



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
COMISIÓN ORGANIZADORA

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA
N° 663-2017-UNAM

Moquegua, 06 de Diciembre de 2017

VISTOS, el Informe N° 398-2017-EPIAM/UNAM/FILIAL ILO de 29 de Noviembre 2017, Oficio N° 472-2017-VIPAC-CO/UNAM de 30 de Noviembre 2017, Informe N° 003-2017-MRRC-EPIAM/FILIAL ILO de 28 de Noviembre 2017, Acuerdo de Sesión Extraordinaria del 06 de Diciembre 2017, y,

CONSIDERANDO:

Que, el párrafo cuarto del artículo 18° de la Constitución Política del Estado, concordante con el artículo 8° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, reconoce la autonomía universitaria, en el marco normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico, que guarda concordancia con el Capítulo IV del Estatuto de la UNAM.

Que, el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 190-2016-UNAM de 05 de Agosto de 2016, establece en el Artículo 12°, que el proyecto de tesis es un trabajo de investigación individual que presentan los estudiantes del último año académico, egresados o bachilleres al Director de la Escuela Profesional, con la finalidad de resolver un problema objeto de estudio, asimismo, precisa en el Artículo 15° que todo proyecto de tesis debe tener un asesor, quien deberá ser docente ordinario de la Escuela Profesional o en forma facultativa un docente contratado en la especialidad en el área que se investiga. El jurado dictaminador del proyecto, será designado por el Comité Asesor y el Director de la Escuela Profesional, el mismo que estará compuesto por tres miembros elegidos entre los docentes ordinarios y/o contratados, conforme se indica en los artículos 18°, 19° y 20° del precitado Reglamento.

Que, mediante Informe N° 398-2017-EPIAM/UNAM/FILIAL ILO de 29 de Noviembre 2017, el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, solicita a Vicepresidencia Académica la aprobación del proyecto de tesis denominado: "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", presentado por el Bachiller Leonel Alonso Paccosonco Sucapuca, el mismo que fue declarado apto según acta de aprobación de proyecto de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental de fecha 13 de Noviembre de 2017, solicitando se emita el acto resolutivo.

Que, con Oficio N° 472-2017-VIPAC-CO/UNAM de 30 de Noviembre 2017, la Dra. María Elena Echevarría Jaime Vicepresidencia Académica de la Universidad Nacional de Moquegua, solicita al Dr. Washington Zeballos Gámez Presidente de la Comisión Organizadora - UNAM, la emisión de acto resolutivo de reconocimiento de aprobación de proyecto de tesis, así como la designación de asesor y miembros del jurado dictaminador, conforme se precisa en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua.

Que, en Sesión Extraordinaria del 06 de Diciembre 2017, se acordó por UNANIMIDAD, Aprobar el Proyecto de Tesis en referencia presentado por el Bachiller Leonel Alonso Paccosonco Sucapuca, asimismo se acordó designar como Asesor de Tesis al Ing. Rodolfo Rafael Sánchez Valencia, así como a los miembros del jurado revisor y dictaminador de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNAM, encargados de evaluar el trabajo de investigación, conforme a la propuesta remitida.

Por las consideraciones precedentes y en uso de las atribuciones que le concede la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua y lo acordado en Sesión Extraordinaria del 06 de Diciembre 2017.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el Proyecto de Tesis denominado: "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", presentado por el BACHILLER LEONEL ALONSO PACCOSONCO SUCAPUCA, conforme a lo expuesto a la parte considerativa de la presente resolución.

ARTÍCULO SEGUNDO.- DESIGNAR, al Ing. RODOLFO RAFAEL SÁNCHEZ VALENCIA como Asesor del proyecto de tesis aprobado en el artículo primero de la presente resolución.

ARTÍCULO TERCERO.- DESIGNAR, al Jurado Revisor y Dictaminador del Proyecto de Tesis: "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", presentado por el BACHILLER LEONEL ALONSO PACCOSONCO SUCAPUCA, conforme al siguiente detalle:

>	Dr. MILKO RAUL RIVERA CAMPANO	:	PRESIDENTE
>	Lic. MARIO ROMAN FLORES ROQUE	:	PRIMER MIEMBRO
>	Ing. RENE MAURICO CONDORI APAZA	:	SEGUNDO MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
COMISIÓN ORGANIZADORA

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 663-2017-UNAM

ARTÍCULO CUARTO. ENCARGAR, a los profesionales designados el cumplimiento de lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, asimismo, Vicepresidencia Académica deberá adoptar las acciones académicas necesarias, para el cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, Comuníquese, Publíquese y Archívese.



DR. WASHINGTON ZEBALLOS GÁMEZ
PRESIDENTE



ABOG. GUILLERMO S. KUONG CORNEJO
SECRETARIO GENERAL

Presidencia
VIPAC
VIP
EPIAM
Interesado
Arch. (2)

INFORME N° 398- 2017-EPIAM/UNAM/FILIAL ILO



A : DRA. MARÍA ELENA ECHEVARRIA JAIME
VICEPRESIDENTA ACADÉMICA DE LA UNAM

DE : LIC. MARIO ROMÁN FLORES ROQUE
DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE ING. AMBIENTAL

ASUNTO : SOLICITO APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS MEDIANTE
ACTO RESOLUTIVO

REFERENCIA : INFORME N°003-2017-MRRC-EPIAM/FILIAL ILO

FECHA : Ilo, 29 de Noviembre del 2017

Mediante el presente me dirijo a usted, para saludarla cordialmente y a la vez en atención al documento en referencia, presentado por el Jurado Revisor de Tesis del candidato al Título Profesional el Sr. **LEONEL ALONSO PACCOSONCO SUCAPUCA** (Bachiller de la E.P. de Ingeniería Ambiental), donde aprueba por **UNANIMIDAD** el Proyecto de Tesis titulado "**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS EN EL ENTORNO DE LOS CENTROS DE EDUCACIÓN DEL DESTRITO DE ILO 2017-2018**", proyecto que deberá ser ejecutado en un plazo máximo de dos años conforme indica el Reglamento de Grados y Títulos de la UNAM.

Los miembros del **JURADO REVISOR DE TESIS**, están integrados de acuerdo al siguiente detalle:

- | | |
|--|------------------------------|
| ✓ Dr. Milko Raúl Rivera Campano | PRESIDENTE |
| ✓ Lic. Mario Román Flores Roque | PRIMER MIEMBRO DICTAMINADOR |
| ✓ Ing. Renee Mauricio Condori Apaza | SEGUNDO MIEMBRO DICTAMINADOR |
| ✓ Ing. Rodolfo Rafael Sánchez Valencia | ASESOR |

Por lo cual, se solicita a través de su despacho realice las gestiones necesarias para la **EMISIÓN DE LA RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN** del Proyecto de Tesis antes mencionado. Para cuya consecución adjunto los actuados de aprobación del Proyecto de Tesis en Original.

Es todo cuanto remito e informo a usted, para los trámites correspondientes.

Atentamente,



Lic. Mario Román Flores Roque
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
Director





UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
SECRETARIA GENERAL
RECIBIDO
04 DIC 2017
16:17
Nº REG. 1548
Folios: 441

Universidad Nacional de Moquegua
Vicepresidencia Académica

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

Moquegua, 30 de Noviembre del 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL MOQUEGUA
SECRETARIA GENERAL
RECIBIDO
01 DIC 2017
12:28 pm
Nº Reg. 5479
Firma: H.A. DILLADO

472

OFICIO N° 472-2017-VIPAC-CO/UNAM

SEÑOR:

Dr. WASHINGTON ZEBALLOS GAMEZ
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
Presente.-

ASUNTO : APROBACION DE PROYECTO DE TESIS, ASESOR, JURADO REVISOR DE TESIS

REFERENCIA : INFORME N° 398-2017-EPIAM/UNAM/FILIAL ILO

Mediante el presente es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y a la vez manifestarle que visto el documento de la referencia, presentado por el Lic. Mario Román Flores Roque Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, solicita la emisión de la respectiva resolución según el siguiente detalle:

1.- Aprobar el Proyecto 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", del Bachiller Leonel Alonso Paccosonco Sucapuca, se adjunta el Acta de Aprobación del Proyecto de Tesis.

2.- Asesor del Proyecto de Tesis:

• Asesor : Ing. Rodolfo Rafael Sánchez Valencia

3.- Jurado Revisor de Tesis:

• Presidente : Dr. Milko Raúl Rivero Campano
• Primer Miembro Dictaminador : Lic. Mario Román Flores Roque
• Segundo Miembro Dictaminador : Ing. Renee Mauricio Condori Apaza

Por lo expuesto, solicito a través de vuestro despacho la aprobación mediante acto resolutivo del Proyecto de Tesis, Asesor y jurado revisor de tesis.

Agradeciendo la atención al presente, hago propicia la ocasión para reiterarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
Dra. MARIA ELENA ECHEVARRIA JAIMÉ
VICEPRESIDENTA ACADÉMICA

PRESIDENCIA - UNAM Prev. 5479
Folios: 4 + 1 Anillado Pase a: 56
Fecha: 01 DIC. 2017 Para: SESION DE
COMISION ORGANIZADORA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
PRESIDENTE
-Firma

Adjunto (08) folios + 01 Anillado

MEEJVIPAC
masm./sec
Cc: Archivo.

Moquegua, Prolongación Calle Ancash S/N Telefax 053 – 461227 053 – 463514 Anexo (202) 053-461471

www.unam.edu.pe

Vice_presidencia@unam.edu.pe

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
SECRETARIA GENERAL
PROVEIDO :
FECHA :
PASE A : SRO
PARA :



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
Escuela Profesional de Ingeniería
Ambiental

"Año del buen Servicio al Ciudadano"

INFORME N° 003-2017-MRRC-EPIAM/FILIAL ILO

A : LIC. MARIO FLORES ROQUE
DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

DE : DR. MILKO RIVERA CAMPANO
PRESIDENTE JURADO REVISOR DE PROYECTO DE TESIS E.P. ING. AMBIENTAL FILIAL ILO

ASUNTO : ACTA FINAL DE PROYECTO DE TESIS

FECHA : Ilo, 28 de Noviembre del 2017

Mediante el presente me dirijo a usted, para saludarlo cordialmente y al mismo tiempo remitirle el Acta final de proyecto de Tesis Titulado; **"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"**, presentado por el Bachiller **LEONEL ALONSO PACCOSONCO SUCAPUCA**, el cual esta apto para su desarrollo y posterior sustentación, para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

En tal razón se remite el presente con la finalidad de hacer de conocimiento y posteriormente se derive a las instancias correspondientes para su cumplimiento según el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua.

Adjunto:
▪ Acta de Informe Final de Proyecto de Tesis



Atentamente,

DR. MILKO RAUL RIVERA CAMPANO
Presidente Jurado Revisor de Proyecto
Tesis de la
E.P. Ingeniería Ambiental de la UNAM-ILO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL
RECIBIDO
28 NOV 2017

HORA 11:55 am N° REC. FOLIO 02 Janillado

**ACTA DE INFORME FINAL DEL PROYECTO DE TESIS DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL DEL BACHILLER
LEONEL ALONSO PACCOSONCO SUCAPUCA**

En la ciudad de Ilo, en el Auditorio de UNAM Sede Ilo, siendo las 12:00 p.m. del día Lunes 13 de Noviembre del 2017, estando designado como jurado e integrado por los señores docentes: DR. MILKO RAUL RIVERA CAMPANO (Presidente), LIC. MARIO ROMÁN FLORES ROQUE (Primer Miembro), ING. RENEE MAURICIO CONDORI APAZA (Segundo Miembro), ING. RODOLFO RAFAEL SANCHEZ VALENCIA (Asesor) y candidato al TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL:

- BACHILLER LEONEL ALONSO PACCOSONCO SUCAPUCA

Seguidamente el Jurado procede a la revisión del Perfil del Proyecto de Tesis de Investigación Titulado "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", el Jurado Revisor de Tesis emite observaciones del proyecto las cuales fueron levantadas por el candidato al Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Terminando el acto de revisión los miembros del Jurado proceden a emitir un fallo **VIABLE** para su aprobación, desarrollo y posteriormente sustentación del Proyecto de Tesis, y el Jurado ha considerado que el Bachiller ha levantado las observaciones y ha respondido con conocimiento del tema, por tanto se aprueba por **UNANIMIDAD** dándosele a conocer al **CANDIDATO** para su ejecución en un tiempo de (02) años como indica el Reglamento de Grados y Títulos, siendo las 12:30 p.m. se dio por terminado la sesión en acto público firmando los miembros del jurado.

