



**Facultad de Medicina Humana y Ciencias de la Salud  
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica**

## **TESIS**

**“CONCENTRACION DE FRACCION RESPIRABLE Y SU  
NIVEL DE CONTAMINACION”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
QUÍMICO FARMACÉUTICO**

**BACHILLER : QUINTO RODRIGUEZ, Sandra Stefanny**

**ASESOR : Q.F MIRANDA PAREDES, Jean Paul**

**LIMA – PERÚ**

**2016**

### **DEDICATORIA**

Con este trabajo a las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

### **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios porque me dio fuerzas ante las adversidades. De igual manera a mi familia por estar siempre apoyándome y sacrificando mucho por mí.

## RESUMEN

El presente estudio se enfoca a la determinación de la fracción de polvo respirable, en el aire de la av. Venezuela. Obtuvimos tres puntos de muestreo en la Av. Venezuela, de la localidad de Breña. Cada muestreo se realizó durante 20 minutos consecutivos el 09 de enero 2016. El primer muestreo se realizó en la Av. Venezuela cruce con Av. Alf Ugarte, el segundo Av. Venezuela con Jirón Huaraz, el tercero e Av. Venezuela con Jirón Jorge Chávez, donde se utilizaron filtros PVC.

Para la determinación de la concentración fracción polvo respirable se realizó un proceso de extracción de los filtros estandarizado por el Laboratorio Químico Toxicológico CENSOPAS / Instituto Nacional de Salud, mediante el manual del método de DETERMINACION DE MATERIA PARTICULADA (FRACCION INHALABLE, TORACICA Y RESPIRABLE) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid y para la lectura de las concentraciones de la concentración respirable de las muestras extraídas se utilizó un equipo de alta sensibilidad como la balanza microanalítica de 04 dígitos.

Los valores obtenidos en cada punto de muestreo son: Av. Alfonso Ugarte  $0.83 \text{ mg/m}^3$ , Jr. Huaraz  $0.57 \text{ mg/m}^3$ , Jr. Jorge Chávez  $0.46 \text{ mg/m}^3$ . Quedando demostrado que las concentraciones de fracción respirable obtenidos durante el monitoreo realizado en el distrito de Breña superan en gran medida los valores recomendados indicados por el ministerio del ambiente en un punto de la ciudad caracterizado por la alta carga vehicular.

Asimismo como era de esperarse se observa que a medida que nos alejamos de la fuente principal de contaminación es decir la carga vehicular de las Av. Alfonso Ugarte y Av. Inca Garcilaso de la Vega (ex Wilson), la concentración de polvo respirable disminuye.

## ABSTRACT

This study focuses on determining the fraction of respirable dust in the air from the av. Venezuela. We got three sampling points at Av. Venezuela, of the town of Breña. Each sampling was performed for 20 consecutive minutes on 9 January 2016. The first sampling was performed at Av. Venezuela junction with Av. Alf Ugarte, the second Av. Venezuela with Jiron Huaraz, third and Av. Venezuela with Jiron Jorge Chavez where PVC which filters was used.

For the determination of the respirable dust fraction concentration extraction process filters standardized by the Chemical Toxicology CENSOPAS / National Institute of Health Laboratory by the method of determination of particulate matter (Inhalable fraction, thoracic and respirable) was performed manually Institute national Safety and Health at Work C / Torrelaguna, 73-28027 Madrid and reading concentrations of respirable concentration of the samples taken a high-sensitivity and micro analytical balance 04 digits are used.

The values obtained at each sampling point are: Av Alfonso Ugarte 0.83 mg / m<sup>3</sup>, Jr. Huaraz 0.57 mg / m<sup>3</sup>, Jorge Chavez Jr. 0.46 mg / m<sup>3</sup>. It is demonstrated that concentrations of respirable fraction obtained during the monitoring conducted in the district of Breña far exceed the recommended values indicated by the Ministry of Environment in a part of the city characterized by high vehicular load. Also as it expected we see that as we move away from the main source of pollution is the vehicular charging Av. Alfonso Ugarte and Av. Inca Garcilaso de la Vega ( Wilson), the concentration of respirable dust decreases.

## ÍNDICE

CARÁTULA.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>12</b>
1.1 Descripción de la Realidad Problemática:.....	12
1.2 Formulación del Problema.....	13
1.2.1 Formulación del problema general.....	13
1.2.2 Formulación del problema específico.....	13
1.3 Objetivos de la Investigación.....	13
1.3.1 Objetivo General.....	13
1.3.1 Objetivos Específicos.....	13
1.4 Hipótesis de la Investigación:.....	13
1.4.1 Hipótesis General.....	13
1.4.2 Hipótesis Específicos.....	13
1.5 Justificación e Importancia de la Investigación.....	14
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	15
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	15
2.1.1.1 Boletín de vigilancia de la calidad del aire en la zona metropolitana de Lima y Callao.....	15
2.1.1.2 Concentración promedio de material particulado inferior A 2,5 micras por estaciones de medición. ....	16
2.1.2 Antecedentes internacionales.....	16

2.1.2.1	Cuantificación de elementos metálicos presentes en Material particulado PM 2,5 en la atmosfera de la Ciudad de la Serena Chile.....	16
2.1.2.2	Determinación de metales y material particulado PM 2,5 En muestras de aire de Villa del Rosario Norte de Santander-Colombia.....	17
2.2	Bases Teóricas:.....	18
2.2.1	Contaminación del Aire.....	18
2.2.2	Fuentes de Contaminación.....	19
2.2.2.1	Fuentes Fijas.....	20
2.2.2.2	Fuentes Móviles.....	21
2.2.3	Principales Tipos de Contaminación Atmosférica.....	21
2.2.3.1	Efectos climáticos.....	21
2.2.3.2	Daño de capa de ozono.....	22
2.2.3.3	Lluvia acida.....	22
2.2.3.4	Efecto Invernadero.....	22
2.2.3.5	Contaminantes gaseosos.....	23
2.2.3.6	Material Particulado.....	23
2.2.4	Que es el Material Particulado.....	24
2.2.4.1	Composición de Material Particulado.....	24
2.2.4.2	Efectos ocasionado por el Material Particulado.....	26
2.2.4.3	Tipo de Material Particulado.....	28
	A) Material Particulado PM10.....	28
	B) Material Particulado PM2, 5.....	29
2.2.5	Polvo Respirable.....	29
2.2.6	Métodos de Muestreos y Análisis.....	30
2.2.7	Efectos de la Contaminación Atmosférica.....	32
2.2.7.1	Efectos en la Salud.....	32
2.3	Definición de Términos Básicos.....	35
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>		<b>39</b>
3.1	Tipo de Investigación.....	39
3.1.1	Método.....	39
3.1.2	Técnica.....	39

