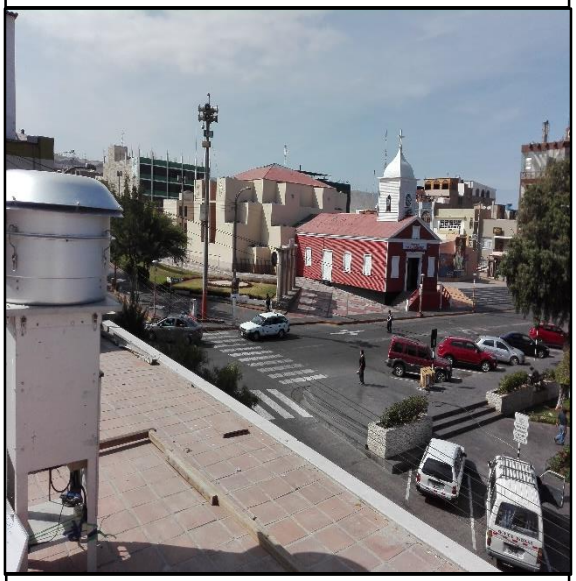
Fuente: Propia del Autor

Foto 11. Vista del ala derecha de I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 12. Vista del ala izquierda de I.E



Fuente: Propia del Autor

I.E Elisa Rivera (Punto de Monitoreo N°7 y N°8)

Foto 13. Instalacion de High Vol



Fuente: Propia del Autor

Foto 14. Início de Monitoreo de PM_{10}



Fuente: Propia del Autor

Foto 15. Vista há área de PetroPeru



Fuente: Propia del Autor

Foto 16. Vista del ala derecha de I.E



Fuente: Propia del Autor

I.E Jhon F. Kennedy (Punto de Monitoreo N°9 y N°10)

Foto 17. Início de Monitoreo de PM_{10}



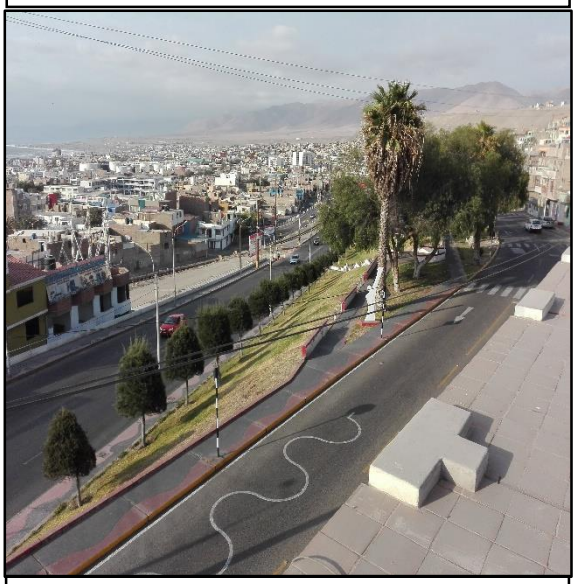
Fuente: Propia del Autor

Foto 18. Vista ala derecha de I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 19. Vista de calles aledañas a I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 20. Vista ala izquierda de I.E



Fuente: Propia del Autor

I.E Mariscal Domingo Nieto Márquez (Punto de Monitoreo N°11 y N°12)

Foto 21. Instalacion de High Vol



Fuente: Propia del Autor

Foto 22. Início de Monitoreo de PM_{10}



Fuente: Propia del Autor

Foto 23. Vista ala izquierda de I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 24. Vista ala derecha de I.E



Fuente: Propia del Autor

I.E José Olaya Balandra (Punto de Monitoreo N°13 y N°14)

Foto 25. Início de Monitoreo de PM_{10}



Fuente: Propia del Autor

Foto 26. Vista de calles aledañas a I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 27. Vista ala derecha de I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 28. Vista ala izquierda de I.E



Fuente: Propia del Autor

I.E San Pedro Pescador (Punto de Monitoreo N°15 y N°16)

Foto 29. Instalacion de High Vol



Fuente: Propia del Autor

Foto 30. Início de Monitoreo de PM_{10}



Fuente: Propia del Autor

Foto 31. Vista ala izquierda de I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 32. Vista ala derecha de I.E



Fuente: Propia del Autor

I.E Almirante Miguel Grau Seminário (Punto de Monitoreo N°17 y N°18)

Foto 33. Instalacion de High Vol



Fuente: Propia del Autor

Foto 34. Início de Monitoreo de PM_{10}



Fuente: Propia del Autor

Foto 35. Vista ala izquierda de I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 36. Vista ala derecha de I.E



Fuente: Propia del Autor

I.E Paul Harris (Punto de Monitoreo N°19 y N°20)

Foto 37. Instalacion de High Vol



Fuente: Propia del Autor

Foto 38. Início de Monitoreo de PM_{10}



Fuente: Propia del Autor

Foto 39. Vista ala izquierda de I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 40. Vista casas alrededor de I.E