Ilo, 13 de Noviembre del 2017



DR. MILKO RAUL RIVERA CAMPANO
PRESIDENTE



LIC. MARIO ROMÁN FLORES ROQUE
PRIMER MIEMBRO



ING. RENEE MAURICIO CONDORI APAZA
SEGUNDO MIEMBRO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AMBIENTAL**



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

PROYECTO DE TESIS

PRESENTADO POR:

LEONEL ALONSO PACCOSONCO SUCAPUCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

ILO – PERU

2017

INDICE

I. DATOS GENERALES.....	3
II. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
Descripción de la Problemática.....	3
Formulación del Problema.....	5
Justificación e Importancia de la Investigación.....	5
Objetivos.....	6
Hipótesis.....	6
III. MARCO TEÓRICO.....	7
Antecedentes del estudio.....	7
Bases Teóricas.....	9
Definición de Términos.....	36
IV. MARCO METODOLÓGICO.....	39
Lugar de Ejecución.....	39
Tipo y Diseño.....	39
Nivel de Investigación.....	39
Operacionalización de Variables.....	39
Materiales y Equipos.....	40
Población y/o Muestra de Estudio.....	41
Metodología Experimental o Técnicas e Instrumentos.....	41
Diseño Experimental o Métodos y Técnicas para la Presentación y Análisis de Datos.....	46
V. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	46
Cronograma de Actividades.....	46
Recursos Humanos.....	46
Bienes.....	47
Servicios.....	47
Fuentes de Financiamiento y Presupuesto.....	48
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
VII. ANEXOS.....	60

I. DATOS GENERALES

1.1 Título

- “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”

1.2 Nombre del Autor

- Bach. Leonel Alonso Paccosonco Sucapuca

1.3 Localidad donde se realizará la investigación

- Distrito de Ilo, departamento de Moquegua

1.4 Asesor

- Asesor Principal: Ing. Rodolfo Rafael Sánchez Valencia
- Asesor Externo: Ing. Elmer Ticona Paucara

II. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Descripción de la Problemática

Las emisiones que se vierten a la atmosfera por las actividades antropogénicas del hombre ha provocado que la calidad de aire de muchas ciudades en el mundo sufra alteraciones y cambios, originando contaminación en el ambiente, reduciendo la calidad de vida de sus habitantes.

Nuestro país no es ajeno a este problema, por ello es que se estableció mediante el D.S N° 074-2001-PCM los primeros estándares de calidad de aire los cuales tenían por objetivo regular las concentraciones máximas permisibles de los siguientes contaminantes como son Dióxido de Azufre, Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno, Ozono, Plomo, Sulfuro de Hidrogeno y Material Particulado menor a 10 micras el cual es un polvo fino que al igual que el PM2.5 son imperceptibles por la ciudadanía perjudicando la salud de las

mismas, así mismo en el mismo D.S se establecieron 13 zonas prioritarias de atención por sus antecedentes de contaminación de su calidad de aire. Una de estas zonas prioritarias es la ciudad de Ilo, que, como se sabe por la presencia de la industria minera en el pasar de los años esta genero contaminación en el mismo. Es así que en nuestra ciudad se empiezan a realizar estudios y diagnósticos de la calidad de aire siendo uno de ellos el primer "Inventario de emisiones Cuenca Atmosférica de la ciudad de Ilo" desarrollado en el 2006, donde se identificaron las fuentes fijas y móviles de emisiones de los contaminantes anteriormente mencionados, para finalmente concluir con el plan de acción a limpiar el aire de Ilo que actualmente se encuentra en actualización. En la actualidad tanto la Municipalidad Provincial de Ilo y la Gerencia Regional de Salud vienen haciendo monitoreos de SO₂ y PM₁₀ respectivamente, los puntos de monitoreo son limitados, y también cabe mencionar que en muchas partes de la ciudad especialmente cerca a Centro de Educación se tiene como posibles fuentes de contaminación al parque automotor y otras fuentes fijas las cuales por el paso de los años se ha incrementado aritméticamente, razón por la cual se podría estar generando concentraciones de "PM₁₀" que sumados a las otras fuentes podrían ser dañinos para la salud de los estudiantes y población aledaña.

A sí mismo es importante resaltar que el 7 de Junio del presente año se aprobó un nuevo ECA para la calidad de aire el D.S. 003-2017-MINAM, en atención a este decreto supremo no se conoce estudio alguno asociado a la concentración de material particulado menor a 10 micras.

2.2 Formulación del Problema

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

¿En qué medida las fuentes antropogénicas y naturales alteran el comportamiento normal de la calidad del aire en el entorno de los centros de Educación del Distrito de Ilo?

2.3 Justificación e importancia de la Investigación

Muchos Centros de Educación se encuentran ubicadas dentro del área urbano, sometidos a posibles fuentes de contaminación atmosféricas 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). También este trabajo permitirá generar información del monitoreo de PM₁₀, el cual será usado en futuras investigaciones asociados al tema.

2.4 Objetivos

2.4.1 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

2.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un Plan de monitoreo en los Centros de Educación del Distrito de Ilo.
- Aplicar el protocolo de monitoreo nacional para PM₁₀
- Evaluar las concentraciones de material particulado menor a 10 micras con los Estándares de Calidad Ambiental.
- Determinar la concentración de metales pesados establecidos en el marco legal vigente.
- Recolectar y Analizar el comportamiento meteorológico de las zonas de estudio.
- Analizar las morbilidades asociadas a la calidad de aire por efecto del PM₁₀.
- Plantear medidas de mitigación y control del impacto de los contaminantes atmosféricos sobre el ambiente y la salud humana.

2.5 Hipótesis

- 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.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes del estudio

3.1.1 Nacional

Torres (2016), determinó la correlación de enfermedades respiratorias con las concentraciones de PM₁₀ en el distrito de la Victoria en los años 2012-2015, obteniendo como resultado que la concentración mínima de PM₁₀ fue de 82 µg/m³ y la máxima de 99 µg/m³, 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.

Soto (2015), determinó la calidad de aire por material particulado PM₁₀ en una vía pavimentada y una vía no pavimentada mediante monitoreo, utilizando el método gravimétrico; los resultados dieron a conocer que la concentración de PM₁₀ en la vía pavimentada tuvo un promedio de 453.68 µg/m³, mientras que en la vía no pavimentada tuvo un promedio de 444.80 µg/m³, llegando a la conclusión que ambas vías monitoreadas se encontraban en estado de alerta en referencia al PM₁₀ por cuanto superan los estándares de calidad de aire de 150 µg/m³ de material particulado.(D.S. 074-2001-PCM).

3.1.2 Internacional

Vivar (2014), evaluó la calidad de aire de la ciudad de Azogues, mediante la cuantificación de concentraciones de material particulado PM₁₀ 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 PM₁₀ durante el semestre de monitoreo fue de 70.3 µg/m³ el cual no superaba la norma ecuatoriana de la calidad de aire de 100 µg/m³, pero si sobrepasaba la dada por la Organización Mundial de la salud que establece un máximo de 50 µg/m³. La concentración de material particulado PM₁₀ supero la normativa ecuatoriana en el 14% de las determinaciones realizadas y el 70% de la norma de la OMS.

Miranda *et al.* (2008), evaluaron la relación de la concentración de material particulado PM₁₀ y la morbilidad en niños menores de 14 años por enfermedades respiratorias agudas en el municipio de Toluvié 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 período de latencia de mayor impacto corresponde al décimo día, es decir que una vez transcurridos diez días había un efecto directo de PM₁₀ a partir de 70 µg/m³ sobre los casos reportados de enfermedades respiratorias agudas, la concentración de PM₁₀ en el mes de Noviembre fueron superiores a 70 µg/m³ en comparación con el mes de Diciembre donde la concentración no supera los 70 µg/m³, finalmente la zona más expuesta a este contaminante en el municipio de Toluvié 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.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica se define como la acumulación en el aire de sustancias en concentraciones tales que provoquen daños provisionales o permanentes a los hombres, los animales, las plantas y los bienes (Caselli, 2000).

De los contaminantes que se emiten la atmósfera a nivel global vemos que cinco de ellos por si solos aportan más del 95% del total, estos contaminantes son: el monóxido de carbono (CO), el bióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los hidrocarburos y el material particulado (Caselli, 2000).

Martínez *et al.* (2004), define a la contaminación atmosférica como, la presencia en el aire de materia o de formas de energía que impliquen daño, riesgo o molestia grave para las personas y para los bienes de cualquier naturaleza.

3.2.2 Material Particulado

El material particulado (PM por sus siglas en inglés) es utilizado para describir pequeñas partículas sólidas y líquidas que están presentes en la atmósfera, en una fracción pequeña de tiempo (pocos minutos) o largos períodos (días o semanas). El material particulado se clasifican en diferentes tamaños que determinan su vida media en suspensión, siendo de especial interés las partículas menores a 10 micrómetros de diámetro (PM₁₀) ya que estos ocasionan serios problemas de salud que van desde irritación en las vías respiratorias hasta muertes prematuras en personas con problemas pulmonares y de corazón, el material particulado es el contaminante que más deteriora la calidad del aire, superando en algunas ciudades los estándares de calidad ambiental para PM₁₀ periodo de 24 horas (Ticona, 2017). El material particulado se puede emitir directamente a la atmósfera

a partir de distintas fuentes antropogénicas o naturales (partículas primarias), también puede ser producto de reacciones químicas de ciertos gases en la atmósfera o procesos de condensación (partículas secundarias). (Ticona, 2017).

Las partículas atmosféricas que están en suspensión tienen diámetros que varían desde unas pocas decenas de angstroms (Å) hasta algunos cientos de micrómetros (μm). Los tamaños de partículas se agrupan mediante rangos denominados modas (Ticona, 2017).

Figura 1 Descripción de los tamaños de muestra del material particulado

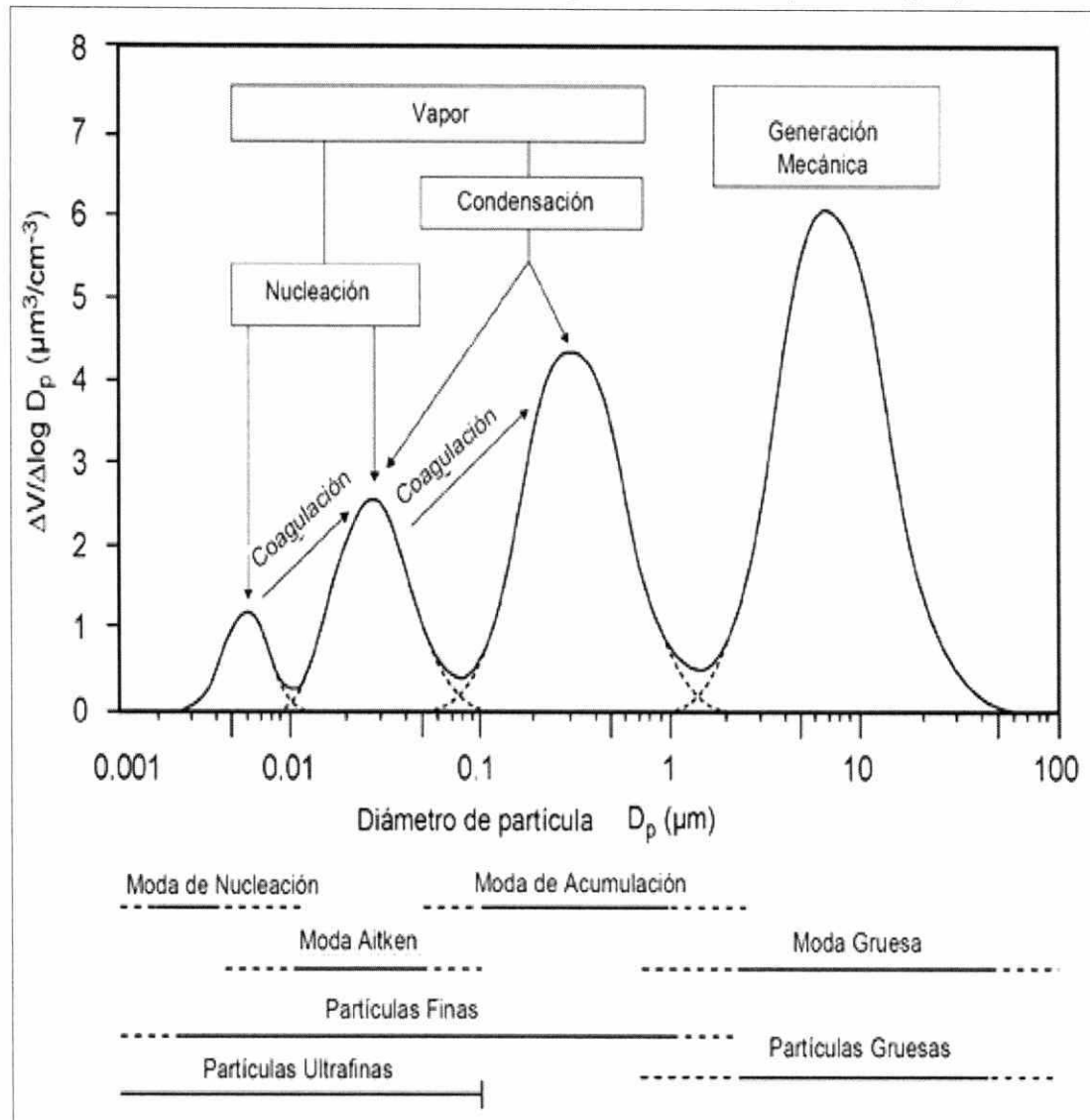
Moda	Tamaño de partícula	Características principales
Nucleación	$< 0.01 \mu\text{m}$	Formada por: - Condensación de vapores calientes de procesos de combustión. - Nucleación de especies atmosféricas.
Aitken	$0.01 \mu\text{m} - 0.1 \mu\text{m}$	Pueden tener un origen primario o secundario a partir de coagulación de partículas de la moda nucleación.
Acumulación	$0.1 \mu\text{m} - 2.5 \mu\text{m}$	Formada principalmente por coagulación de partículas de la moda nucleación y condensación de vapores sobre partículas existentes. El mecanismo de remoción atmosférica en esta moda es poco eficiente.
Grueso	$> 2.5 \mu\text{m}$	Formados por procesos mecánicos, incluyendo actividad antrópica y natural. Estas partículas tienen velocidades considerables de sedimentación, por ende se depositan fuera de la atmósfera en tiempos cortos.