3.1.3	Diseño.....	39
3.2	Población y Muestreo de la Investigación.....	40
3.2.1	Población.....	40
3.2.2	Muestra.....	40
3.3	Variables e Indicadores.....	40
3.4	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	40
3.4.1	Técnicas.....	40
3.4.1.1.	Protocolo de Monitoreo de calidad del aire, valores permisibles del DS N° 003-2008- MINAM.....	40
3.4.1.2	Determinación de materia particulada en aire Método Gravimétrico.....	41
3.4.2	Instrumentos.....	41
3.4.2.1.	Equipo de muestreo.....	41
3.4.2.2	Materiales.....	41
3.4.2.3	Procedimiento.....	42
3.4.2.4	Ubicación Geográfica.....	43
3.4.2.5	Preparación de la Muestra.....	43

<b>CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
4.1 Resultados.....	44
DISCUSION.....	49
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS.....	56



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1</b> LIMITES PERMISIBLES DE MATERIAL PARTICULADO	
Guías de calidad del aire y su fundamento 2005.....	27
<b>Tabla N°2</b> Estándar de Calidad Ambiental PM 2,5	
Decreto Supremo 003 – 2008 MINAM.....	27
<b>Tabla N°3</b> Tamaño de Partículas Protocolo de Vigilancia Sanitaria	
De enfermedades respiratorias de mecanismo de alergia Art. 16.....	30
<b>Tabla N°4</b> Variables e indicadores .....	40
<b>Tabla N°5</b> Ubicación de las estaciones de monitoreo de masa	
De polvo respirable.....	44
<b>Tabla N°6</b> Determinación de la masa de polvo respirable.....	45
<b>Tabla N°7</b> Determinación de volumen de aire de muestreo.....	46
<b>Tabla N°8</b> Determinación de concentración de Fracción respirable	
en cuanto a distancia de una Av. De gran carga vehicular.....	46
<b>Tabla N°9</b> Comparación con los valores Referenciales.....	47
<b>Tabla N° 10</b> Comparación de los valores obtenidas de polvo respirable PM 2,5	
con el Estándar de calidad del aire.....	48

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

**Gráfico N° 1** DETERMINACION DE LA MASA DE POLVO RESPIRABLE..... 45

**Gráfico N° 2** DETERMINACION DE CONCENTRACION DE FRACCION  
RESPIRABLE EN CUANTO A DISTANCIA ..... 47

**Gráfico N° 3** COMPARACION DE LOS DATOS OBTENIDOS EN  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ..... 48

## INTRODUCCION

La contaminación atmosférica es la presencia en el aire de materias o formas de energía que implican riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza. En el Perú, la contaminación del aire afecta mayormente a las zonas urbanas, originada por factores de contaminación industrial, doméstica y vehicular.

El mayor contribuyente de la contaminación es el parque automotor; ya que esta conformada por más de 1.5 millones de vehículos, de los cuales, el 65 % circulan en la ciudad de Lima.<sup>1</sup>

La contaminación ambiental producida por el parque automotor en la Ciudad de Lima es un fenómeno que se presenta sobre todo por la acumulación de gases tóxicos producidos por los automóviles y que por consiguiente contaminan el aire el cual a su vez al ser absorbido por la respiración de las personas producen enfermedades como el asma.

En ésta tesis se evaluarán los niveles de concentración de fracción respirable en el medio ambiente tomando distintas muestras en las áreas de la Avenida Venezuela.

Estudiaremos el nivel de contaminación a medida que nos alejamos de las avenidas de mayor fuente principal de contaminación. Se realizara este estudio mediante la determinación de la concentración de material particulado 2,5 pm (Fracción respirable), tomaremos distintas pruebas en el área de estudio para cuantificar mediante un muestreo la concentración de partículas respirables por el ser humano en Av. Venezuela.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1- DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La contaminación Ambiental producida en la ciudad de Lima debido a los gases contaminantes del parque automotor limeño, se ha incrementado enormemente debido a la llegada de numerosas unidades, que emana gases tóxicos debido al uso de combustibles con alto índice de plomo.

Además los atoros vehiculares aparte de provocar la pérdida de tiempo, generan la concentración de humos que degradan la calidad del ambiente. A esto se suma la inexistencia de inspecciones vehiculares que obliguen a los propietarios a dar mantenimiento a sus unidades de transporte.<sup>1</sup>

En el aire contaminado parte de encontrar metales pesados se encuentra el material particulado el aspecto del tamaño de las partículas es de sumo interés para entender su movilidad y sus perjuicios a la salud.

El tamaño de partículas se ha dividido en dos grupos principales: la fracción gruesa, PM10 cuyo tamaño está entre los 2.5 -10 micrómetros; y la fracción fina, PM2.5 menores a los 2.5 micrómetros. Al inhalar se introduce aire a los pulmones, si en el aire hay partículas éstas entrarán directamente al sistema respiratorio a pesar de que el cuerpo humano cuenta con diversos mecanismos de protección natural a largo del sistema respiratorio.

En el cuerpo, las partículas se adhieren a las paredes de las vías respiratorias y algunas llegan a alojarse en el interior de las paredes de los pulmones. Mientras mayor sea la penetración de las partículas en el aparato respiratorio, los perjuicios serán mayores debido a que el organismo carece de suficientes mecanismos de eliminación de estos contaminantes, sobre todo cuando la permanencia en ambientes contaminados es constante.<sup>2</sup>

## **1.2.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### 1.2.1.- Formulación del Problema General

- ¿Habrá contaminación del aire en la Av. Venezuela?

### 1.2.2.- Formulación del Problema Específico

- ¿Cuál será la contaminación del aire en función a la distancia tomando como indicador la fracción respirable (2,5 pm)?
- ¿Cuál será los niveles de concentración de fracción respirable (2,5pm) encontrados en la Av. Venezuela?
- ¿Sera igual la fracción encontrada con los valores permisibles?

## **1.3.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### 1.3.1.- Objetivo General

- Determinar la contaminación del aire en la Av. Venezuela.

### 1.3.2.- Objetivos Específicos

- Determinar la contaminación del aire por la carga vehicular en función a la distancia tomando como indicador fracción respirable (2,5 pm)
- Determinar los niveles de concentración de fracción respirable (2,5 PM) en la Av. Venezuela por la alta carga vehicular
- Comparar los valores encontrados en cada punto de muestreo

## **1.4.- HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1.- Hipótesis General**

- El aire urbano de la Av. Venezuela a través de la fracción polvo respirable encontramos que está contaminado.

### **1.4.2.- Hipótesis Específica:**

- Habrá variación de la contaminación del aire según la distancia con una Av. De gran carga vehicular.
- Los niveles de concentración de fracción polvo respirable serian altos, en la Av. Venezuela.
- Los valores obtenidos de fracción polvo respirable encontrada en la Av. Venezuela presentarían niveles mayores a lo establecido.