Fuente: Propia del Autor

I.E N° 341 (Punto de Monitoreo N°21 y N°22)

Foto 41. Instalacion de High Vol



Fuente: Propia del Autor

Foto 42. Início de Monitoreo de PM_{10}



Fuente: Propia del Autor

Foto 43. Vista avenida alrededor de I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 44. Vista avenida alrededor de I.E



Fuente: Propia del Autor

I.E Fe y Alegría (Punto de Monitoreo N°23 y N°24)

Foto 45. Instalacion de High Vol



Fuente: Propia del Autor

Foto 46. Início de Monitoreo de PM_{10}



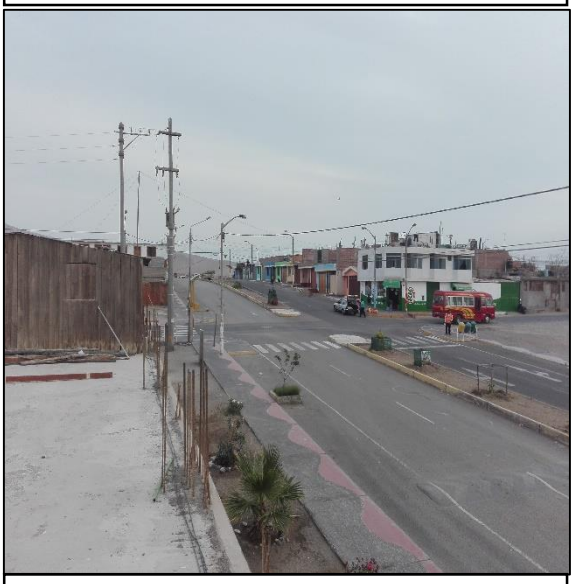
Fuente: Propia del Autor

Foto 47. Vista avenida alrededor de I.E



Fuente: Propia del Autor

Foto 48. Vista ala izquierda de I.E



Fuente: Propia del Autor

ANEXO 05: RESULTADOS DE ANALISIS EN LABORATORIO

Ilo, 05 de setiembre del 2019

OFICIO Nº 263 - 2019-GRM/GERESA/SALUD ILO/DE

SEÑOR:
LEONEL ALONSO PACCOSONCO SUCAPUCA
TESISTA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
Presente.-

ASUNTO: ENTREGA DE RESULTADOS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE ILO

Es grato dirigirme a Ud., para saludarlo cordialmente, a la vez remitirle la información de los monitoreos de la calidad desarrollados con motivo del cumplimiento del proyecto de investigación "DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS EN EL ENTORNO DE LOS CENTROS DE EDUCACIÓN DEL DISTRITO DE ILO 2017 -2018".

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la Dirección General de Salud Ambiental se adjunta informe de ensayo N° 0178-2018-LM.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para manifestarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

REGION MOQUEGUA RED DE SALUD ILO DIRECCION D.R.S. MOQUEGUA

GOBIERNO REGIONAL MOQUEGUA
GERENCIA REGIONAL DE SALUD MOQUEGUA
RED SALUD ILO
M.C. PERCY H.S. NCAPUJA CHAMBI
C.M.P. Nº 37240
DIRECTOR EJECUTIVO RED DE SALUD ILO

PHCH/DERSI
USA/rfcm
Cc.Arch.

Adjunto: ..... Folio (s)

PERÚ | Ministerio de Salud

"Decenio de Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

HOJA DE ENVIO DE TRAMITE GENERAL

26/4/2018 9:17:26
DIGESA-RRAMOS

Tipo Documento: Informe
N° Expediente: 19490-2018-DI
Desc. Documento: Informe-Inf. Ens. N° 0178-2018-LM
Operador: DIGESA-RRAMOS
Fecha Registro: 26/4/2018 9:17
Interesado: DIGESA - DIRECCION LABORATORIO
Asunto: Resultado de Ensayo - Atmosfericos

N°	Destinatario (1)	Ind. (2)	Fecha	Remitente (3)
1	SECRETARIA DCOVI (JROURA)	6	26/4/2018 9:17	LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL
2	Ing. Sosa	12		
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

MINISTERIO DE SALUD DCOVI DIGESA

CLAVE INDICACION DEL MOVIMIENTO

01. Aprobación	06. Por Corresponderle	11. Archivar
02. Atención	07. Para Conversar	12. Acción Inmediata
03. Su Conocimiento	08. Acompañar Antecedente	13. Prepare Contestación
04. Opinión	09. Según Solicitado	14. Proyecte Resolución
05. Informe y Devolver	10. Según lo Coordinado	15. Ver Observación