Fuente: (Ticona 2017)

Las partículas menores a $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) son de especial interés dentro de las redes de calidad de aire y la epidemiología debido a su capacidad de ingresar al sistema respiratorio humano. En

el PM₁₀ se distingue una fracción fina, diámetros menores de 2.5 μm y una fracción gruesa, con diámetros entre 2.5 y 10 μm (Ticona, 2017).

Figura 2 Distribución en modas según el tamaño de partícula (μm)



Fuente: (Modificada, EPA 2004)

De acuerdo a la figura 2 se pueda observar las diferentes modas del material particulado, la moda de Nucleación comprende partículas con tamaños entre 0.005 – 0.1 μm y presenta el

máximo de densidad de partículas alrededor de $0.01 \mu\text{m}$ (Ticona, 2017). Menciona que los únicos precursores gaseosos con capacidad para formar partículas por nucleación homogénea en el ambiente son H_2SO_4 , NH_3 y H_2O . La vida media de estas partículas en la atmósfera es del orden de horas ya que coagulan rápidamente con otras partículas o incrementan de tamaño por condensación. (Ayora, 2004).

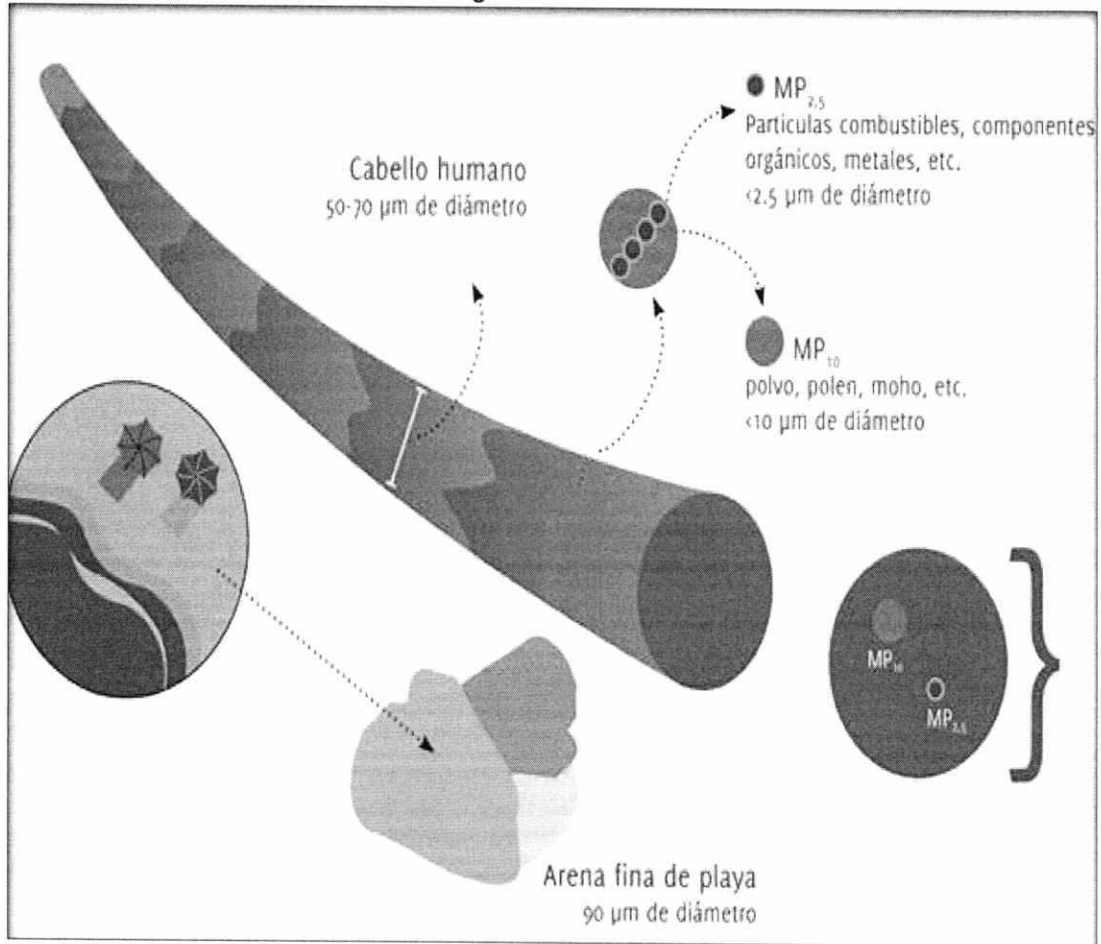
La moda Aitken pueden tener un origen primario (natural o antropogénico) o secundario (a partir de partículas de la moda de nucleación), todavía se sabe poco acerca de la composición química de estas partículas, aunque es muy probable que las de origen secundario se formen por procesos de coagulación a partir de la moda de nucleación, por condensación y/o por reacciones en fase líquida (con compuestos inorgánicos). La influencia de las emisiones antropogénicas en las partículas de la moda Aitken no está bien definida en la actualidad. (Ayora, 2004). Algunos autores distinguen la moda Aitken que incluiría las partículas con diámetro entre 0.01 y $0.1 \mu\text{m}$. (Ticona, 2017).

La moda de acumulación comprende partículas de tamaño entre 0.1 y $1 \mu\text{m}$. Algunas de estas partículas se eliminan en procesos lentos de deposición húmeda (Ticona, 2017). En la atmósfera, las partículas de la moda Aitken crecen hasta formar parte de la moda de acumulación por medio de reacciones en fase líquida que tienen lugar en gotas de aguas de las nubes. (Ayora, 2004).

La moda gruesa mayores a $1 \mu\text{m}$, en la calidad de aire y epidemiología comprende las partículas de diámetro mayores a $2.5 \mu\text{m}$. La mayor parte de estas partículas se forman por procesos mecánicos tales como la erosión de la superficie terrestre (material mineral) o de otros materiales, o por la

explosión de burbujas en la superficie de mares y océanos (aerosol marino) (Ayora, 2004).

Figura 3 Tamaño de las partículas PM₁₀ y PM_{2.5} comparados con el grosor de un cabello.



Fuente: (www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_1.pdf)

En la figura 3 nos muestra una comparación gráfica de los tamaños entre un cabello del ser humano con partículas menor a 10 y 2.5 micras.

3.2.3 Composición mineralógica química del material particulado.

El material particulado puede considerarse como un sistema complejo desde el punto de vista mineralógico y químico. Dependiendo de las zonas de muestreo (rurales, urbanas, industriales, fuentes naturales), la mineralogía y química global de las partículas es muy variada (Ticona, 2017). Se pueden considerar los siguientes grupos principales:

- Fracción mineral.
- Aerosol marino.
- Compuestos inorgánicos secundarios
- Compuestos orgánicos.

A estos grupos generales hay que añadir otros compuestos complejos derivados de las actividades volcánicas, los cuales aportan concentraciones anómalas desde un punto de vista geoquímico a la atmósfera (Ticona, 2017).

Estas partículas se caracterizan por su granulometría predominantemente gruesa, aunque dependiendo de la velocidad del viento pueden encontrarse partículas en el rango de las finas (Alfaro *et al.*, 1998). Su transporte puede alcanzar dimensiones intercontinentales, por ejemplo, aquellas partículas incluidas en las masas de aire procedentes del desierto del Sahara (Prospero, 1999; Rodríguez *et al.*, 2002) y del Gobi (Xuan *et al.*, 2002). Durante las erupciones volcánicas también se emiten partículas primarias que pueden alcanzar la estratosfera (Finlayson *et al.*, 2000; Duran *et al.*, 2010).

3.2.4 Contaminantes atmosféricos por metales pesados

Elementos como el Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Sn y Sb son emitidos 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 *et al.*, 2006, Aldave, 2011).

Los compuestos de azufre presentes en la atmósfera son principalmente sulfatos secundarios de granulometría muy fina, generados como resultado de la oxidación de precursores gaseosos. El 90% del sulfato presente en la atmósfera se origina por oxidación en fase líquida del SO₂ en las nubes.

Generalmente, el SO₂ es de origen antrópico, liberándose durante la combustión de carbón; no obstante, también puede tener un origen natural, procediendo en este caso de fuentes biogénicas, volcánicas y aerosoles marinos. (Moller, 1984; Friedrich *et al.*, 2009).

Por su parte los vehículos diesel 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 y van 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 frenos lo son el Sb, Cu, Mo, Cr, Ba y el Mn (Hopke *et al.*, 1980; Weckwerth, 2001).

La falta de pavimentación en las calles o avenidas ocasiona que el viento levante las partículas que por su tamaño pueden mantenerse en el aire y transportarse (Camacho, 2006). Los vehículos de gasolina con contenido de Pb, emiten cantidades significativas de Pb, Br y Cl particulado. El Pb se encuentra en la gasolina en forma de tetraetilo de plomo, un agente antidetonante y lubricante, el cual durante la combustión reacciona con los elementos depuradores di-cloroetileno y di-bromoetileno ($C_2H_4Cl_2$, $C_2H_4Br_2$), lo que produce este tipo de emisiones.

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, 2004). Según Schauer *et al.* (2006), el PM emitido por esta fuente 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 o Cl, entre otros, dependiendo de numerosos factores). El tráfico emite también algunos elementos traza como K, Pb, Br o Cl, procedentes del motor, (Pacyna, 1998) y Sb, Cu, Zn, Mo, Ba, Cd, Cr, Mn y Fe, de la erosión de frenos y neumáticos. (Pakkanen *et al.*, 2001; Sternbeck *et al.*, 2002; Harrison *et al.*, 2003; Uexküll *et al.*, 2005; Wahlin *et al.*, 2006).

Las fundiciones de cobre son una fuente importante de SO_2 y metales pesados en la atmósfera. (Gidhagen *et al.*, 2002; Beavington *et al.*, 2004; Carn *et al.*, 2007). El blíster de cobre se extrae a partir de minerales (sulfuros polimetálicos) por medio de un proceso de fusión, en el que azufre, hierro, cobre, arsénico y otros metales pueden ser liberados a la atmósfera. Los

productos principales de la fundición del material con cobre (pirita y calcopirita y blenda) son: mata, escoria y gas SO₂. El gas resultante contiene abundante SO₂ generado por las reacciones del proceso. También contiene niveles importantes de material particulado, el cual proviene de diversas fuentes como partículas pequeñas de concentrado que no reaccionó, gotas de mata o escoria que no sedimentó, elementos volátiles en el concentrado como arsénico, antimonio, bismuto y plomo, los cuales se han solidificado debido al enfriamiento del gas. El material particulado generalmente contiene entre 20-40% de cobre, lo cual hace que sea potencialmente valioso. Las impurezas del "blíster" de cobre incluyen, generalmente, oro, plata, antimonio, arsénico, bismuto, hierro, plomo, níquel, selenio, azufre, telurio, estaño y zinc (Matías, 2013).