## 1.5.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Se realiza la siguiente investigación para evaluar y determinar la calidad de aire que respiramos, para conocer los niveles de concentración de polvo que se respira en una avenida de mayor tránsito vehicular, por localizarse en una zona céntrica de Lima.

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial. Está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre.

Cada año, cientos de millones de personas sufren de enfermedades respiratorias y otras asociadas con la contaminación del aire, tanto en ambientes interiores como exteriores. La contaminación del aire es, por consiguiente, una de las formas principales en que puede ser degradado o afectado parte del ambiente.

Esta investigación es de gran importancia porque permitirá conocer la realidad acerca de la calidad de aire atmosférico en una hora punta en una Avenida de gran carga vehicular.

Este estudio es de gran importancia ya que aportaremos con un estudio realizado en hora punta ya que la mayoría de estudios son realizados en 24 horas o anualmente.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1.1. Antecedentes nacionales

**2.1.1.1** La investigación realizada por José silva Cotrina, Raphael Aliaga Martínez, Jhojan Rojas Quincho, Rosalinda Aguirre Almeyda SENAMHI (2016). **BOLETIN DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE LIMA Y CALLAO**, En el boletín del mes de **ENERO 2016**, se muestra los resultados de las estaciones automáticas de Calidad del Aire de Ate, San Borja, Campo de Marte (Jesús María), Santa Anita, Villa María del Triunfo y la incorporación de las nuevas estaciones de Huachipa, San Juan de Lurigancho, San Martin de Porres, Carabayllo y Puente Piedra.

En Lima Centro (Campo de Marte), las concentraciones disminuyeron respecto al mes anterior, al presentar un rango de 12.4 a 14.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con una máxima de 18.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  que es equivalente al ECA en 74 %; no se superó el ECA en el mes.

El comportamiento promedio horario de las concentraciones de material particulado menor a 10 micrómetros y 2.5 micrómetros (PM10 y PM 2.5) a lo largo del día, siempre obedece a la influencia de la intensidad del tráfico vehicular, emisiones de procesos industriales , actividad comercial y re suspensión desde el suelo, que al interaccionar con las condiciones meteorológicas sinópticas y locales, determinan el comportamiento de las concentraciones de las partículas en la atmosfera ; en el análisis se dará una mayor importancia especialmente en las horas diurnas (7h - 11h) y vespertinas (12h-18h), debido a que son las principales horas de mayor actividad antropogénica y exposición de las personas a estos contaminantes.<sup>3</sup>

**2.1.1.2** En la investigación realizada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi) – Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales José Silva Cotrina, Raphael Aliaga Martínez, Jhojan Rojas Quincho y Magdalena Norabuena Espinoza (2015) **LIMA METROPOLITANA: CONCENTRACION PROMEDIO DE MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 2,5 MICRAS (PM2.5), POR ESTACIONES DE MEDICION, 2014-2015**

Hace referencia al estudio de diferentes puntos de muestreo de la capital de Lima en el mes de marzo 2015, El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), informó que en el mes de marzo de 2015, el valor promedio del material particulado menor a 2,5 microgramos (PM<sub>2,5</sub>) en el distrito de Ate fue 29,6 ug/m<sup>3</sup>, San Borja 13,3 ug/m<sup>3</sup>, Jesús María (Campo de Marte) 12,8 ug/m<sup>3</sup>, Santa Anita 21,3 ug/m<sup>3</sup>, Villa María del Triunfo 26,0 ug/m<sup>3</sup>, Huachipa 27,4 ug/m<sup>3</sup>, San Juan de Lurigancho 24,5 ug/m<sup>3</sup>, San Martín de Porres 13,7 ug/m<sup>3</sup> y en Puente Piedra 30,6 ug/m<sup>3</sup>.

En conclusión obtuvieron:

Las concentraciones de material particulado 2,5 pm no superaron el Estándar de calidad ambiental nacional de 50 ug/m<sup>3</sup>. Pero si analizamos con el estándar de calidad ambiental de la OMS 25 ug/m<sup>3</sup> observamos que los puntos de los distritos de: ATE, Villa María del Triunfo, Huachipa y puente piedra se encuentran superan el valor establecido. <sup>4</sup>

**2.1.2 Antecedentes internacionales**

**2.1.2.1.1** En la investigación realizada por Ricardo A. Zamarreño y Cristian E. Díaz (2010) **CUANTIFICACION DE ELEMENTOS METALICOS PRESENTES EN MATERIAL PARTICULADO PM 2,5 EN LA ATMOSFERA DE LA CIUDAD DE LA SERENA, CHILE** Este estudio tiene como objetivo determinar la calidad del aire en la ciudad de la



serena, mediante el monitoreo de la fracción respirable PM 2.5. El equipo de muestreo fue un equipo de succión marca Sartorius Gravikon SM 16713, usando filtros de vidrio A/E 1 um de porosidad, de 24 horas, realizando 06 muestreos por mes obteniendo un promedio mensual de los meses de Abril – Diciembre obteniendo como resultado final el promedio anual de  $38,5 \text{ ug/m}^3$  . En conclusión tomando como norma el valor de  $65 \text{ ug/m}^3$  entregado por EPA, se concluye que esta sobre los valores permitidos.<sup>5</sup>

**2.1.2.2** En la investigación realizada por Quijano Parra Alfonso, Thomas Manzano Saury José, Peña Rodríguez Belisario (2013) **DETERMINACION DE METALES Y MATERIAL PARTICULADO PM 2,5 EN MUESTRAS DE AIRE DE VILLA DEL ROSARIO – NORTE DE SANTANDER** En este estudio se determina la concentración diaria del PM 2,5 para evaluar la calidad del aire en la localidad de Villa del Rosario – Norte de Santander – Colombia, se utilizó un equipo semiautomático medidor de PM 2,5 Partisol-2025 PLUS de la Ruprecht-Patashnick, se usó filtro de Teflón de 47 mm de diámetro, con un tamaño de poro de 2 micras, siguiendo los lineamientos de la OMS y la EPA. Se realizó durante un periodo de 3 meses y 17 días, comprendidos entre el 2 de abril y el 19 de julio del 2012, recolectando en total 37 muestras.