N°	OBSERVACIONES POR MOVIMIENTO
1	Se remite Inf. Ens. N° 0178-2018-LM

(1) Use Codigo (2) Use Clave (3) Use Iniciales

IMPORTANTE NO DESGLOSAR ESTA HOJA

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria
DIGESA
26 ABR. 2018
DIRECCIÓN DE CONTROL Y VIGILANCIA
Hora: 9:15

INFORME DE ENSAYO N.° 0178-2018-LM

Solicitante: AIR-DCOVI-DIGESA
Domicilio: Las Amapolas 350 Lince, Lima
Muestra declarada: Aire
Muestra proporcionada por el solicitante
Cantidad de muestras: 24 Filtros
Filtros para muestreo proporcionado por el solicitante
Fecha de ingreso: 2018-04-06
Lugar de ensayos: Laboratorio sede La Molina

Identificación de la muestra

Código laboratorio	Código campo	Punto de muestreo / Distrito / Provincia / Departamento	Fecha de muestreo
01139	1	I.E. Carlos Alberto Conde Vasquez / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-04
01140	2	I.E. Carlos Alberto Conde Vasquez / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-05
01141	3	I.E. Coronel. F. Bolognesi Cervantes / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-06
01142	4	I.E. Coronel. F. Bolognesi Cervantes / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-08
01143	5	I.E Elisa Rivera - Ugel ILO / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-11
01144	6	I.E:Elisa Rivera Ugel ILO / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-12
01145	7	I.E.Mercedes Cabello de Carbonera / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-18
01146	8	I.E. Mercedes Cabello de Carbonera / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-20
01147	9	I.E: Jhon F. Kennedy / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-22
01148	10	I.E. Jhon F. Kennedy / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-23
01149	11	I.E. Mariscal Domingo Nieto Marquez / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-26
01150	12	I.E. Manscal Domingo Nieto Marquez / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-27
01151	13	I.E. Jose Olaya Balandra / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-28
01152	14	I.E. Jose Olaya Balandra / Ilo / Ilo / Moquegua	2017-12-29
01153	15	I.E. 43030 San pedro / Ilo / Ilo / Moquegua	2018-01-03
01154	16	I.E. 43030 San pedro / Ilo / Ilo / Moquegua	2018-01-04
01155	17	I.E.Almirante Miguel Grau / Ilo / Ilo / Moquegua	2018-01-05
01156	18	I.E.Almirante Miguel Grau / Ilo / Ilo / Moquegua	2018-01-06
01157	19	I.E. Paul Harris / Ilo / Ilo / Moquegua	2018-01-09
01158	20	I.E. Paul Harris / Ilo / Ilo / Moquegua	2018-01-10
01159	21	I.E. N° 341 / Ilo / Ilo / Moquegua	2018-01-22

Lima, 2018-04-24
JLR/CLA/Ing

F03-AC-PS-13 Rev 06

Los resultados de este informe corresponden a las muestras sometidas a ensayo. La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito de este laboratorio. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N.° 0178-2018-LM

Código laboratorio	Código campo	Punto de muestreo / Distrito / Provincia / Departamento	Fecha de muestreo
01160	22	I.E. N° 341 / Ilo / Ilo / Moquegua	2018-01-23
01161	23	I.E. FE y Alegria / Ilo / Ilo / Mcquegua	2018-01-27
01162	24	I.E. FE y Alegria / Ilo / Ilo / Mcquegua	2018-01-28

Nota: Los datos de las muestras son proporcionados por el solicitante.

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria

BLGA. JULIA IVONNE LOAYZA RAMOS
CBP 2841
JEFA DE LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL
DIGESA

Lima, 2018-04-24

JLR/CLA/lng

F03-AC-PS-13 Rev 06

Los resultados de este informe corresponden a las muestras sometidas a ensayo. La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito de este laboratorio. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N.° 0178-2018-LM

Resultados

Código laboratorio	N° filtro (a.v.) PM 10	PM 10 (a.v.) (µg/muestra)
01139	1720407	71050
01140	1720408	80000
01141	1720409	42250
01142	1720410	42100
01143	1720411	48050
01144	1720412	47650
01145	1720413	110200
01146	1720414	112550
01147	1720415	65700
01148	1720416	46700
01149	1720417	37600
01150	1720418	47550
01151	1720419	36300
01152	1720420	33950
01153	1720421	90250
01154	1720422	35350
01155	1720423	53750
01156	1720424	57950
01157	1720425	54100
01158	1720426	49750
01159	1720427	146650
01160	1720428	170250
01161	1720430	60600
01162	1720404	34200
Límite de cuantificación		1 590
Fecha de análisis		2018-04-17 2018-04-18

a.v.: alto volumen

Método de ensayo:

PM 10 : EPA Method IO 3.1, 1999 "Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air" Selection, Preparation and Extraction of Filter Material.