A sí mismo, los fuegos artificiales además de pólvora, para conseguir los distintos efectos y colores, contienen mezclas con múltiples compuestos químicos como bario, estroncio, sodio, aluminio, antimonio, etc., estas concentraciones químicas de polvos finos y de compuestos colorantes metálicos pueden permanecer en el ambiente e incluso en el agua a lo largo de todo el país durante meses o incluso años. En Lima distrito de San Borja, la concentración de PM₁₀ en el Año Nuevo del 2012 entre las 0:00 y 01:00 horas fue de casi 5 veces más de lo permitido (de 62 a 305.1 µg/m³). Mientras que en Ate se mostraron valores inusuales a partir de las 19:00 hrs. de la víspera (105.3 µg/m³) y conforme se acercaba el recibimiento del 2012 se incrementó la concentración de material particulado, entre las 01:00 hrs y 08:00 hrs las concentraciones fluctuaron entre 535.5 y 724 µg/m³. (MINAM, 2013).

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 $> 20 \mu\text{m}$. Estos focos, aunque dan lugar a altos niveles de partículas (hasta $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}) son de influencia muy local. (Alastuey *et al.*, 2000).

El arsénico en el entorno natural, está presente en cantidades bastante 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. (Serbula *et al.*, 2010).

El arsénico es reconocido por ser un elemento cancerígeno (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, 2004), que produce diferentes tipos de cáncer como piel, pulmón y vejiga urinaria. (Englyst *et al.*, 2001; Cantor y Lubin, 2007). Además, estudios previos han demostrado que la exposición a arsénico causa otros efectos adversos para la salud como la diabetes mellitus y la hipertensión (Chen *et al.*, 2007; Coronado-González *et al.*, 2007), efectos respiratorios y cardiovasculares, efectos reproductivos y mutagénicos entre otros. (Mandal y Suzuki, 2002).

El antimonio, en su estado natural se halla presente como metal metamórfico junto con cobre y plomo y pasa a la atmósfera cuando se desgastan estos otros metales (Fernández, 2001), ya que se trata de un elemento muy volátil. El antimonio se emite al medioambiente 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). Este elemento se utiliza en la

obtención de compuestos de antimonio para la fabricación de compuestos contraincendios, esmaltes y pigmentos cerámicos (Minguillón *et al.*, 2007).

El antimonio es un elemento muy tóxico, la exposición industrial puede dar lugar a la irritación del tracto respiratorio y a la aparición de erupciones transitorias en la piel, sin embargo, la exposición a 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 y Fowler, 2007).

El bismuto, es un elemento escaso en la naturaleza, algunas veces se encuentra en los aerosoles marinos asociado al hierro (Fernández, 2001). El principal uso del bismuto está relacionado con la obtención de aleaciones de bajo punto de fusión, también se usa en termopares 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 y Sun, 2011), además de productos cosméticos como esmaltes de uñas y pintalabios (Emsley, 2003). 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 y Sexton, 2007).

El cadmio, puede tener un origen natural asociado a los procesos biológicos, la resuspensión de las partículas del suelo, las actividades volcánicas, los incendios forestales y la brisa marina. (Pacyna, 1998). 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 *et al.*, 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 *et al.*, 2001).

El 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 *et al.*, 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 y Salnikow, 2002), principalmente cáncer del tracto respiratorio.

El 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 Technical paper 2010/1).

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 hidroxapatita 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 *et al.*, 2005).

Los efectos de dichos metales se producen tanto, a través de la concentración de éstos en el aire como por su depósito al ser transferidos de la atmósfera a las diferentes superficies, incluido

el suelo, como consecuencia del fenómeno conocido como deposición atmosférica. (Ticona, 2017).

En la Universidad de Alicante desde el año 2004 se desarrolló un programa de vigilancia ambiental y seguimiento de los niveles de inmisión de SO₂ y partículas menores de 10 µm. La especie encontrada en mayor proporción en el material particulado fue el calcio y los carbonatos, seguidas de sulfatos y nitratos. De modo similar el 2005 en su Informe sobre análisis químico inorgánico del material particulado atmosférico inferior de 10 µm (Junio 2004 – Junio 2005) determinaron que las partículas de polvo procedentes del suelo contienen, principalmente, compuestos de calcio, aluminio y silicio. (Vigilancia de la Calidad del Aire Universidad de Alicante).

Salvador (2004), los procesos de tipo industrial capaces de generar partículas, son muy numerosos. Las mayores emisiones a la atmósfera de As, Cd, Cu, Ni y Zn tienen su origen en procesos pirometalúrgicos empleados en la producción de metales no-férricos, como el Pb, Cu y Zn. El tipo de tecnología empleada en las fundiciones, refinerías, etc., el contenido de metales en los minerales y demás materiales empleados y el tipo y eficiencia de control de emisiones son los parámetros que más afectan a la cantidad de las emisiones. Otro tipo de importantes fuentes antropogénicas de metales están relacionadas con procesos desarrollados a altas temperaturas en el manufacturado del hierro y acero y en la producción de cemento, cerámicas o ladrillos.

3.2.5 Marco legal Nacional e Internacional.

a) Marco Nacional: Desde el 7 de Junio del presente año se aprobó el D.S 003-2017-MINAM, ECA para el aire, el cual ya está en vigencia.

Tabla N° 1 Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	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 ($\text{PM}_{2.5}$)	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 frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	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 003-2017-MINAM).

b) Marco Internacional

Tabla N° 2 Estándares de Calidad de Aire Ambiental de la Organización Mundial de la Salud

Parámetro	Periodo	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras ($\text{PM}_{2.5}$)	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: (Organización Mundial de la Salud).

Tabla N° 3 Estándares de Calidad de Aire Ambiental del EPA

Parámetro	Periodo	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	Media aritmética anual	100
	1 hora promedio	235
Ozono (O_3)	8 horas promedio	157
Plomo (Pb)	Promedio cuatrimestral	1.5
Partículas con diámetro de 10 micras o menos (PM_{10})	Media aritmética anual	50
	24 horas promedio	150
Partículas diámetro de 2.5 micras o menos ($\text{PM}_{2.5}$)	Media aritmética anual	15
	24 horas promedio	65

Fuente: (Agencia de Protección Ambiental, EPA).

Table N° 4 Estándares de Calidad de Aire Ambiental para México

Parámetro	Periodo	Valor (ppm o $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas una vez al año	0.13 ppm
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 hora una vez al año	0.21 ppm
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas una vez al año	11 ppm
PM menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas una vez al año	$150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: (Segundo Informe sobre la Calidad del Aire en ciudades Mexicanas. Instituto Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental – Agencia de Cooperación Internacional del Japón. México 2000).

Tabla N° 5 Normas de Calidad del Aire para el estado de California

Parámetro	Periodo	Valor (ppm o $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dióxidos de Azufre (SO_x)	1 hora	0.25 ppm
	Promedio anual aritmético	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Partículas con diámetro de 10 micras o menos (PM_{10})	24 horas	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	Promedio anual aritmético	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Partículas diámetro de 2.5 micras o menos ($\text{PM}_{2.5}$)	Promedio anual aritmético	$12 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: (<http://www.aqmd.gov/smog/AirQualityData.html>. Última visita, Febrero 18 de 2006).

Tabla N° 6 Normas de Calidad del Aire en la Unión Europea

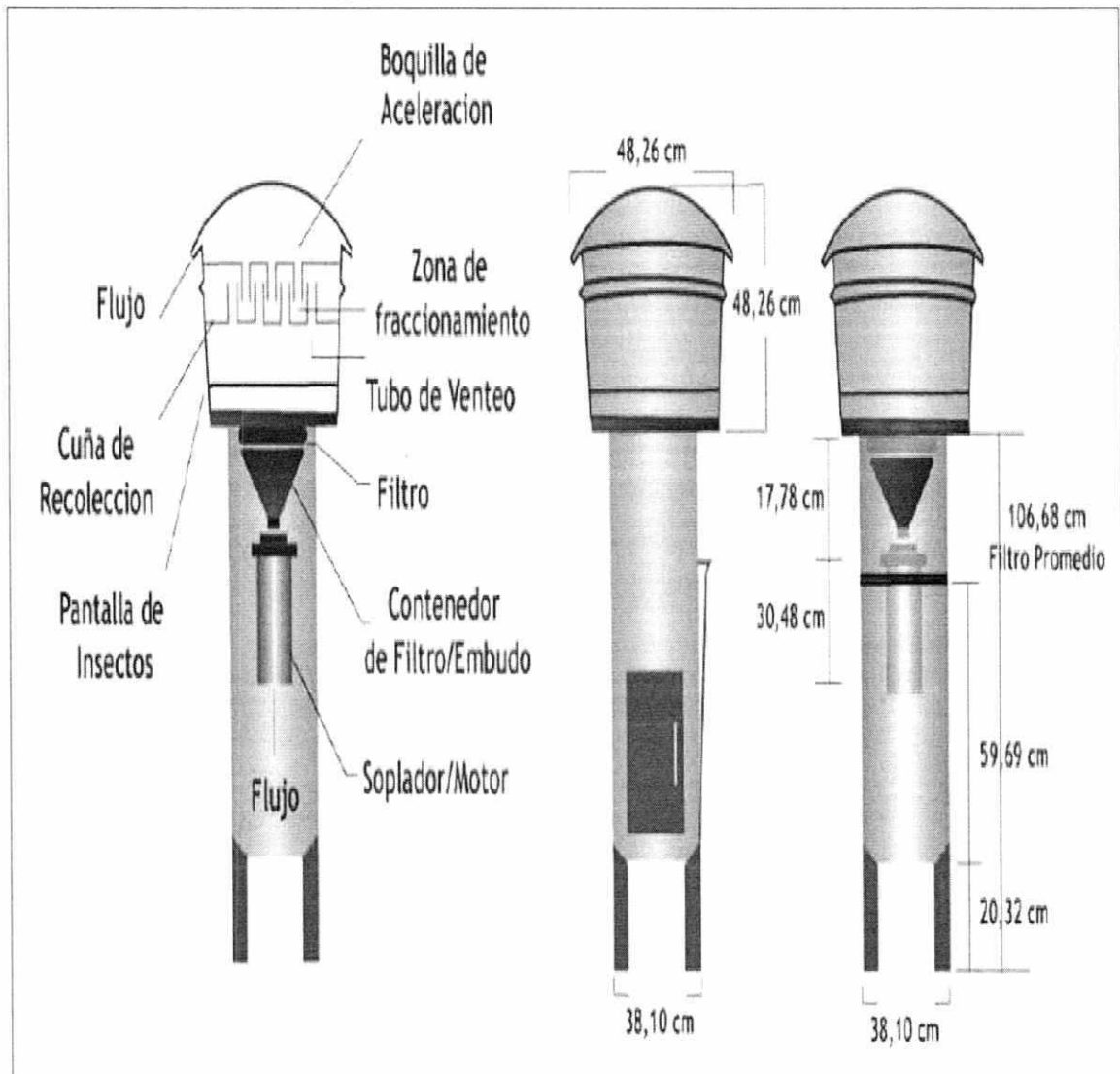
Parámetro	Periodo	Valor (mg/m^3 o $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dióxidos de Azufre (SO_x)	1 hora	$350 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	$125 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxidos de Nitrógeno (NO_x)	1 hora	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	1 año	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Partículas diámetro de 2.5 micras o menos ($\text{PM}_{2.5}$)	1 año	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Partículas con diámetro de 10 micras o menos (PM_{10})	24 horas	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	1 año	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: (<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>)
(Agencia Europea de Medio Ambiente)