Obteniendo el valor máximo en el segundo mes de monitoreo correspondiente al día 29 de mayo de 2012 con una concentración correspondiente  $99,4 \text{ ug/m}^3$  y el valor mínimo se obtuvo durante el tercer mes de monitoreo 22 de junio de 2012 con una concentración de  $43,6 \text{ ug/m}^3$ , este valor está por debajo de la norma. De acuerdo a los resultados el 62,6 % de monitoreo diarios supera la norma colombiana de PM<sub>2,5</sub> que es de  $50 \text{ ug/m}^3$  establecida por el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Colombia. Esto demuestra el grave problema existente en esa localidad.<sup>5</sup>

## 2.2 BASES TEORICAS

### 2. 2.1 CONTAMINACION DEL AIRE

La Contaminación del aire es un problema que se ha incrementado en estos últimos años. En la contaminación atmosférica se están presentando varios procesos que de igual manera están afectando a nuestro medio ambiente: la lluvia ácida, el calentamiento global y rompimiento de la capa de ozono; estos procesos afectan en forma negativa a la calidad de aire. Sin darnos cuenta toda la sociedad somos responsables de este grave problema, la población necesita estar informada de cómo prevenir la contaminación y así aportar en la mejora de la calidad de aire que se está ingiriendo.<sup>7</sup>

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más importantes, y es resultado de las actividades del hombre. Las causas que originan esta contaminación son diversas, pero el mayor índice es provocado por las actividades industriales, comerciales, domésticas y agropecuarias.

El aire es uno de los principales receptores del material particulado y gaseoso que en concentraciones elevadas pueden causar ciertas alteraciones a su composición natural. De aquí se define la contaminación del aire como la presencia en la atmósfera de uno o más elementos, en cantidad suficiente, que causan efectos indeseables en el ecosistema. Es de suponer que la causa principal a la que se atribuye dicha contaminación es la antropogénica, sin embargo, existen factores naturales que también contribuyen a deteriorar la calidad del aire, es así que el humo, la ceniza y los gases pueden originarse en erupciones o en incendios naturales; asimismo, las esporas de los hongos y los microorganismos que se encuentran suspendidos en el aire son también contaminantes naturales.<sup>8</sup>

Según Roberts Alley 2009:2 los problemas de calidad del aire están relacionados con diferentes factores: geofísicos, meteorológicos y socioeconómicos, éste último debido a la presión ejercida por el

crecimiento de la economía y población. La población, el desarrollo industrial y la dependencia por los motores de combustión interna explican el incremento sostenido de las emisiones gaseosas y material particulado, los cuales han sobrecargado la capacidad natural del aire para diluirlos.<sup>9</sup>

Es necesario tener en cuenta que el concepto del aire está estrechamente asociado al de calidad de vida, y más aún la condicionante más importante para lograr el segundo es el de mantener una calidad del aire saludable. Asumir roles personales e institucionales en la protección de la calidad del aire, nos sitúa frente a una cuestión fundamental: La vigilancia permanente de la contaminación del aire mediante sistemas de monitoreo tomando en cuenta las normas legales que limiten los patrones de comportamiento nocivos. Es necesario considerar además que existen mecanismos de trabajo físico matemáticos que permiten simular las condiciones de dispersión de las sustancias gaseosas y sólidas y a partir de ello colaborar en la toma de decisiones para el establecimiento de alternativas de mitigación y control.<sup>10</sup>

SENAMHI, a través de la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales contribuye en la evaluación de la contaminación atmosférica a través de su programa Vigilancia de la Contaminación Ambiental.

### **2.2.2 Fuentes de contaminación**

Las fuentes de contaminación se clasifican en 2 importantes, fuentes fijas (industrias) y fuentes móviles (carros o aviones).

### 2.2.2.1 Fuentes fijas

Existen tres tipos de fuentes fijas generadoras de emisiones:

**Fuentes puntuales:** Derivadas de la generación de energía eléctrica y de actividades industriales como son: la química, textil, alimentaria, maderera, metalúrgica, metálica, manufacturera y procesadora de productos vegetales y animales, entre otras. Las emisiones derivadas de la combustión utilizada para la generación de energía o vapor, dependen de la calidad de los combustibles y de la eficiencia de los quemadores, mantenimiento del equipo y de la presencia de equipo de control al final del proceso (filtros, precipitadores y lavadores). Los principales contaminantes asociados a la combustión son partículas ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  e hidrocarburos<sup>11</sup>).

**Fuentes de área:** Incluyen la generación de aquellas emisiones inherentes a actividades y procesos, tales como el consumo de solventes, limpieza de superficies y equipos, recubrimiento de superficies arquitectónicas, industriales, lavado en seco, artes gráficas, panaderías, distribución y almacenamiento de gas LP, principalmente. Esta fuente también incluye las emisiones de actividades como son: el tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, entre otros. En este tipo de emisión se encuentra un gran número de contaminantes, de muy variado nivel de impacto en la salud<sup>11</sup>.

**Fuentes naturales:** Se refiere a la generación de emisiones producidas por volcanes, océanos, plantas, suspensión de suelos, emisiones por digestión anaerobia y aerobia de sistemas naturales. En particular a todo aquello emitido por la vegetación y la actividad microbiana en suelos y océanos, que se les denomina emisiones biogénicas, cuyo papel es importante en la química de la tropósfera al participar

directamente en la formación de ozono. Las emisiones biogénicas incluyen óxido de nitrógeno, hidrocarburos no metanogénicos, metano, dióxido y monóxido de carbono y compuestos nitrogenados y azufrados<sup>11</sup>.

#### **2.2.2.2 Fuentes móviles**

Si bien la definición de fuente móvil incluye prácticamente a todos los vehículos automotores. Los motores de los vehículos son los responsables de las emisiones de CO, de compuestos orgánicos volátiles, SO<sub>2</sub>, y NO<sub>x</sub>, producidos durante la combustión. Ejemplos de fuentes móviles son los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tracto camiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias no fijas con motores de combustión y similares, que por su operación generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera<sup>11</sup>.

### **2.2.3 PRINCIPALES TIPOS DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS**

#### **2.2.3.1 Efectos climáticos**

Generalmente los contaminantes se elevan o flotan lejos de sus fuentes sin acumularse hasta niveles riesgosos. Los patrones de vientos, las nubes, la lluvia y la temperatura pueden afectar la prontitud con que los contaminantes se alejan de una zona. Los patrones climáticos que atrapan la contaminación atmosférica en valles o la desplacen por la tierra pueden, dañar ambientes inmaculados distantes de las fuentes originales.<sup>12</sup>

### **2.2.3.2 El daño a la capa de ozono**

Es producido principalmente por el uso de clorofluorocarbonos (CFCs). El ozono es una forma de oxígeno que se encuentra en la atmósfera superior de la tierra. La capa fina de moléculas de ozono en la atmósfera absorbe algunos de los rayos ultravioletas (UV) antes de que lleguen a la superficie de la tierra, con lo cual se hace posible la vida en la tierra. El agotamiento del ozono produce niveles más altos de radiación UV en la tierra, con lo cual se pone en peligro tanto a plantas como a animales.