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria
BLGA. JULIA IVONNE LOAYZA RAMOS
CBP 2841
JEFA DE LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL
DIGESA

MINISTERIO DE SALUD
Gco. N. Sivipaucar
CBP 925
Área Básicos
DIGESA

Lima, 2018-04-24

F03-AC-PS-13 Rev 06

JLR/CLA/lng

Los resultados de este informe corresponden a las muestras sometidas a ensayo. La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito de este laboratorio. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N.° 0178-2018-LM

Resultados

Código laboratorio	Arsénico (µg/muestra)	Berilio (µg/muestra)	Cadmio (µg/muestra)	Cobalto (µg/muestra)	Cromo (µg/muestra)	Cobre (µg/muestra)	Hierro (µg/muestra)	Mercurio (µg/muestra)
01139	<18,6	<1,5	<3,7	<11,1	<8,9	60,1	487	<40,8
01140	<18,6	<1,5	8,4	<11,1	<8,9	127	597	<40,8
01141	<18,6	<1,5	<3,7	<11,1	<8,9	74,7	445	<40,8
01142	<18,6	<1,5	<3,7	<11,1	<8,9	49,8	389	<40,8
01143	46,6	<1,5	7,2	<11,1	<8,9	151	361	<40,8
01144	<18,6	<1,5	13,3	<11,1	<8,9	136	447	<40,8
01145	<18,6	<1,5	6,7	<11,1	<8,9	84,7	1006	<40,8
01146	<18,6	<1,5	<3,7	<11,1	<8,9	55,5	1146	<40,8
01147	27,6	<1,5	4,5	<11,1	<8,9	90,8	495	<40,8
01148	<18,6	<1,5	4,0	<11,1	<8,9	53,4	302	<40,8
01149	18,7	<1,5	5,7	<11,1	<8,9	89,0	205	<40,8
01150	<18,6	<1,5	<3,7	<11,1	<8,9	28,8	438	<40,8
01151	<18,6	<1,5	<3,7	<11,1	<8,9	26,8	246	<40,8
01152	<18,6	<1,5	<3,7	<11,1	<8,9	89,3	415	<40,8
01153	<18,6	<1,5	<3,7	<11,1	<8,9	111	1568	<40,8
01154	<18,6	<1,5	15,2	<11,1	<8,9	122	307	<40,8
01155	27,1	<1,5	21,1	<11,1	<8,9	150	663	<40,8
01156	56,3	<1,5	37,6	<11,1	<8,9	243	733	<40,8
01157	18,9	<1,5	17,2	<11,1	<8,9	92,8	611	<40,8
01158	<18,6	<1,5	<3,7	<11,1	<8,9	92,4	739	<40,8
01159	<18,6	<1,5	3,8	<11,1	<8,9	65,4	1949	<40,8
01160	<18,6	<1,5	6,1	<11,1	<8,9	84,5	1936	<40,8
01161	<18,6	<1,5	<3,7	<11,1	<8,9	31,7	598	<40,8
01162	42,2	<1,5	19,1	<11,1	<8,9	117	678	<40,8
LC	**18,6**	**1,5**	**3,7**	**11,1**	**8,9**	**7,4**	**25,2**	**40,8**

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria

BLGA. JULIA IVONNE LOAYZA RAMOS
CBP 2641
JEFA DE LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL
DIGESA

MINISTERIO DE SALUD
Laboratorio de Control Ambiental
Q.F. L. HERNANDEZ
COFP 03847
Area Inorgánicos
DIGESA

Lima, 2018-04-24

JLR/CLA/ing

F03-AC-PS-13 Rev 06

Los resultados de este informe corresponden a las muestras sometidas a ensayo. La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito de este laboratorio. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N.° 0178-2018-LM