3.2.6 Equipo muestreador de alto volumen High Vol PM₁₀.

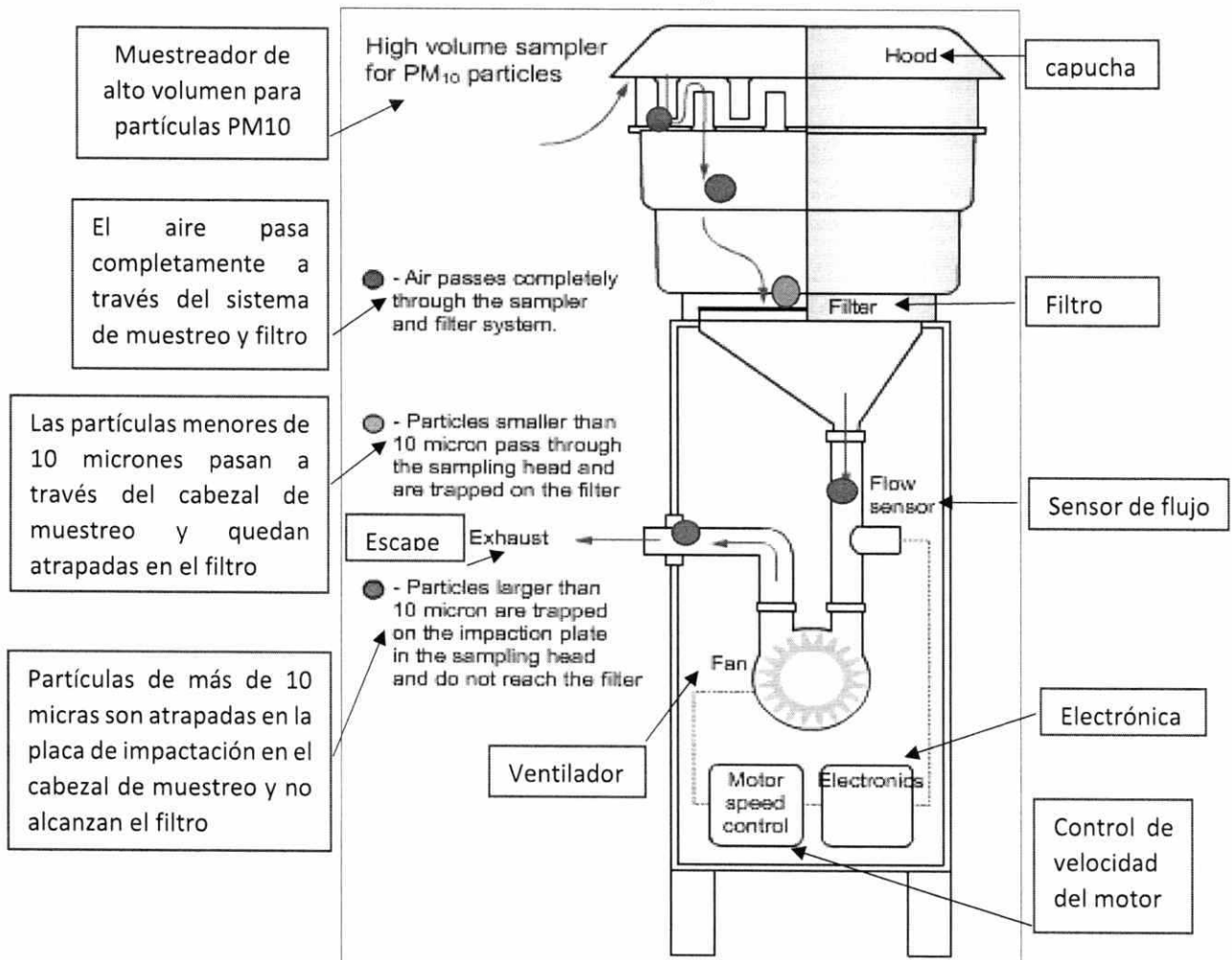
A continuación, se muestra los principales componentes del muestreador de alto Volumen para Material particulado menor a 10 micras.

Figura 4 Muestreador de alto Volumen PM₁₀



Fuente: (http://legal.legis.com.co/document?obra=legcol&document=legcol_9530a04d5ef3b0c0e0430a010151b0c0)

Figura 5 Funcionamiento del muestreador de alto volumen para PM₁₀



Fuente: (<http://calidad-aire.blogspot.pe/p/calidad-del-aire.html>)

3.2.7 Factores que contribuyen a dañar la salud de las personas

a) Factores Meteorológicos: A mayor altitud, la presión parcial de oxígeno disminuye y, en compensación, la inhalación aumenta. En el caso de los contaminantes gaseosos, no se espera ningún aumento en los efectos respecto a aquellos esperados en el nivel del mar como resultado del aumento de la inhalación, ya que las presiones parciales de los gases contaminantes disminuirán a la par que la del oxígeno. Por otro lado, en

el caso de las partículas, los mayores volúmenes de inhalación darán lugar a la ingesta de un mayor número de partículas transmitidas por el aire, lo cual probablemente altere la deposición. Cabe la posibilidad de que existan diferencias entre los efectos en aquellos que siempre hayan vivido en zonas altas y aquellos que recién lo hacen (Ticona, 2017).

La temperatura tiene un efecto importante en la salud y esto ha demostrado ser un factor de confusión importante al examinar los efectos de los contaminantes del aire. La curva de la relación entre temperatura ambiental y enfermedad tiene forma de U o V, con un aumento del exceso de mortalidad diaria en condiciones tanto frías como cálidas. (Ticona, 2017).

Las poblaciones locales tienden a aclimatarse a las condiciones locales y enfrentan mejor los cambios de temperatura que los inmigrantes de otros países. El efecto de las temperaturas bajas en el invierno es más marcado en los países con climas templados que en los países mucho más fríos. Los volúmenes inhalados aumentan con el calor y, por lo tanto, también la ingesta de contaminantes. Además, los días cálidos impulsan a las personas a pasar mayor tiempo al aire libre, lo que puede alterar los modelos de exposición personal. De hecho, vivir durante la temporada de calor en casas bien ventiladas, donde las puertas y ventanas se pueden abrir, puede disminuir la exposición a los contaminantes de interiores y aumentar la exposición a fuentes externas. (Ticona, 2017).

Es probable que la humedad no cause un efecto significativo en la toxicidad de los contaminantes

gaseosos, y puede reducir los efectos de algunas partículas al permitir el crecimiento higroscópico del tamaño de la partícula antes de la inhalación y, por lo tanto, alterar los modelos de deposición desde las vías respiratorias inferiores hasta las vías respiratorias superiores en el pulmón. (Ticona, 2017).

b) Factores Demográficos: La distribución de la población por grupos de edad varía notablemente de un país a otro. Las personas mayores tienden a ser más susceptibles a la contaminación del aire debido al funcionamiento limitado de sus mecanismos fisiológicos de defensa, a sus menores reservas fisiológicas y al aumento de la prevalencia de enfermedades. Los niños muy pequeños también pueden estar en mayor riesgo debido a que sus mecanismos de defensa todavía están en desarrollo, a las mayores tasas de ventilación por unidad de masa corporal y a que tienden a pasar más tiempo al aire libre que los adultos. (Ticona, 2017).

3.2.8 Efectos del material particulado en la salud

Según estimaciones de 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3 millones de defunciones prematuras; esta mortalidad se debe a la exposición a pequeñas partículas de 10 micrones de diámetro (PM_{10}) o menos, que pueden causar cardiopatías, neumopatías y cáncer (Organización Mundial de la Salud).

Las partículas más perjudiciales para la salud son los de 10 micrones de diámetro, o menos ($\leq PM_{10}$), que pueden penetrar y alojarse en el interior profundo de los pulmones. La exposición crónica a las partículas agrava el riesgo de desarrollar cardiopatías y neumopatías, así como cáncer al pulmón. (OMS).

Figura 6 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: fagocitosis 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	
Ozono (O ₃)	Disminución de frecuencia respiratoria y disminución de CVF y VEF ₁ Alveolitis neutrofilica, aumento de permeabilidad e hiperreactividad bronquial Alteración del epitelio alveolar (células tipo II)	Daño de células epiteliales, "bronquiolización" alveolar Disminución del desarrollo de CVF y VEF ₁
Dióxido de azufre (SO ₂)	Obstrucción bronquial Hipersecreción bronquial	Bronquitis crónica
Dióxido de nitrógeno (NO ₃)	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: (Oyarzún, 2010)

Figura 7 Efectos no respiratorios de los contaminantes atmosféricos

Órganos / Sistemas	Contaminantes	Efectos
Cardiovascular	Material particulado	Disminución de la variabilidad en la frecuencia cardíaca 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: (Oyarzún, 2010)

3.2.9 Modelos sobre estimación de contaminantes atmosféricos.

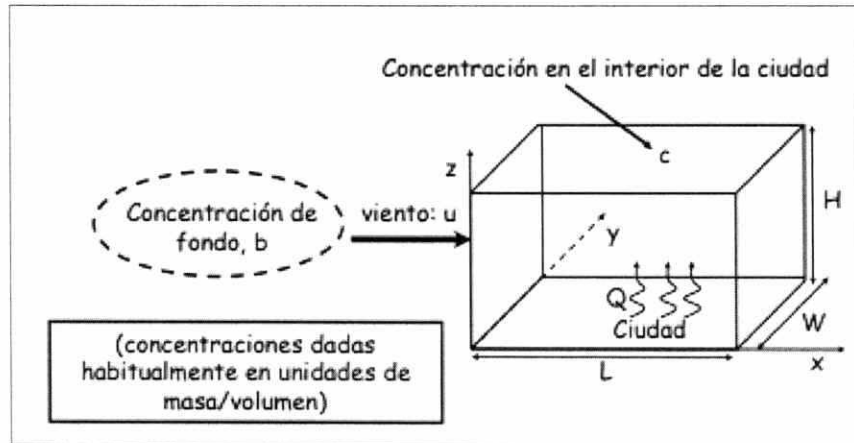
- a) Modelos de celda fija estacionaria y no estacionaria: Estos modelos son los más simples y aquellos que se utilizan en el caso de estudiar una emisión difusa o no puntual. El caso típico es el de una ciudad donde la fuente principal de contaminación es el tráfico rodado. (EPA).

Los modelos de celda fija parten de asumir las siguientes hipótesis esenciales:

- La ciudad es un rectángulo de dimensiones (W) y (L), con uno de sus lados paralelo a la dirección del viento (L).
- La turbulencia atmosférica produce la mezcla completa de los contaminantes hasta la altura de mezclado (H), y no hay mezcla por encima de esa altura, con lo que se puede asumir que la concentración en la celda es homogénea en el espacio y de valor (C).
- El viento sopla con velocidad (u) en la dirección (x), con fuerza independiente del tiempo y de la elevación sobre el suelo.
- La concentración de contaminante que entra en la ciudad ($x=0$) es constante (e) igual a (b) (concentración de fondo).
- El índice de emisiones por unidad de área es (q) (por ejemplo, en $g \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$), con lo que la emisión total es (Q)= $q \cdot A$, siendo (A)= $W \cdot L$ el área de la ciudad. El índice de emisiones no varía ni con el tiempo ni con el viento.
- Ningún contaminante entra o sale por los lados perpendiculares a la dirección del viento.