### **2.2.3.3 La lluvia ácida**

La lluvia ácida se forma cuando humedad en el aire interactúa con el óxido de nitrógeno y el dióxido de azufre emitido por fábricas, centrales eléctricas y automotores que queman carbón u aceite. Esta interacción de gases con el vapor de agua forma el ácido sulfúrico y los ácidos nítricos. Finalmente, estas sustancias químicas caen a la tierra en forma de precipitación o lluvia ácida. Los contaminantes de la lluvia ácida pueden recorrer grandes distancias, y los vientos los trasladan miles de millas antes de precipitarse en forma de rocío, llovizna, niebla, nieve o lluvia.

### **2.2.3.4 El efecto invernadero**

El efecto invernadero evita que el calor del sol deje la atmósfera y vuelva al espacio. Esto calienta la superficie de la tierra con lo cual se produce el efecto invernadero. Existe una cierta cantidad de gases de efecto de invernadero en la atmósfera necesaria para calentar la tierra. Actividades como la quema de combustible fósil crean una capa gaseosa demasiado densa para permitir que escape el calor. Muchos científicos consideran que como consecuencia se está produciendo el calentamiento mundial. Otros gases que

contribuyen al problema incluyen los clorofluorocarbonos (CFCs), el metano, los óxidos nitrosos y el ozono.

#### **2.2.3.5 Contaminantes gaseosos**

Una combinación diferente de vapores y contaminantes gaseosos del aire se encuentra en ambientes exteriores e interiores. Los contaminantes gaseosos más comunes son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono. Diferentes fuentes producen estos compuestos químicos pero la principal fuente artificial es la quema de combustible fósil. La contaminación del aire interior es producida por el consumo de tabaco, el uso de ciertos materiales de construcción, productos de limpieza y muebles del hogar. Los contaminantes gaseosos del aire provienen de volcanes, incendios e industrias y en algunas áreas pueden ser sustanciales. El tipo más comúnmente reconocido de Contaminación del aire es la niebla tóxica (*smog*). La niebla tóxica generalmente se refiere a una condición producida por la acción de la luz solar sobre los gases de escape de automotores y fábricas.

#### **2.2.3.6 Materia particulada**

Es la combinación de partículas sólidas y gotitas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas son lo suficientemente grandes y oscuras para verse en forma de hollín o humo. Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse con un microscopio de electrones. Cuando se respira la materia de partículas, ésta puede irritar y dañar los pulmones con lo cual se producen problemas respiratorios. Las partículas finas se inhalan de manera fácil profundamente dentro de los pulmones donde se pueden absorber en el torrente sanguíneo o permanecer arraigadas por períodos prolongados de tiempo.<sup>12</sup>

## 2.2.4 ¿Qué es el Material Particulado?

El Material Particulado (MP) es una compleja mezcla de partículas suspendidas en el aire las que varían en tamaño y composición dependiendo de sus fuentes de emisiones. Las partículas de fuentes móviles tienden a caer en una distribución bi-modal referidas como “modo de núcleos” y “modo de acumulación”.<sup>13</sup>

### 2.2.4.1 Composición del Material Particulado

Las partículas de modo de núcleos son de un diámetro inferior a 0,05 micrones (micrón = 1 millonésima de metro. Esta compuestas de hidrocarburos, sulfuro y cenizas metálicas. Las partículas de modo de acumulación tienen un rango de tamaño desde 0,05 a 0,5 micrones y contienen carbono elemental y orgánico, nitrato, sulfato, y diferentes cenizas metálicas.

Después de su emisión, las partículas experimentan reacciones químicas en el aire, por esto su composición y tamaño varían dependiendo de la proximidad a las fuentes, el clima y otros factores.

Las partículas ambientales generalmente caen dentro de una distribución de tres modos: ultrafino (< 0,1 micrones), fino (entre 0.1 y 1 micrones), y grueso (>1 micrones). La Agencia de Protección del Medioambiente de Estados Unidos y otras agencias alrededor del mundo regulan el nivel de partículas en el ambiente de un diámetro inferior a 10 micrones (MP10). Algunas agencias, incluyendo la EPA de Estados Unidos, también regulan las partículas inferiores a 2,5 micrones de diámetro (MP 2.5).<sup>14</sup>

Un gran número de estudios epidemiológicos en la última década han reportado una relación entre la exposición a corto plazo a MP 10 y MP 2.5 y el aumento en la morbilidad y mortalidad, particularmente entre aquellas personas con



enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Recientemente, los científicos han comenzado también a investigar los efectos de las partículas ultra finas. Aunque estas partículas contribuyen muy poco a la masa de MP 10 y MP 2.5, están presentes en gran cantidad. Algunos científicos han propuesto que las partículas ultra finas pueden ser especialmente tóxicas: las partículas más pequeñas tienen un área total de superficie mayor que aquellas partículas más grandes de masa igual, tendrían más probabilidades de penetrar e interactuar con células más profundamente en el pulmón que las partículas más grandes, y se piensa que se mueven rápidamente a tejidos exteriores de las vías respiratorias. Una revisión de los estudios que comparan los efectos de partículas de diferentes tamaños lleva a las siguientes conclusiones:

- a) Estudios epidemiológicos, usando múltiples mediciones de exposición y diferentes períodos, muestran una asociación entre la cantidad de material particulado ultra fino y la mortalidad, función respiratoria, o síntomas respiratorios, pero estos efectos también están asociados a otros contaminantes (sulfatos , MP2.5, MP10);
- b) Repetidos estudios de inspiración intra-traqueal indican que las partículas ultra finas inducen a respuestas inflamatorias más fuertes que aquellas partículas de otros tamaños;
- c) Estudios de inhalación no han producido resultados consistentes, sugiriendo que la composición y solubilidad de las partículas – así como su tamaño –son propiedades importantes.