Código laboratorio	Litio (µg/muestra)	Manganeso (µg/muestra)	Molibdeno (µg/muestra)	Niquel (µg/muestra)	Plomo (µg/muestra)	Antimonio (µg/muestra)	Selenio (µg/muestra)	Zinc (µg/muestra)
01139	<273	45,0	<6,7	<10,4	<23,8	<18,6	<116	<90,0
01140	<273	8,5	<6,7	<10,4	25,7	<18,6	<116	<90,0
01141	<273	10,0	<6,7	<10,4	<23,8	<18,6	<116	<90,0
01142	<273	7,2	<6,7	<10,4	<23,8	<18,6	<116	<90,0
01143	<273	7,3	<6,7	<10,4	60,5	<18,6	<116	<90,0
01144	<273	7,5	<6,7	<10,4	37,2	<18,6	<116	<90,0
01145	<273	7,5	<6,7	<10,4	53,5	<18,6	<116	<90,0
01146	<273	19,3	<6,7	<10,4	25,7	<18,6	<116	<90,0
01147	<273	<3,0	<6,7	<10,4	48,6	<18,6	<116	<90,0
01148	<273	9,0	<6,7	<10,4	32,4	<18,6	<116	<90,0
01149	<273	8,9	<6,7	<10,4	53,7	<18,6	<116	<90,0
01150	<273	37,2	<6,7	26,7	<23,8	<18,6	<116	<90,0
01151	<273	8,4	<6,7	<10,4	<23,8	<18,6	<116	<90,0
01152	<273	4,8	<6,7	<10,4	<23,8	<18,6	<116	<90,0
01153	<273	7,7	<6,7	<10,4	<23,8	<18,6	<116	<90,0
01154	<273	27,5	<6,7	<10,4	56,7	<18,6	<116	<90,0
01155	<273	<3,0	<6,7	<10,4	130	<18,6	<116	101
01156	<273	12,5	<6,7	<10,4	146	<18,6	<116	99,8
01157	<273	14,6	<6,7	<10,4	100	<18,6	<116	<90,0
01158	<273	13,0	<6,7	<10,4	<23,8	<18,6	<116	<90,0
01159	<273	45,8	<6,7	<10,4	30,9	<18,6	<116	<90,0
01160	<273	35,7	<6,7	<10,4	40,9	<18,6	<116	<90,0
01161	<273	36,2	<6,7	<10,4	<23,8	<18,6	<116	<90,0
01162	<273	12,5	<6,7	<10,4	144	<18,6	<116	105
LC	273	3,0	6,7	10,4	23,8	18,6	116	90,0

Fecha de análisis 2018-04-23

LC: Límite de cuantificación

Método:

Metales: EPA Method IO 3.4, 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air, Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy.

MINISTERIO DE SALUD
Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria
BLGA. JULIA YVONNE LOAYZA RAMOS
CBP 2841
JEFA DE LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL
DIGESA

MINISTERIO DE SALUD
Laboratorio de Control Ambiental
Q.F. L. HERNANDEZ
COFP- 01087
Área Inorgánicos
DIGESA

Lima, 2018-04-24

F03-AC-PS-13 Rev 06

JLR/CLA/lng

Los resultados de este informe corresponden a las muestras sometidas a ensayo. La reproducción parcial de este informe no esta permitida sin la autorización por escrito de este laboratorio. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

PERÚ | Ministerio de Salud

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

Las Amapolas N° 350 Urb San Eugenio Lince
Correo electrónico: cirah@minsa.gob.pe, Teléfonos: 51 1 - 6314430

SOLICITUD DE ENSAYO:
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

0178 - 2018

Expediente N°

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE: AIR-DCOV-DIGESA

DIRECCION: Las Amapolas 350, Urb. San Eugenio, Lince — TELEFONO: 993677926

CONTACTO: Hilda Sosa Andrade — FAX:

DATOS DEL MUESTREO

MOTIVO: Vigilancia de la calidad del Aire — CORREO-e: hsosa@minsa.gob.pe

RESPONSABLE (S) DEL MUESTREO: Elmer Ticona Paucara — FIRMA:

DATOS DE LAS MUESTRAS

N°	Código Laboratorio	Código campo	Fecha muestreo	Hora muestreo	Matriz	Punto de muestreo (localidad)	Distrito / Provincia	Departamento	N° Frasco	N° Filtros av	N° Filtros bv
1	01139	1	04/12/2017	08:00	Aire	I.E. Carlos Alberto Conde Vasquez	ILO / ILO	Moquegua		1	
2	01140	2	05/12/2017	12:30	Aire	I.E. Carlos Alberto Conde Vasquez	ILO / ILO	Moquegua		1	
3	01141	3	06/12/2017	20:20	Aire	I.E. Coronel F. Bolognesi Cervantes	ILO / ILO	Moquegua		1	
4	01142	4	06/12/2017	15:30	Aire	I.E. Coronel F. Bolognesi Cervantes	ILO / ILO	Moquegua		1	
5	01143	5	11/12/2017	08:00	Aire	I.E Elisa Rivera - Ugel ILO	ILO / ILO	Moquegua		1	
6	01144	6	12/12/2017	08:30	Aire	I.E Elisa Rivera Ugel ILO	ILO / ILO	Moquegua		1	
7	01145	7	18/12/2017	19:00	Aire	I.E Mercedes Cabello de Carbonera	ILO / ILO	Moquegua		1	
8	01146	8	20/12/2017	15:00	Aire	I.E Mercedes Cabello de Carbonera	ILO / ILO	Moquegua		1	
								Total Frascos →		8	

CUSTODIA DE LAS MUESTRAS

	1ra. custodia	2da custodia
Entregado por:	Carlos Guillen Carrera	Sr. Segundo Fidencio Morales Alva
Cargo:	Técnico	Téc. en Lab. Ambiental
Firma y fecha:	06/04/18	2018-04-16
Recibido por:		
Cargo:		
Firma y fecha:	06/04/18	