- Donde dc/dt es la derivada de la concentración de contaminante con respecto al tiempo

Figura 8 Ilustración del modelo de celda estacionaria



Fuente: (EPA)

En todo modelo de celda se puede establecer un balance de materia general que se expresa como:

Figura 9 Balance de materia general

$$\underbrace{u b W H + q W L}_{\text{entra}} - \underbrace{c u W H}_{\text{sale}} = \underbrace{W H L}_{\text{se acumula}} \frac{dc}{dt}$$

Fuente: (EPA)

Los dos primeros términos corresponden al flujo de contaminante que entra en la celda en gramos/segundo (arrastrado por el viento y debido a la emisión de contaminante dentro de la celda) y el tercero al flujo de contaminante que arrastra el viento fuera de la celda (EPA)

a.1) Modelo de celda fija estacionaria: En el modelo de celda fija estacionaria, se supone que se ha alcanzado una situación de estado estacionario en el que la concentración es independiente del tiempo (C_e) y por tanto la derivada de la concentración es cero. (EPA). El balance de materia se reduce a:

$$ubWH + qWL - uC_eWH = 0 \rightarrow C_e = b + \frac{qL}{uH} \quad (1)$$

De la ecuación (1) se deduce que la concentración será mayor cuanto más larga se la ciudad en la dirección del viento. Además, esta es independiente de la anchura de la ciudad. (EPA)

Cuando las condiciones meteorológicas cambian, se establece una concentración de equilibrio media que se determina en función del tanto por ciento de tiempo que el sistema se encuentre en la condición (i) (EPA) según:

$$\bar{C}_e = \sum_i f_i \cdot [C_e]_i \quad (2)$$

El modelo de celda estacionaria se utiliza en numerosas ocasiones para estimar en cuanto han de recortarse las emisiones ($q_1 \rightarrow q_2$) para que la concentración de contaminante se reduzca en cierto valor ($C_1 \rightarrow C_2$). (EPA), Es fácil deducir a partir de la ecuación (1) que la expresión que permite obtener el nuevo índice de emisiones es:

$$q_2 = q_1 \frac{C_2 - b}{C_1 - b} \quad (3)$$

a.2) Modelo de celda fija no estacionaria: La otra versión del modelo de celda, la llamada celda no estacionaria, es suponer que la concentración de contaminante no se puede considerar constante dentro de la celda y que éste se acumula (derivada positiva) o va desapareciendo (derivada negativa). Un caso típico es cuando se está produciendo un escape y se quiere saber de cuánto tiempo se dispone antes de que la concentración de una determinada sustancia alcance cierto umbral. (EPA)

El balance de materia en este caso es:

$$ubWH + qWL - uC_eWH = WLH \frac{dC}{dt} \rightarrow \frac{C_e - C(t)L}{C_e - b} = \exp\left(-\frac{ut}{L}\right) \quad (4)$$

Es así que se puede comprobar que el modelo de la celda fija no es más que un caso particular del modelo de la celda no estacionaria en el que $t = \infty$ (EPA)

3.2.10 Software para análisis de datos del monitoreo ambiental

a) 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. (www.weblakes.com).

b) 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 (<http://www.geosoluciones.cl/surfer/>)

3.3 Definición de términos

3.3.1 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. (Protocolo de monitoreo y gestión de datos, 2005)

3.3.2 Contaminante primario: Contaminante emitido a la atmosfera a partir de una fuente identificable por ejemplo CO, NO_x, HC, SO₂ y partículas. (Protocolo de monitoreo y gestión de datos, 2005)

3.3.3 Contaminante secundario: Contaminante que se forma por reacción química en la atmosfera, por ejemplo, el ozono. (Protocolo de monitoreo y gestión de datos, 2005)

3.3.4 Calibración: Valoración de la precisión de las mediciones que reporta un instrumento al compararlo con un estándar independiente. (Vivar, 2014)

3.3.5 Coagulación: Supone la transformación de un fluido en una sustancia pastosa y densa. (<https://definicion.de/coagulacion/>)

3.3.6 Condensación: es el cambio en la materia de una sustancia a una fase más densa, como por ejemplo de gas (o vapor) a líquido. (<http://www.ciclohidrologico.com/condensacin>)

3.3.7 Emisión: Salida de contaminantes hacia el ambiente a partir de una fuente fija o móvil. (Protocolo de monitoreo y gestión de datos, 2005)

3.3.8 Estándar de calidad de aire: La máxima concentración de una sustancia potencialmente toxica que puede permitirse en un componente ambiental durante un periodo definido. (Protocolo de monitoreo y gestión de datos, 2005)

3.3.9 Fuente fijas: Aquellas establecidas en un lugar determinado y su emisión se produce siempre en el mismo lugar. (Protocolo de monitoreo y gestión de datos, 2005)

3.3.10 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. (Protocolo de monitoreo y gestión de datos, 2005)

3.3.11 Muestra: Parte seleccionada que se separa de un conjunto y que se considera representativa del mismo conjunto al que pertenece. (Protocolo de monitoreo y gestión de datos, 2005)

3.3.12 Muestreador: Equipo que consiste de una entrada, un soporte de filtro, un movilizador de aire, un controlador de flujo y un cronometro. (Vivar, 2014)

3.3.13 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 ft³/min a 40 ft³/min y por un periodo de 24 horas. (Vivar, 2014)

3.3.14 Moda: Es una medida de tendencia central que indica el valor que más se repite en un grupo de números (<http://es.plusmaths.com/la-moda-estadistica.html>)

3.3.15 Nucleación: Formación de un núcleo o partícula inicial con las propiedades de un cristal, a partir de la cual ya puede crecer. (<http://recursos.cnice.mec.es>)

3.3.16 Partícula: Masa pequeña discreta de materia sólida o líquida. (Protocolo de monitoreo y gestión de datos, 2005)

3.3.17 PM₁₀: Material particulado cuyas partículas tienen un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrones. (Vivar, 2014)

3.3.18 PM_{2.5}: Material particulado, cuyas partículas tienen un diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrones. (Vivar, 2014)

3.3.19 Protocolo: Conjunto ordenado de reglas o procedimientos que se siguen para llevar a cabo una función determinada. (Protocolo de monitoreo y gestión de datos, 2005)

IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1 Lugar de Ejecución

- Distrito de Ilo, región de Moquegua, Perú.

4.2 Tipo y diseño

Cuadro N°1 Tipo y diseño de la investigación

Tipo	Correlacional
	Cuantitativa
Diseño	Longitudinal
	No experimental

Fuente: Propia del autor

4.3 Nivel de investigación

Cuadro N° 2 Tipo de nivel de investigación

Nivel	Descriptiva, Analítica
-------	------------------------

Fuente: Propia del autor

4.4 Operacionalización de variables

La distribución de los Centros de Educación, muestran viabilidad para instalar equipos de monitoreo ambiental y a la vez se encuentran dentro de la zona urbana del Distrito de Ilo, lo que implica que podría encontrarse expuestas a un mayor impacto ambiental asociado a las emisiones atmosféricas generado por las fuentes mencionadas.

Cuadro N° 3 Variables

Variable Independiente	-Concentración del contaminante $PM_{10} < 10$ micras
Variable Dependiente	-Calidad de Aire en relación al $PM_{10} < 10$ micras en el entorno de los Centros de Educación

Fuente: Propia del autor

4.5 Materiales y equipos

4.5.1 Materiales

- Libreta de campo
- Hoja bond A4
- Lapiceros
- Estabilizador
- Extensiones eléctricas
- Carpa de dormir
- Guantes quirúrgicos
- Plano de ubicación
- Desarmador estrella
- Cintas de seguridad
- Conos de seguridad

Consumibles

- Bolsas Ziploc
- Sobre manila A4
- Carbones
- Filtros de fibra de cuarzo
- Silicona

4.5.2 Equipos

- Muestreador de Alto Volumen (High Vol PM₁₀)
- GPS
- Cámara digital
- Balanza analítica digital.
- Desecador o Estufa
- Estación meteorológica con sensores de temperatura, humedad, velocidad, dirección del viento, presión atmosférica.
- Laptop
- Movilidad (Camioneta)

4.6 Población y/o muestra de estudio

La muestra de estudio abarcará 12 Centros de educación, los cuales, según criterios de población estudiantil, flujo de vehículos, presencia de fuentes fijas de emisiones y representatividad dentro del Distrito de Ilo, serán escogidas.

4.7 Metodología Experimental o Técnicas e instrumentos

La metodología que se aplicará en el presente trabajo de investigación se basa en la normativa peruana (Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de datos de la Dirección General de Salud Ambiental del 2005). Consiste en emplear filtros de microfibra de cuarzo los cuales se ubicarán dentro del equipo muestreador de alto volumen (High Vol PM₁₀) que tiene un motor instalado en su interior el cual absorberá el aire del ambiente, este será conducido a una malla donde quedaran retenidas las partículas mayores a 10 micras, y las partículas menores a 10 micras pasaran al filtro de fibra de cuarzo. Al cabo de 24 horas de monitoreo el filtro se retirará del equipo, y haciendo uso del método gravimétrico se determinará la concentración del material particulado.

4.7.1 Calibración del equipo

Se hará la calibración correspondiente del equipo "High Vol PM₁₀" para la obtención de datos confiables.

4.7.2 Instalación del equipo

- El equipo se transportará cuidadosamente al sitio de monitoreo.
- El equipo se colocará a una altura de entre 1.5 a 4 metros sobre el piso.

- El equipo se colocará a 10 metros de árboles, edificios, para asegurar el flujo apropiado de aire.
- El equipo se asentará sobre losa de concreto para su estabilidad.
- El equipo se anclará o atornillará a la plataforma del sitio si el lugar lo amerita.
- Se verificará que la toma de corriente eléctrica sea de 220 V, y así mismo se usará un estabilizador de voltaje eléctrico.

4.7.3 Determinación de concentración del PM₁₀

Para este procedimiento se seguirán estrictamente las buenas prácticas de laboratorio.

- Se emplearán guantes quirúrgicos para la manipulación de los filtros, para así evitar la contaminación de ellos.
- Los filtros limpios como los que contienen muestra, se acondicionarán dentro de un desecador durante 24 horas, luego de este tiempo se procederán a sus pesajes respectivos.
- Se usará vestuario adecuado (mandil y guantes) para evitar la contaminación de los filtros a utilizarse.

4.7.4 Tratamiento previo del filtro blanco

- Primero se hará una inspección del filtro, para detectar huecos, roturas e irregularidades que indiquen desechar el filtro y usar otro.
- Se colocará el filtro limpio cuidadosamente con una pinza en el interior del desecador por un lapso de 24 horas.
- Luego se sacará el filtro del desecador empleando la misma pinza y se procederá a obtener su peso inicial con ayuda de una balanza analítica digital.

- Después se colocará el filtro ya pesado en el folder manila rotulado y estará listo para ser utilizado en el equipo muestreador de alto volumen "High Vol PM₁₀".
- Una vez en el sitio de monitoreo, se levantará el cabezal del equipo muestreador colocando sus soportes para su seguridad, se inspeccionará la malla del interior del cabezal
- Se aflojarán las cuatro tuercas que sujetan al portafiltros, en un ambiente hermético o cerrado se le colocara el filtro que está en el folder manila rotulado y con la ayuda del bastidor nuevamente el portafiltro retornara al equipo evitando el contacto con el ambiente.
- Una vez el portafiltro esté en su posición se apretará las cuatro tuercas en forma diagonal para asegurar una compresión uniforme.
- Se verificará que las conexiones eléctricas este adecuadamente en su posición, y se encenderá el equipo con la programación correspondiente, pasado 10 minutos se hará una medición con el manómetro del equipo, así mismo se volverá a tomar la medida 10 minutos antes de culminar el monitoreo de 24 horas, finalmente se apagará el equipo.

4.7.5 Tratamiento de filtro con muestra

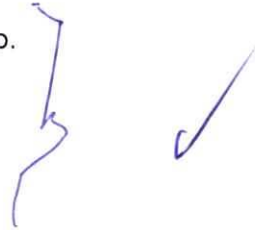
- El filtro que ya contiene la muestra será retirado con el portafiltro y se lo trasladará al laboratorio.
- El filtro se volverá a introducir al desecador por un lapso mínimo de 24 horas.
- Pasada las 24 horas, se retirará el filtro del desecador y será pesado en la balanza analítica para la obtención del su peso final.

- La diferencia entre el peso inicial y final del filtro permitirá obtener la masa neta que gana la muestra.
- El dato obtenido permitirá hacer el cálculo para hallar la concentración de PM₁₀ en µg/m³.

4.7.6 Medición de variables meteorológicas

Durante el monitoreo se medirán las siguientes variables meteorológicas:

- Velocidad y dirección del viento.
- Humedad relativa.
- Temperatura.
- Presión atmosférica.



4.7.7 Registro de datos en campo

Durante el monitoreo también se tomarán a través de una cadena de custodia en la cual se considerará.

- Fecha y hora de monitoreo.
- Coordenadas UTM del sitio de monitoreo.
- Numero de filtro y peso inicial
- Nombre de la persona encargada del monitoreo.
- Breve descripción del ambiente (despejado, lluvioso, ventoso, etc.)
- Breve descripción de condiciones exteriores del sitio (presencia de vehículos, edificios, arboles, etc.)
- Nombre del punto de monitoreo.
- Algunas otras observaciones.