El sistema inmunológico se comunica entre sus componentes y con el resto del cuerpo usando proteínas como mensajeros

químicos, muy parecido al sistema nervioso que utiliza señales eléctricas. Los compuestos de los gases de escape del diesel pueden interferir con la inmunidad impactando este sistema de comunicación, produciendo reacciones inmunes aumentadas, reprimidas o desviadas las cuales son todas perjudiciales para el individuo. Ha sido demostrado por ejemplo que el pireno, un hidrocarburo policíclico aromático, puede inducir la producción de proteínas inmunoregulatoras IL-4 e IL-8. Ambas tienen funciones totalmente diferentes, IL-4 es responsable del desarrollo de alergias, y IL-8 de respuestas inflamatorias inducidas por estrés celular. Investigaciones moleculares muestran que incluso los mecanismos por los cuales el pireno está afectando estas proteínas son claramente diferentes. Los efectos de los gases de escape del diesel y sus compuestos en la inmunidad y la salud parecen ser mediados por mecanismos múltiples y complejos, los cuales sugieren que el análisis de sustancias individuales y la aplicación de un solo tipo de bio-análisis serán insuficientes para estimar el impacto de la contaminación.<sup>15</sup>

#### **2.2.4.2 Efectos ocasionados por el material particulado:**

El material particulado participaría en:

- Origen de procesos inflamatorios
- Daño funcional en los pulmones
- Aumento en el riesgo de infarto cardíaco
- Efectos sistémicos en todo el organismo a través de la sangre
- Efectos cancerígenos
- Aumento de muertes súbitas

Las autoridades responsables tienen que tomar medidas para reducir las emisiones cancerígenas al nivel más bajo posible como se hace en otros países del mundo (Estados Unidos, Unión Europea, Suiza entre otros). Para esto hay que usar la mejor tecnología disponible. Aspectos económicos deben

pasar a segundo término para garantizar un aire saludable para todos los ciudadanos.<sup>15</sup>

**Tabla N°1:** Límites máximos permisibles del material particulado

<b>MP<sub>2,5</sub>:</b>	<b>10 µg/m<sup>3</sup>, media anual</b> <b>25 µg/m<sup>3</sup>, media de 24 horas</b>
<b>MP<sub>10</sub>:</b>	<b>20 µg/m<sup>3</sup>, media anual</b> <b>50 µg/m<sup>3</sup>, media de 24 horas</b>

**Fuente:** Guías de calidad del aire y su fundamento: OMS, 2005

Las partículas ambientales generalmente caen dentro de una distribución de tres modos: ultrafino (< 0,1micrones), fino (entre 0.1 y 1 micrones), y grueso (>1 micrones). La Agencia de Protección del Medioambiente de Estados Unidos y otras agencias alrededor del mundo regulan el nivel de partículas en el ambiente de un diámetro inferior a 10 micrones (MP<sub>10</sub>). Algunas agencias, incluyendo la EPA de Estados Unidos, también regulan las partículas inferiores a 2,5 micrones de diámetro (MP<sub>2,5</sub>). (16)

**TABLA N°2** Estándar De Calidad Ambiental Para Compuestos Entre Ellos El Material Particulado 2,5 Pm

Parámetro	Periodo	Valor	Vigencia	Formato	Método de análisis
Benceno <sup>1</sup>	Anual	4 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010	Media aritmética	Cromatografía de gases
		2 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2014		
Hidrocarburos Totales (HT) Expresado como Hexano	24 horas	100 mg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010	Media aritmética	Ionización de la llama de hidrógeno
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	24 horas	50 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)
	24 horas	25 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2014	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)

FUENTE: Decreto Supremo MINAM 003-2008 Estándar Nacional de Calidad Ambiental

### 2.2.4.3 Tipo de Material particulado

#### a) Material Particulado – MP<sub>10</sub>:

Son partículas que se encuentran dispersas en el aire y cuyo diámetro aerodinámico es menor a 10 micrómetros (un micrón es la milésima parte de un milímetro). Estas partículas se encuentran flotando en el aire y pueden ser sólidas o líquidas, orgánicas e inorgánicas siendo su origen mayoritariamente natural las mismas que debido a su pequeño tamaño tienen una velocidad de sedimentación muy baja pudiendo mantenerse en el aire por mucho tiempo y logrando alcanzar distancias de hasta 30 millones con referencia a su lugar de emisión. Las mismas que al ser inhaladas afectan la salud de las personas penetrando en las vías respiratorias pudiendo en su camino adherirse a sus paredes y ocasionar síntomas respiratorios severos (tos, dificultad para respirar, agrava el asma) y llegar hasta los pulmones produciendo enfisemas o cáncer pulmonar. También producen alteraciones en coagulación de la sangre y en la mayor incidencia en el desarrollo de las enfermedades cardíacas.

Las PM<sub>10</sub> al ser inhaladas penetra con facilidad en el sistema respiratorio, causando efectos adversos a la salud respiratoria; siendo los más dañinos los producidos por los metales pesados y compuestos orgánicos que pueden causar enfermedades como el cáncer).<sup>811</sup> Las PM<sub>10</sub> causan enfermedades respiratorias de tipo cardiovascular, y cáncer de pulmón; la exposición a partículas en suspensión puede reducir la esperanza de vida de dos años. Los efectos a la salud pueden ser tos, dificultad para respirar, agravado del asma, disminución de la función del pulmón y enfermedades respiratorias, muerte prematura en individuos con enfermedades cardiovasculares<sup>16</sup>.

b) **Material particulado – MP<sub>2.5</sub>:**

Es el material particulado respirable disperso en la atmósfera con diámetro igual o menor a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>).

Estas partículas, ingresan con mayor facilidad a los pulmones, son partículas muchísimo más pequeñas que la pelusa que vemos a la luz del sol y pueden llegar al torrente sanguíneo. Las fuentes de partículas finas incluyen la combustión en vehículos, generadores, quema de madera, procesos industriales; las partículas entre 2.5 y 10 micrómetros de diámetro tienen su origen en polvos que se levanta en las vías de tránsito no pavimentados; las partículas finas pueden acumularse en el sistema respiratorio; la exposición a partículas gruesas puede agravar el asma y bronquitis crónica, mientras que el material fino asociarse con efectos graves<sup>16</sup>

### **2.2.5 Polvo respirable**

El polvo se podría definir como una cantidad de partículas sólidas dispersas en el aire y procedentes de una disgregación. El polvo susceptible de llegar hasta los alveolos pulmonares se le denomina «polvo respirable», que lo definimos como la fracción de la nube total de polvo existente en el ambiente, que es capaz de alcanzar los alveolos pulmonares. Así definido y referido a partículas esféricas y de densidad 1, incluye el 98% de las partículas de una micra de diámetro, el 75% de las de 3,5 micrómetros de diámetro, el 50% de las de 5 micrómetros y ninguna de las que tengan un diámetro superior a 7 micrómetros<sup>17</sup>.

**Tabla N° 3:** Tamaño de las partículas

<b>Tamaño de las partículas</b>	<b>Capacidad de penetración pulmonar</b>
≥ 50 micras	No pueden inhalarse
10-50 micras	Retención en nariz y garganta
≤ 5 micras	Penetran hasta el alvéolo pulmonar
1 micra = 0,001mm.	

**Fuente:** Protocolo Vigilancia Sanitaria Específica de Enfermedades respiratorias de mecanismo alérgico, art. 16; RSP arts. 3 a 7.