Recepción de muestras en el laboratorio (Uso del Laboratorio DIGESA)

Muestras: Intactas [X] Rotas: [ ] Insuficiente: [ ]

Conservacion: Temperatura: ——

Observaciones:

Nombre: Firma

F05-AT-PO-02 (Rev 0c)

12/01/2018

Ensayos - Métodos de ensayos (Referencia de métodos) / Codigo Campo	Dioxido de azufre (SO2) AB-PE-21 Determinacion de SO2 en muestras atmosfericas por cromatografia ionica basado en SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4110B 22nd edition 2012, Ion chromatography with Chemical Suppression of eluent conductivity	Dioxido de nitrogeno (NO2) AB-PE-16 Determinación de NO2 en muestras atmosfericas por el metodo arsenito de sodio, basado en US EPA Designated Equivalent Method N° ECA-1277-078, 1977, Sodium arsenite method for the determination of nitrogen in the atmosphere	Dioxido de nitrogeno (NO2) tubos pasivos AB-PE-17 Determinación de NO2 en Muestras Atmosféricas por Espectrofotometría basado en NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Method 6700, 4th Edition 1998, Nitrogen dioxide (Diffusive sampler)	Material Particulado PM10 (Alto Volumen) EPA Method IO 3.1 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air. Selection, Preparation and Extraction of Filter Material (1)	Material Particulado PM2.5 (Bajo Volumen) EPA Method IO 3.1, 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air. Selection, Preparation and Extraction of Filter Material (1)	Material Particulado PM10 (Bajo Volumen) EPA Method IO-3.1, 1999, Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air, Selection, Preparation and Extraction of Filter Material (1)	Metales As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn EPA Method IO 3.4 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air. Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Inductively coupled plasma (ICP) Spectroscopy	Metales Cd, Cu, Cr, Fe, Mn Pb, Zn. AAS, Method IO 3.2 Determination of metals in ambient particulate matter using atomic absorption (AA) spectroscopy Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air. EPA/625/R-96/010a, June 1999.	Polvo Sedimentable (PS) AB-PE-20, Determinación de polvo sedimentable, basado en Swisscontact, Manual de Laboratorio, Método Bergerhoff, SOP 5.7.4, 2001, Precipitación de Polvo	PC3(2).
1				1720407			X				
2				1720408			X				
3				1720409			X				
4				1720410			X				
5				1720411			X				
6				1720412			X				
7				1720413			X				
8				1720414			X				

REVISION DE LA SOLICITUD (Uso laboratorio DIGESA)

a) Causas de no aceptación: N/o Aplica

b) Capacidad y recursos disponibles: Bueno

c) Observaciones:

Fecha: Firma:

d) Entrega del Informe de ensayo:
Fecha aprox: 23/04/18
Destino: Docuz x

AUTORIZACIÓN ENSAYO (Uso DIGESA)

Firma y sello

Fecha: 06/04/18

Hora: 11:45

Observaciones

REFERENCIA DE MÉTODOS DE ENSAYO

(1) EPA Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air, 1999.

(2) Colocar la referencia del procedimiento con el laboratorio

12/01/2018

F05-AT-PO-02 (Rev 0c)

PERÚ | Ministerio de Salud

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

Las Amapolas N° 350 Urb San Eugenio Lince
Correo electrónico: lcman@minsa.gob.pe Teléfonos: 511 - 6314430

SOLICITUD DE ENSAYO:
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

0178 - 2018

Expediente N°

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE: AIR-DGOVI-DIGESA

DIRECCIÓN: Las Amapolas 350, Urb. San Eugenio, Lince — TELÉFONO: 993677926

CONTACTO: Hilda Sosa Arotaipe — FAX:

CORREO-e: hsosa@minsa.gob.pe

DATOS DEL MUESTREO

MOTIVO: Vigilancia de la calidad del Aire

RESPONSABLE (S) DEL MUESTREO: Elmer Ticona Paucara — FIRMA:

DATOS DE LAS MUESTRAS

N°	Código Laboratorio	Codigo campo	Fecha muestreo	Hora muestreo	Matriz	Punto de muestreo (localidad)	Distrito / Provincia	Departamento	N° Frasco	N° Filtros	
										av	bv
9	01147	9	22/12/2017	16:30	Aire	I.E. Jhon F. Kennedy	ILO / ILO	Moquegua		1	
10	01148	10	23/12/2017	17:23	Aire	I.E. Jhon F. Kennedy	ILO / ILO	Moquegua		1	
11	01149	11	26/12/2017	16:21	Aire	I.E. Mariscal Domingo Nieto Marquez	ILO / ILO	Moquegua		1	
12	01150	12	27/12/2017	17:25	Aire	I.E. Mariscal Domingo Nieto Marquez	ILO / ILO	Moquegua		1	
13	01151	13	28/12/2017	19:15	Aire	I.E. Jose Olaya Balandra	ILO / ILO	Moquegua		1	
14	01152	14	29/12/2017	21:15	Aire	I.E. Jose Olaya Balandra	ILO / ILO	Moquegua		1	
15	01153	15	03/01/2018	10:00	Aire	I.E. 43030 San pedro	ILO / ILO	Moquegua		1	
16	01154	16	04/01/2018	10:38	Aire	I.E. 43030 San pedro	ILO / ILO	Moquegua		1	
								Total Frascos →		8	