4.7.8 Frecuencia y cantidad de puntos de estudio

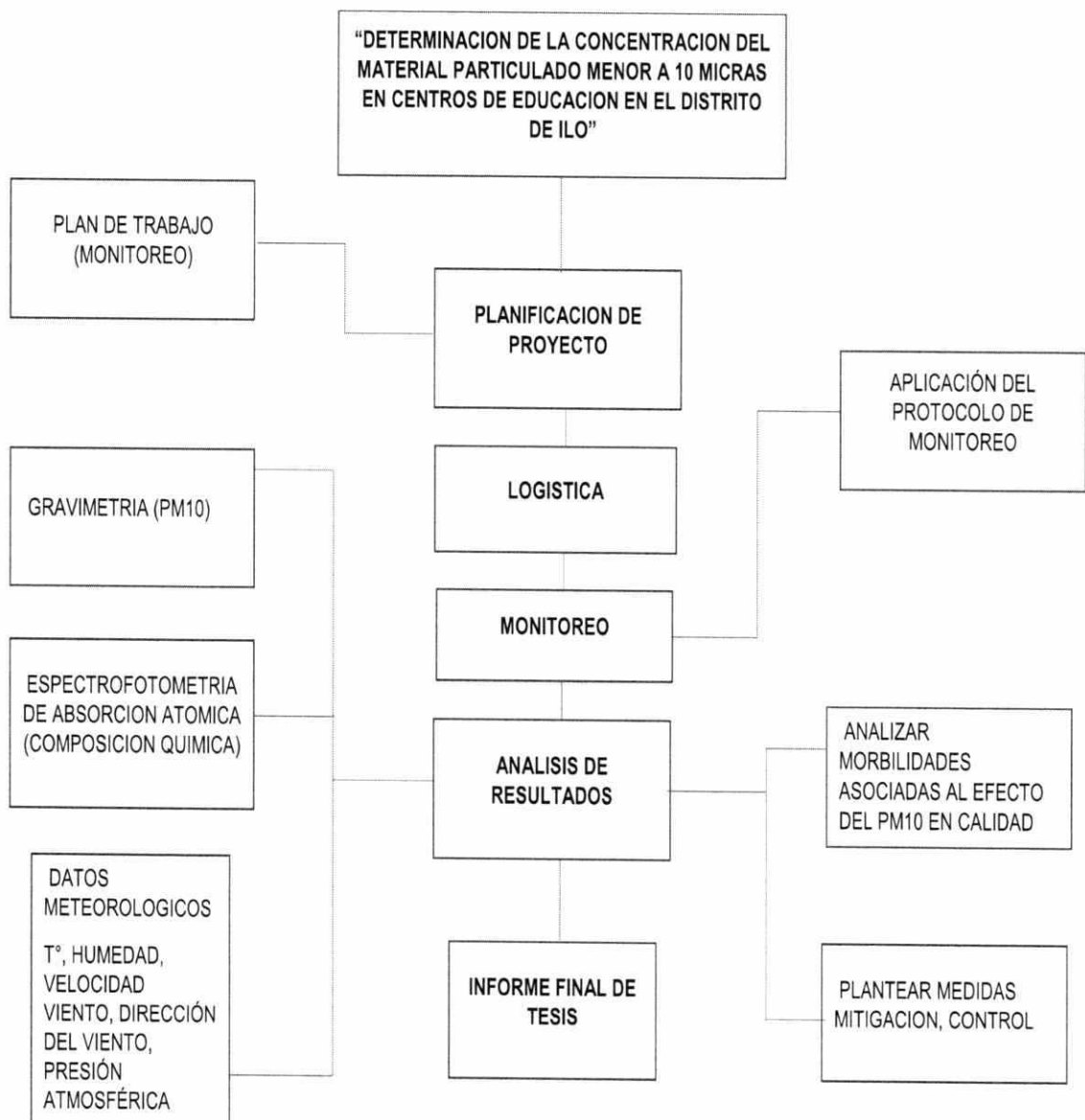
En el proyecto de investigación se ha considerado tomar 12 puntos de estudio con una frecuencia de 2 monitoreos por punto.

Cuadro N° 4 Frecuencia de monitoreo

Contaminante atmosférico	Material particulado menor o igual a 10 micras																							
Centros de Educación	I.E 1		I.E 2		I.E 3		I.E 4		I.E 5		I.E 6		I.E 7		I.E 8		I.E 9		I.E 10		I.E 11		I.E 12	
Filtros /monitoreo	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

Diagrama de Flujo del desarrollo de la investigación



Fuente: Propia del autor

4.8 Diseño Experimental o Métodos y técnicas para la presentación y análisis de datos

Los datos obtenidos en la ejecución de la investigación se analizarán con una estadística paramétrica, Análisis de Varianza (ANOVA), software Surfer como WRPLOT para concentraciones de PM₁₀ y variables meteorológicas.

V. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

5.1 Cronograma de actividades

Cuadro N° 5 Cronograma

ACTIVIDAD	Mes1	Mes2	Mes3	Mes4	Mes5	Mes6	Mes7
Elaboración y presentación del plan de investigación							
Gestionar la logística y permisos para desarrollar la investigación							
Ejecución de la investigación							
Levantamiento de información asociado a la investigación							
Análisis, interpretación y elaboración de informes							
Presentación de informe tesis							

Fuente: Propia del autor

5.2 Recursos Humanos

Cuadro N° 6 Recurso profesional

Recurso Humano	Descripción	Cantidad
Asesor principal (Ing. Químico)	Especialista en el tema de investigación	01
Asesor Externo (Ing. Geofísico)	Especialista en el tema de investigación	01
Consultor Medico (otorrinolaringólogo)	Especialista en el tema de investigación sector salud	01
Bach. Ingeniería	Ejecutor de la investigación	01

Fuente: Propia del autor

5.3 Bienes

Cuadro N° 7 Material fungible

N°	Material
1	Libreta de campo
2	Hoja bond A4
3	Lapiceros
4	Carpa de dormir
5	Bolsas Ziploc
6	Sobre Manila A4
7	Silicona
8	Guantes quirúrgicos
9	Filtro de cuarzo
10	Carbones
11	Plano de ubicación
12	Desarmador estrella
13	Cinta de seguridad
14	Conos de seguridad

Fuente: Propia del autor

5.4 Servicios

Cuadro N° 8 Servicios a utilizar

N°	Equipos y servicios
15	Estabilizador de voltaje eléctrico
16	Extensiones eléctricas
17	Muestreador de alto volumen (High Vol PM ₁₀)
18	GPS
19	Cámara digital
20	Balanza analítica
21	Desecador o estufa
22	Estación meteorológica con sensores de temperatura, humedad, velocidad, dirección del viento, presión atmosférica.
23	Laptop
24	Movilidad (Camioneta)

Fuente: Propia del autor

5.5 Fuentes de financiamiento y presupuesto

El financiamiento de la presente investigación en su mayoría será autofinanciado con recursos propios del tesista, así mismo algunos equipos serán solicitados en calidad de apoyo a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Filial Ilo

Cuadro N° 9 Presupuesto de Equipos y Materiales

N°	Equipos y Materiales	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Materiales					
1	Libreta de campo	Unidad	01	S/ 5.00	S/ 5.00
2	Hoja bond A4	Millar	02	S/ 30.00	S/ 60.00
3	Lapicero	Unidad	02	S/ 1.00	S/ 2.00
4	Carpa de dormir	Unidad	01	S/ 100.00	S/ 100.00
5	Bolsas Ziploc	Caja	01	S/ 30.00	S/ 30.00
6	Sobre manila A4	Paquete	01	S/ 8.00	S/ 8.00
7	Silicona	Unidad	01	S/ 100.00	S/ 100.00
8	Carbones	Unidad	04	S/ 50.00	S/ 200.00
9	Guantes quirúrgicos	Caja	01	S/ 30.00	S/ 30.00
10	Filtro de cuarzo	Caja	01	S/ 1500.00	S/ 1500.00
11	Desarmador estrella	Unidad	01	S/ 10.00	S/ 10.00
12	Cinta de seguridad	Unidad	01	S/ 70.00	S/ 70.00
13	Cono de seguridad	Unidad	04	S/ 30.00	S/ 120.00
Equipos					
14	Estabilizador	Unidad	01	S/ 400.00	S/ 400.00
15	Extensión eléctrica	Unidad	02	S/ 10.00	S/ 20.00
16	Cámara digital	Unidad	01	S/ 1500.00	S/ 1500.00
17	Laptop	Unidad	01	S/ 2500.00	S/ 2500.00
Servicio de laboratorio y traslado de equipos					
18	Movilidad (camioneta)	Traslado	30	S/ 20.00	S/ 600.00

19	Pesado de papel filtro con Estufa o desecador	Análisis de pesado	30	S/ 50.00	S/ 1500.00
Total					S/ 8055.00

Fuente: Propia del autor

Cuadro N° 10 Equipos con apoyo Institucional y elaboración propia

N°	Equipo	Unidad	Cantidad	Institución de apoyo o elaboración propia
20	High Vol PM ₁₀ sampler	Unidad	01	Universidad Nacional de Moquegua – Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental
21	Estación meteorológica	Unidad	01	Universidad Nacional de Moquegua – Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental o Institución Pública de Salud
22	GPS	Unidad	01	Universidad Nacional de Moquegua – Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental
23	Balanza analítica	Unidad	01	Universidad Nacional de Moquegua – Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental
24	Plano de Ubicación	Unidad	01	Elaborado por el tesista

Fuente: Propia del autor

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ayora.C.(2004). *Los sistemas terrestres y sus implicaciones medioambientales*. España, Ministerio de Educación ISBN 843693947, 9788436939248, pp 141-143.

Alfaro S.C., Gaudichet A., Gomes L. y Maille M. (1998). *Mineral aerosol production by wind erosion: Aerosol particle sizes and binding energies*. Geophysical Research Letters 25, pp 991-994. Allegrini I., Febo A., Pasini A. y Schiarini S. (1994). *Monitoring of the nocturnal mixed layer by means of particulate radón progeny measurement*. Journal of Geophysical Research 99, 18765-18777.

Aldabe.J.(2011). *Caracterización físico-química del material particulado en la Comunidad Foral de Navarra*. España, Tesis doctoral, Universidad de Navarra.

Alastuey A., Mantilla E., Querol X., Rodríguez S., (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*. España, Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio.

Agencia de Protección Ambiental.(EPA)

Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer.(2004).

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*. United Kingdom, Environmental Science and Technology 40 (4), pp 1144-1153.

Beavington, F., Cawse, P.A., Wakenshaw, A. (2004). *Comparative studies of atmospheric trace elements: improvements in air quality near*

a copper smelter. New South Wales, Australia, Science of the Total Environment.

Caselli.M.(2000). *“La Contaminación Atmosférica”*. México, 6ª Edición, Editor siglo XXI, ISBN 9682318009, 9789682318009, 39 p.

Cantor, K.P., Lubin, J.H. (2007). *Arsenic, internal cancers and issues in inference from studies of low-level exposures in human populations*. United States, Toxicology and Applied Pharmacology 222,252-255 p.

Camacho.G.(2006), *El control de la contaminación del aire en Guadalajara y Monterrey, una evaluación de los efectos de las relaciones comerciales y del diseño de políticas Intergubernamentales*. Tijuana, México, B.C.

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 México*. México, Environmental Research.

Carn, S.A., Krueger, A.J., Krotkov, N.A., Yang, K., Levelt, P.F. (2007). *Sulfur dioxide emissions from Peruvian copper smelters detected by the Ozone Monitoring Instrument*. Geophysical Research Letters 34,L09081, doi:10.1029/2006GL029020.

Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.(2017). *“Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y Disposiciones Complementarias*.

Dirección General de Salud Ambiental.(2005), *“Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los datos”*.

Durant A.J., Bonadonna C., Horwell C.J.(2010). *Atmospheric and Environmental Impacts of volcanic particulates*. Elements. United Kingdom, Elements 6,(4) pp 235-240.

Denkhaus, E. and Salnikow, K.(2002). *Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity*. Germany, Department of Instrumental Analytical Chemistry, Gerhard-Mercator University of Duisburg, Lotharstrasse 1, 47057 Duisburg, Reviews In Oncology/Hematology 42 (1) pp 35-56.

Englyst, V., Lundström, N-G., Gerhardsson, L., Rylander, L., Nordberg., G. (2001). *Lung cancer risks among lead smelter workers also exposed to arsenic*. Sweden, Unit of Environmental Medicine, Umeå University, The Science of the Total Environment. 12;273 (1-3) pp 77-82.

Emsley, J.(2003), *Nature's building blocks: an A-Z guide to the elements*. New York, Oxford University Press, Oxford.

ETC/ACC Technical 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 Leuw, F.F.F.M. (eds). Bilthoven, The Netherlands.

Finlayson-Pitts B.J., Pitts J.N., (2000). *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere: Theory, Experiments and Applications*. Academic Press, ISBN: 978-0-12-257060-5, 871-942

Fernández A.J., Ternero M., Barragán FJ. And Jiménez J.C., (2001), *Size distribution of metals in urban aerosol in seville*. Spain, Atmospheric Environment, pp 35.

Friedrich, R., (2009). *Natural and biogenic emissions of environmentally relevant atmospheric trace constituents in Europe*. Atmospheric Environment, Volume 43, Issue 7, Edited by R. Friedrich, 1377-1486.