Las partículas más pequeñas son las más peligrosas: permanecen más tiempo en el aire y pueden penetrar hasta los lugares más profundos de los bronquios. El mayor riesgo está, pues, en el polvo que no se ve. Por esto suele medirse no el total de polvo atmosférico, sino sólo el llamado «polvo respirable».

El «polvo respirable» es la fracción de polvo que puede penetrar hasta los alvéolos pulmonares.

El polvo se podría definir como una cantidad de partículas sólidas dispersas en el aire y procedentes de una disgregación. El polvo susceptible de llegar hasta los alveolos pulmonares se le denomina «polvo respirable», que lo definimos como la fracción de la nube total de polvo existente en el ambiente, que es capaz de alcanzar los alveolos pulmonares. Así definido y referido a partículas esféricas y de densidad 1, incluye el 98% de las partículas de una micra de diámetro, el 75% de las de 3,5 micrómetros de diámetro, el 50% de las de 5 micrómetros y ninguna de las que tengan un diámetro superior a 7 micrómetros<sup>218</sup>.

### **2.2.6 MÉTODOS DE MUESTREO Y ANÁLISIS.**

Para medir la calidad del aire se utilizan normalmente diversos equipos de muestreo:

- **Analizadores mecánicos.**
- **Analizadores automáticos.**

El análisis de las muestras ofrece información sobre las concentraciones de partículas en suspensión y la fracción respirable de estas partículas (partículas inhaladas).

Los analizadores o automatizadores automáticos permiten captar los contaminantes y realizar procesos analíticos con un sólo dispositivo. Estos equipos realizan análisis continuos cuyos resultados se registran sobre un medio que se adapta a las lecturas mecánicas o se transmiten a distancias a un centro de recepción de datos.

El muestreo y la medición de contaminantes de la atmósfera tienen 3 objetivos principales:

- a) Determinar el grado de contaminación del aire ambiental y establecer entre éste y las condiciones de exposición, los riesgos para la salud y otros efectos adversos.
- b) Precisar la contribución de las diversas fuentes a la contaminación de la atmósfera.
- c) Evaluar los resultados de las medidas de prevención y control de la contaminación, y en particular la aplicación de las normas sobre fuerza del aire.

**En lo que respecta a la dimensión del muestreo, se suele utilizar tres técnicas:**

- El muestreo rápido o instantáneo (20 o 30 minutos).
- El muestreo acumulativo (8 horas, 24 horas)
- El muestreo continuo.

Los resultados de los muestreos se procesarán de manera que permitan determinar los siguientes datos:

- Concentraciones máximas, mínimas y media de contaminantes en cada estación de vigilancia.

- Para cada contaminante, el porcentaje de muestras en que se halló la contaminación y el porcentaje de muestras que sobrepasaron las concentraciones máximas admisibles.
- El efecto de los factores meteorológicos sobre el grado de contaminación atmosférica de la zona estudiada.
- El efecto de las distintas instalaciones industriales y el tránsito producen en el grado de contaminación del aire.
- Los contaminantes existentes en el aire de las zonas residenciales y sus concentraciones.
- El efecto de la contaminación atmosférica en la higiene y en la salud pública.<sup>18</sup>

### **2.2.7 Efectos de la contaminación atmosférica**

La quema de combustibles fósiles y otras actividades industriales han cambiado su composición debido a la introducción de contaminantes, incluidos el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas sólidas y líquidas conocidas como material particulado, aunque todos estos contaminantes pueden ser generados por fuentes naturales, las actividades humanas han aumentado significativamente su presencia en el aire que respiramos. Los contaminantes del aire pueden tener efecto sobre la salud y el bienestar de los seres humanos, un defecto se define como un cambio perjudicial mensurable u observable debido a un contaminante del aire puede afectar la salud de los seres humanos, así como la de las plantas y animales, los contaminantes también pueden afectar los materiales no vivos como pinturas, metales y telas<sup>19</sup>.

#### **2.2.7.1 Efectos en la salud**

La contaminación del aire tiene un efecto directo sobre la salud humana, en casos extremos, ha causado muertes como resultado de la combinación de características



geográficas inusuales con factores climáticos. Por ejemplo, “el episodio de contaminación del aire en Donora, Pennsylvania, en los Estados Unidos en 1948 ocasionó 20 muertes y más de 5.000 enfermos”. Esto es un ejemplo de los graves efectos adversos que resultan del exceso de población y de industrias, junto con ciertos factores geográficos y meteorológicos en un área concentrada a exposición a contaminantes del aire puede causar efectos agudos (corto plazo) y crónicos (largo plazo) en la salud. Usualmente, los efectos agudos son inmediatos y reversibles cuando cesa la exposición al contaminante. Los efectos agudos más comunes son la irritación de los ojos, dolor de cabeza y náuseas. A veces los efectos crónicos tardan en manifestarse, duran indefinidamente y tienden a ser irreversibles, los efectos crónicos en la salud incluyen la disminución de la capacidad pulmonar y cáncer a los pulmones debido a un prolongado periodo de exposición a contaminantes tóxico del aire, tales como el asbesto y berilio<sup>20</sup>.

Los contaminantes de aire, tanto gaseosos como particulados, pueden tener efectos negativos sobre los pulmones. Las partículas sólidas se pueden impregnar en las paredes de la tráquea, bronquios y bronquiolos. La mayoría de estas partículas se eliminan de los pulmones mediante la acción de limpieza (barrido) de los cilios, pequeños filamentos de las paredes de los pulmones. Esto es lo que ocurre cuando se tose o estornuda.

Los contaminantes gaseosos del aire también pueden afectar la función de los pulmones mediante la reducción de la acción de los cilios. La respiración continua de aire contaminado disminuye la función de limpieza normal de los pulmones, lo que puede ocasionar que gran número de

partículas lleguen a las partes inferiores del pulmón. Los pulmones son los órganos responsables de absorber el oxígeno del aire y remover el dióxido de carbono del torrente sanguíneo. El daño causado a los pulmones por la contaminación del aire puede imposibilitar este proceso y contribuir a la aparición de enfermedades respiratorias como la bronquitis, enfisema y cáncer. También puede afectar el corazón y el sistema circulatorio.<sup>20</sup>

## 2.3 Definición de Términos Básicos

**POLVO RESPIRABLE:** es la fracción de polvo que puede penetrar hasta los alvéolos pulmonares.

**DIGESA:** (Dirección general de salud Ambiental), es el órgano técnico normativo en los aspectos relacionados al saneamiento básico, salud ocupacional, higiene alimentaria, zoonosis y protección del ambiente.

**MINSA:** (Ministerio de Salud), tiene la misión de proteger la dignidad personal, promoviendo la salud, previniendo las enfermedades y garantizando la atención integral de salud de todos los habitantes del país; proponiendo y conduciendo los lineamientos de políticas sanitarias en concertación con todos los sectores públicos y los actores sociales.