CUSTODIA DE LAS MUESTRAS

	1ra custodia	2da custodia
Entregado por:	Carlos Guillen Carrera	Segundo Fidencio Morales Alva
Cargo:	Tecnico	Téc. en Lab. Ambiental
Firma y fecha:	02/04/18	2018-04-06
Recibido por:		
Cargo:		
Firma y fecha:	02/04/18	

Recepción de muestras en el laboratorio (Uso del Laboratorio DIGESA)

Muestras: Intactas: X — Rotas: — Insuficiente: —

Conservación: Temperatura: —

Observaciones:

Nombre: Firma:

F05-AT-PO-02 (Rev 00)

12/01/2018

Ensayos - Métodos de ensayos (Referencia de métodos) / Código Campo	Dioxido de azufre (SO2) AB-PE-21 Determinación de SO2 en muestras atmosféricas por cromatografía iónica, basado en SMEWW APHA AWWA WEF Part 4110B 22nd edition 2012, Ion chromatography with Chemical Supression of eluent conductivity	Dióxido de nitrogeno (NO2) AB-PE-16 Determinación de NO2 en muestras atmosféricas por el método arsenito de sodio basado en US EPA Designated Equivalent Method Nº EQN-1277-026, 1977 Sodium arsenite method for the determination of nitrogen in the atmosphere	Dioxido de nitrogeno (NO2) tubos pasivos AB-PE-17 Determinación de NO2 en Muestras Atmosféricas por Espectrofotometría basado en NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Method 6700, 4th Edition 1998 Nitrogen dioxide (Diffusive sampler)	Material Particulado PM10 (Alto Volumen) EPA Method IO 3.1, 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air Selection Preparation and Extraction of Filter Material (1)	Material Particulado PM2.5 (Bajo Volumen) EPA Method IO 3.1, 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air Selection Preparation and Extraction of Filter Material (1)	Material Particulado PM10 (Bajo Volumen) EPA Method IO 3.1, 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air Selection Preparation and Extraction of Filter Material (1)	Metales As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn EPA Method IO 3.4 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air Determination of Metals in mbient Particulate Matter Using Inductively coupled plasma (ICP) Spectroscopy.	Metales Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Pb, Zn AA/FL Method IO 3.2 Determination of metals in ambient particulate matter using atomic absorption (AA) spectroscopy Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air EPA/625/R 96/010a June 1999	Polvo Sedimentable (PS) AB-PE-20, Determinación de polvo sedimentable basado en Swisscontact, Manual de Laboratorio, Método Bergerhoff, SOP 5.2.4, 2001, Precipitación de Polvo.	PCB(2)																		
9				1720415			X																					
10				1720416			X																					
11				1720417			X																					
12				1720418			X																					
13				1720419			X																					
14				1720420			X																					
15				1720421			X																					
16				1720422			X																					

REVISION DE LA SOLICITUD (Uso laboratorio DIGESA)

a) Causas de no aceptación: No Aprecia

b) Capacidad y recursos disponibles: Escoger

c)Observaciones

Fecha: Firma:

d) Entrega del Informe de ensayo:
Fecha aprox: 23/04/18
Destino: DELCI X

AUTORIZACIÓN ENSAYO (Uso DIGESA)

Firma y sello: R. MURGA

Fecha: 06/04/18

Hora: 11.45

Observaciones

REFERENCIA DE MÉTODOS DE ENSAYO

(1) EPA Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air 1999

(2) Colocar el método en coordinación con el laboratorio

12/01/2018

PERÚ | Ministerio de Salud

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL

Las Amapolas N° 350, Urb San Eugenio Lince
Correo electrónico: cmanj@minsa.gob.pe Teléfonos: 511 - 6314410

SOLICITUD DE ENSAYO:
CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

0178 - 2018

Expediente N°

DATOS DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE: AIR.DCCVH.DIGESA

DIRECCIÓN: Las Amapolas 350 Urb. San Eugenio, Lince — TELEFONO: 993677926

CONTACTO: Hilda Sosa Andrade — FAX:

CORREO-e: hsosa@minsa.gob.pe

DATOS DEL MUESTREO

MOTIVO: Vigilancia de la calidad del Aire

RESPONSABLE (S) DEL MUESTREO: Elmer Ticona Paucara — FIRMA:

DATOS DE LAS MUESTRAS

N°	Código Laboratorio	Código campo	Fecha muestreo	Hora muestreo	Matriz	Punto de muestreo (localidad)	Distrito / Provincia	Departamento	N° Frasco	N° Filtros av	N° Filtros bv
17	01155	17	05/01/2018	15:56	Aire	I.E.Almirante Miguel Grau	ILO / ILO	Moquegua		1	
18	01156	18	06/01/2018	16:38	Aire	I.E.Almirante Miguel Grau	ILO / ILO	Moquegua		1	
19	01157	19	09/01/2018	12:15	Aire	I.E. Paul Harris	ILO / ILO	Moquegua		1	
20	01158	20	10/01/2018	12:58	Aire	I.E. Paul Harris	ILO / ILO	Moquegua		1	
21	01159	21	22/01/2018	11:30	Aire	I.E. N° 341	ILO / ILO	Moquegua		1	
22	01160	22	23/01/2018	12:00	Aire	I.E. N° 341	ILO / ILO	Moquegua		1	
23	01161	23	27/01/2018	17:00	Aire	I.E. FE y Alegria	ILO / ILO	Moquegua		1	
24	01162	24	28/01/2018	17:27	Aire	I.E. FE y Alegria	ILO / ILO	Moquegua		1	
								Total Frascos →		8	

CUSTODIA DE LAS MUESTRAS

	1ra. custodia	2da custodia
Entregado por:	Carlos Büllen Carrera	Sr. Segundo Fidencio Morales Alva
Cargo:	Tecnico	Téc. en Lab. Ambiental
Firma y fecha:	06/04/18	2018-04-06
Recibido por:		
Cargo:		
Firma y fecha:	06/04/18	

Recepción de muestras en el laboratorio (Uso del Laboratorio DIGESA)

Muestras: Intactas: X — Rotas: — Insuficiente: —

Conservación: Temperatura: —

Observaciones:

Nombre: Firma:

Código Campo	Dioxido de azufre (SO2) AB-PE-21, Determinación de SO2 en muestras atmosféricas por cromatografía iónica, basado en SMEWW APHA, AWWA, WEF Part 4110B 22nd edition 2012, Ion chromatography with Chemical Suppression of eluent conductivity	Dioxido de nitrógeno (NO2) AB-PE-16, Determinación de NO2 en muestras atmosféricas por el método arsenito de sodio, basado en US EPA. Designated Equivalent Method N° EQN -1277-026, 1977. Sodium arsenite method for the determination of nitrogen in the atmosphere	Dioxido de nitrógeno (NO2) tubos pasivos AB-PE-17, Determinación de NO2 en Muestras Atmosféricas por Espectrofotometría basado en NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). Method 6700, 4th Edition, 1998. Nitrogen dioxide (Diffusive sampler)	Material Particulado PM10 (Alto Volumen) EPA. Method IO 3.1, 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air. Selection, Preparation and Extraction of Filter Material (1)	Material Particulado PM2.5 (Bajo Volumen) EPA. Method IO 3.1, 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air. Selection, Preparation and Extraction of Filter Material (1)	Material Particulado PM10 (Bajo Volumen) EPA. Method IO 3.1, 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air, Selection, Preparation and Extraction of Filter Material (1)	Metales As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn. EPA. Method IO 3.4. 1999 Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air. Determination of Metals in ambient Particulate Matter Using Inductively coupled plasma (ICP) Spectroscopy	Metales Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Pb, Zn. AA/1 1. Method IO 3.2. Determination of metals in ambient particulate matter using atomic absorption (AA) spectroscopy. Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air. EPA/625/R-96/010a. June 1999	Polvo Sedimentable (PS) AB-PE-20, Determinación de polvo sedimentable basado en Swisscontact, Manual de Laboratorio, Método Bergerhoff, SCP 5.2.4 2001. Precipitación de Polvo	PCB(2)																		
17				1720423			X																					
18				1720424			X																					
19				1720425			X																					
20				1720426			X																					
21				1720427			X																					
22				1720428			X																					
23				1720430			X																					
24				1720404			X																					

REVISIÓN DE LA SOLICITUD (Uso laboratorio DIGESA)

a) Causas de no aceptación: No Aplica

b) Capacidad y recursos disponibles: Adecuados

c) Observaciones

Fecha: Firma:

d) Entrega del Informe de ensayo
Fecha aprox: 23/04/18
Destino: Expediente

AUTORIZACIÓN ENSAYO (Uso DIGESA)

Firma y sello: [stamp: DIGESA]

Fecha: 06/04/18

Hora: 11:45

Observaciones:

REFERENCIA DE MÉTODOS DE ENSAYO

(1) EPA Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air, 1999

(2) [illegible]

12/01/2018

F05-AT-PO-02 (Rev 5o)