Fowler, B.A. and Sexton M.J. (2007). *Bismuth*. In Nordberf, FG.; Fowler, B.A.; Nordberf, M.; Friberg, L. (eds). London, UK Academic Press-Elsevier Handbook on the Toxicology of Metals: pp 433-443.

Gidhagen, L., Kahelin, H., Schmidt-Thomé, P., Johansson, C., (2002). *Anthropogenic and natural levels of arsenic in PM10 in Central and Northern Chile*. Atmospheric Environment, Volume 36, Issue 23, doi 10.1016/S1352-2310(02)00284-4, 3803-3817.

Harrison .M. y Grieken R. (1998). *Atmospheric Particles*. IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems 6 volume set. J Buffle and .P. van Leeuwen., pp 610.

Hopke P., Lamb R. and Natusch D., (1980), *Multielemental characterization of urban roadway dust*. Environmental Science and Technology, 14 (2), pp 164-172.

Harrison R.M., Tilling R., Callén Romero M.S., Harrad S., Jarvis K., (2003). *A study of trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in the roadside environment*. Birmingham, UK, Atmospheric Environment. Division of Environmental Health & Risk Management, University of Birmingham Edgbaston, B15 2TT.

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem>, Modificada EPA 2004.

<http://calidad-aire.blogspot.pe/p/calidad-del-aire.html>.

http://legal.legis.com.co/document?obra=legcol&document=legcol_9530a04d5ef3b0c0e0430a010151b0c0.

<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>(Agencia Europea de Medio Ambiente)

<http://www.aqmd.gov/smog/AirQualityData.html>. Última visita, (Febrero 18 de 2006).

<http://www.geosoluciones.cl/surfer/>.

<http://es.plusmaths.com/la-moda-estadistica.html>.

[http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/cristalizacio
n/contenido4.htm](http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/cristalizacio
n/contenido4.htm).

<http://www.ciclohidrologico.com/condensacin>.

<https://definicion.de/coagulacion/>.

Kasprzak, K.S.; Sunderman, F.W. Jr.; Salnikowa, K. (2003). *Nickel carcinogénesis*. Mutation Research, Laboratory of Comparative Carcinogenesis, National Cancer Institute at Frederick, Frederick, MD 21702-1201, USA, 533(1-2) pp:67-97.

Lin, C., Chen, S., Huang, K., (2005). *Characteristics of metals in nano/ultrafine/fine/coarse particles collected besides a heavily trafficked road*. Taiwán, Environmental Science and Technology 39 (21) 8113-8122.

Liu, B.; Wu, F.; Li, X.; Fu, Z.; Deng, Q.; Mo, C.; Zhu, Y.; 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, pp 20-24.

Miranda R. Karen A, et al (2008), *Evaluación de la concentración de material particulado suspendido PM10 y su relación con la morbilidad asociados A ERA'S en niños menores a catorce años por enfermedad*

respiratoria aguda en el municipio de Toluviejo (SUCRE). Bogotá, pp 20, 90, 91.

Martínez A. Ernesto, et al. (2004). *Contaminación Atmosférica*. España, Volumen 45 de Ciencia y Técnica, Editor Universidad de Castilla la Mancha Cuenca, ISBN 8484273245, 9788484273240, 17 p.

Ministerio del Ambiente (2013).

Minguillon M.C., Querol X., Alastuey A., Monfort E., Mantilla E., Sanz M.J., Sanz F., Roig A., Renau A., Felis, C., Mir A J.V., Artisano B., (2007). *PM10 speciation and determination of air quality target levels. A case study in a highly industrialized area of Spain*. The Science of the Total Environment, pp 372 (382-396).

Moller, D. (1984), *Estimation of the global man-made sulphur emission*. Atmos. Environ. Vol 18, pp19-27.

Matías .C. María Lola. (2013). *Análisis de procesos de control de la contaminación del aire en una fundición minera y evaluación de la calidad del aire en una ciudad situada en su área de influencia*. Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Química, Ingeniería Química e Ingeniería Agroindustrial E.A.P. de Ingeniería Química.

Mandal, B.K., Suzuki, K.T., (2002). *Arsenic round the world: a review*. Talanta. 16;58(1):201-35.

Organización Mundial de la Salud (OMS)

Oyarzun G. Manuel. (2010). *Contaminación aérea y sus efectos en la salud*. Chile, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Rev Chil Enf Respir 2010; 26: 16-25 p

Prospero J.M. (1999). *Long range transport of mineral dust in the global atmosphere: impact of African dust on the environment of the south-eastern United States*. USA, Proceedings of the National Academy of Science, vol. 96 no. 7, 3396–3403, doi: 10.1073/pnas.96.7.3396

Pacyna J.M., (1998). *Source inventories for atmospheric trace metals*. En: Atmospheric Particles (ed. Harrison R.M. and Van Grieken R.E.). IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems.

Pakkanen T.A., Loukkola K., Korhonen C.H., Aurela M., Mäkelä T., Hillamo R.E., Aarnio P., Koskentalo T., Kousa, A., Maenhaut W., (2001). *Sources and chemical composition of atmospheric fine and coarse particles in the Helsinki area*. Atmospheric Environment. 35: 5381-5391.

Pyatt, F.B.; Pyatt, A.J.; Walker, C.; Sheen, T.; Grattanc, 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, pp 295–300.

Pallarés, S.; Vicente, A.B.; Jordan, M.M.; Sanfeliu, T. (2007), *Study of the levels of concentration of As, Cd and Ni in a ceramic cluster*. Journal Water, Air and Soil Pollution, vol 180, pp 51-64.

Querol X., Alastuey A., Rosa J.d.l., Sánchez A., Plana F. y Ruiz C.R. (2002), *Source apportionment analysis of atmospheric particulates in an industrialised urban site in south-western Spain*. Atmospheric Environment 36 (19), 3113-3125.

Querol X., Alastuey A., Rodríguez S., Plana F., Ruiz C.R., Cots N., Massagui G., Puig O., (2001). *PM10 and PM2.5 source apportionment*

in the Barcelona Metropolitan Area, Catalonia, Spain. Atmospheric Environment, 35 p.

Querol X., Alastuey A., Pey J., Escudero M., Castillo S., González-Ortiz A. Pallares M., Jiménez S., Cristóbal A., Ferreira F., Marques F., Monjardino J., Cuevas E., Alonso S., Artiñano B., Salvador P., de la Rosa J., (2006), *Procedimiento para la identificación de episodios naturales de PM10 y PM2.5, y la demostración de causa en lo referente a las superaciones del valor límite diario de PM10*. Revisado enero de 2010. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, España. S.G. de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial (Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, DGCEA) y Ministerio de Ambiente, Ordenamiento, Territorio y Desenvolvimiento Regional, Portugal Agencia. Portuguesa do Ambiente, 32 p.

Rodriguez S., Querol X., Alastuey A., Mantilla E., (2002). *Origin of high summer PM10 and TSP concentrations at rural sites in Eastern Spain*. *Atmospheric Environment*, 36 (19), 3101-3112.

Soto G. Jairo J. (2015). *Determinación de la calidad del aire por material particulado (PM10), en una vía pavimentada (Av. Antonio Maya de Brito) y una vía no pavimentada (Av. Colonización) en el distrito de Manantay, Provincia de coronel portillo – Ucayali*. Ucayali, pp 11.

Salvador M. Pedro. (2004), *Caracterización de la contaminación atmosférica producida por partículas en suspensión en Madrid*. España, ISBN: 978-84-669-2560-0

Schauer, J.J., Lough, G.C., Shafer, M.M., Christensen, W.C., Arndt, M.F., DeMinter, J.T., Park, J.-S., (2006), *Characterization of Emissions of Metals Emitted from Motor Vehicles*. USA, Health Effects Institute.

Sternbeck, J., Sjödin, Å., Andréasson, K., (2002). *Metal emissions from road traffic and the influence of resuspension results from two tunnel studies*. Atmospheric Environment 36 p.

Serbula, S. M, M. M. Antonijević, N. M. Milosević, S. M. Milić and A. A. Ilić. (2010). *Concentrations of particulate matter and arsenic in Bor (Serbia)*. Journal of Hazardous Materials.

Skinner, H.C.W. (2000), *In praise of phosphates, or why vertebrates chose apatite to mineralise their skeletal elements*. International Geology Review.

Segundo Informe sobre la Calidad del Aire en ciudades Mexicanas. (2002) Instituto Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental – Agencia de Cooperación Internacional del Japón. México.

Torres R. Brenda M. (2016), *Correlación entre enfermedades respiratorias y concentración de PM10 en el distrito la Victoria, en los años 2012-2015*. Perú, pp 8.

Ticona P. Elmer M. (2017), *Determinación de la Calidad del aire en las zonas circundantes al volcán Ubinas, periodo 2014-2016, Región Moquegua*. Perú.

Tylenda, C.A. and Fowler, B.A. (2007), *Antimony*. In Nordberg, F.G.; Fowler, B.A.; Nordberg, M.; Friberg, L. (eds). London, UK, Handbook on the Toxicology of Metals. Academic Press Elsevier.

Uexküll O. von, Skerfving S., Doyle R., Braungart M., (2005). *Antimony in brake pads-acarcinogenic component*. Journal of Cleaner Production 13 p.

Vivar M. Edgar F. (2014), *Cuantificación de material particulado PM10 y su efecto toxicológico – ambiental, en la ciudad de Azogues*. Ecuador, pp 6.

Vigilancia de la Calidad del Aire Universidad de Alicante, Informe sobre análisis químico inorgánico del material particulado atmosférico inferior de 10 micras. (Junio 2004 – Junio 2005).

Weckwerth G., (2001), *Verification of traffic emitted aerosol components in the ambient air of Cologne (Germany)*. Atmospheric Environment, 35, 5525–5536.

www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_1.pdf, 51 p.

Wahlin, P., Berkowicz, R., Palmgren, F., (2006). *Characterisation of traffic-generated particulate matter in Copenhagen*. Atmospheric Environment, 40(12). 2151-2159.

www.weblakes.com

Xuan, J., Sokolik, I., (2002). *Characterization of Sources and Emission Rates of Mineral Dust in Northern China*. Atmospheric Environment 36, 4863–4876.

Yang, N. and Sun, H. (2011), *Bismuth: Environmental Pollution and Health Effects*. In Nriagu, J (ed.in chief) Encyclopedia of Environmental Health. Elsevier Science.

VII. ANEXOS

Problema	Hipótesis	Tipo de Investigación	Objetivos	Variable de Investigación	Indicadores	Metodología	Tratamiento estadístico
¿En qué medida las fuentes antropogénicas y naturales alteran el comportamiento normal de la calidad del aire en el entorno de los centros de Educación del Distrito de Ilo?	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	<p>Tipo: Correlacional y Cuantitativa</p> <p>Diseño: Longitudinal y no experimental</p> <p>Nivel: Descriptiva, Analítica.</p>	Determinar la concentración de material particulado menor a 10 micras en el entorno de los Centros de Educación del Distrito de Ilo 2017 -2018	<p>Variable Independiente</p> <p>-Concentración del contaminante PM₁₀</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>-Calidad de aire en relación PM₁₀ < 10 micras en el entorno de los Centros de Educación</p>	<p>-Concentración de material particulado menor a 10 micras.</p> <p>-Concentración de metales pesados</p> <p>-Características meteorológicas</p>	<p>-Se muestreará el material particulado con la metodología para PM₁₀ con High Vol</p> <p>-Se muestreará datos meteorológicos haciendo uso de una estación con sensores de: Temperatura, velocidad, dirección del viento, presión atmosférica, humedad relativa</p>	<p>-Se usará estadística paramétrica (Microsoft Excel y ANOVA) para analizar los resultados de concentración del PM₁₀.</p> <p>-Se utilizará software (Surfer y Wrplot) para análisis de concentración de PM 10 y variables meteorológicas.</p>
			<p>Realizar un Plan de monitoreo en los Centros de Educación del Distrito de Ilo</p> <p>Aplicar el protocolo de monitoreo nacional para PM₁₀</p> <p>Evaluar las concentraciones de material particulado menor a 10 micras con los Estándares de Calidad Ambiental</p> <p>Determinar la concentración de metales pesados establecidos en el marco legal vigente.</p> <p>Recolectar y Analizar el comportamiento meteorológico de las zonas de estudio.</p> <p>Analizar las morbilidades asociadas a la calidad de aire por efecto del PM₁₀.</p> <p>Plantear medidas de mitigación y control del impacto de los contaminantes atmosféricos sobre el ambiente y la salud humana</p>				

Fuente: Propia del autor