**ECA:** (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire); son aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana, los que deberán alcanzarse a través de mecanismos y plazos detallados en la presente norma. Como estos Estándares protegen la salud, son considerados estándares primarios.

**LMP:** Concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

**CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA:** Es la alteración de la composición de la atmósfera. La atmósfera de una ciudad se contamina al introducir en ella sustancias distintas de las que la forman o al modificar las cantidades en que se hallan sus componentes.

**FRACCIÓN TORÁCICA:** Fracción de la masa de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe.

**FRACCIÓN RESPIRABLE:** Fracción de la masa de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas.

**FRACCIÓN INHALABLE:** másica del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca.

**SISTEMA DE MUESTREO:** Conjunto de componentes cuya misión es separar la fracción del aerosol de interés (inhalable, torácica o respirable) y recogerla en un determinado elemento de retención. La bomba de muestreo, el muestreador y el elemento de retención forman parte del sistema de muestreo.

**MUESTREADOR:** Dispositivo que permite separar las partículas del aerosol del aire y recogerlas en un elemento de retención.

**ELEMENTO DE RETENCIÓN:** Elemento que se integra en el muestreador y que retiene la fracción de interés del aerosol para su posterior análisis. Generalmente son filtros o espumas de diferentes características.

En algunos muestreadores se considera el conjunto filtro + portafiltros como elemento de retención.

**PRECISIÓN:** Grado de concordancia entre los resultados obtenidos aplicando el método repetidas veces bajo condiciones determinadas.

**CALIBRACIÓN:** Proceso de comparación de valores obtenidos por un instrumento de medición, con la medida correspondiente a un patrón de referencia o estándar.

**CONTAMINANTE:** Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del medio en que se encuentra o cuya concentración excede los niveles permisibles, y es susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente.

**CONTAMINANTE DEL AIRE:** Sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y al bienestar humano.

**CONTAMINANTES CRITERIO:** Las normas nacionales e internacionales incluyen una clasificación en función de especies químicas. Estas especies son llamadas contaminantes criterio, ya que son utilizadas como criterio para evaluar la calidad del aire. En el Perú, son contaminantes criterio el monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, ozono y material particulado.

**CONTAMINANTE PRIMARIO:** Sustancias emitidas directamente a la atmósfera, por una fuente de emisión determinada. Ejemplo: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos (HC), material particulado, entre otros.

**CONTAMINANTE SECUNDARIO:** Sustancias que resultan de reacciones en la atmósfera entre contaminantes primarios y otras especies químicas. Ejemplo: el ozono (O<sub>3</sub>).

**DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>):** Es un gas que se forma en la combustión de todo combustible, por oxidación de los átomos de carbono. La emisión de origen antropogénico se debe fundamentalmente a los procesos de generación de energía, a los vehículos de transporte, a las plantas de tratamientos de residuos, etc. Es uno de los gases causantes del efecto invernadero.

**EMISIÓN:** Vertido de sustancias contaminantes a la atmósfera. Las fuentes de emisión pueden agruparse en cuatro categorías principales: fuentes fijas, fuentes móviles, fuentes de área y fuentes naturales.

**EXPOSICIÓN:** Contacto entre una sustancia o agente tóxico y un sistema biológico. Se expresa como la cantidad de sustancia o

agente disponible que puede ser absorbido por un sistema biológico determinado.

**FUENTES FIJAS:** Fuente de emisión que no se desplaza en forma autónoma en el tiempo. Ejemplo: chimeneas industriales.

**FUENTES MÓVILES:** Fuente de emisión que puede desplazarse en forma autónoma, emitiendo contaminantes durante su trayectoria. Ejemplo: automóviles, camiones, aviones, entre otros.

**FUENTES DE ÁREA:** Incluyen una o varias actividades distribuidas en un área determinada, cuyas emisiones particulares no pueden identificarse y evaluarse de forma precisa. Ejemplo: comercios, casas, entre otros.

**FUENTES NATURALES:** Son aquellas que no provienen directamente de actividades humanas. Pueden ser biogénicas (emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles - COV producidas por los bosques o cultivos, emisiones de NOx provenientes del suelo) o geogénicas (fuentes de origen geológico: volcanes, manantiales de aguas sulfurosas, entre otras).

**LÍNEA BASE:** Estado actual del área de actuación, previa a la ejecución de un proyecto. Comprende la descripción detallada de los atributos o características socio ambientales del área de emplazamiento de un proyecto, incluyendo los peligros naturales que pudieran afectar su viabilidad.

**MATERIAL PARTICULADO:** También denominado “partículas en suspensión”. Son fragmentos sólidos o gotas de líquido de tamaño pequeño que pueden tener composición química diversa. La concentración de partículas en aire se expresa en mg o µg (miligramo o microgramo) de partículas por m<sup>3</sup> de aire. El diámetro mayor de las partículas es su propiedad más importante. Se denomina «PM-10» a las partículas de diámetros inferiores a 10 µm (micrómetros o micras), y «PM-2,5» a las de diámetros inferiores a 2,5 micras (µm).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 TIPO DE LA INVESTIGACION**

##### **3.1.1 METODO**

- **Descriptiva – Observacional:** Se realizara paso a paso todo el procedimiento del Protocolo de Monitoreo del Manual de Métodos de toma de muestras y análisis DETERMINACION DE MATERIAL PARTICULADO (FRACCION INHALABLE, TORACICA Y RESPIRABLE) del Instituto Nacional De Seguridad E Higiene En El Trabajo C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid.

##### **3.1.2 TECNICA**

- **Deductivo:** se realizara la recolección de muestras de tres cuadras de la Avenida Venezuela, con cuyos resultados se elaboraran las conclusiones.
- **Cuantitativo:** Para los análisis estadísticos se utilizara la balanza analítica de precisión con 04 decimales, para determinar la concentración de polvo respirable de la Av. Venezuela
- **Cualitativo :** Porque se analizara la calidad del aire

##### **3.1.3 DISEÑO**

- **NO EXPERIMENTAL ;** se utilizara todos los pasos que indican en el Protocolo de Monitoreo de Aire para el muestreo y su respectiva lectura en el Laboratorio, cuyos resultados nos llevará a una conclusión

### 3.2 POBLACIÓN Y MUESTREO DE LA INVESTIGACIÓN

**3.2.1 Población:** Polvo respirable en toda la Avenida Venezuela, distrito de Lima

**3.2.2 Muestra:** Polvo respirable de la intersección con la Av. Alfonso Ugarte, Jr. Huaraz y Jr. Jorge Chávez de la Avenida Venezuela, Lima.

### 3.3 Variables e indicadores

**Tabla N° 4:** Variables e indicadores

VARIABLE	INDICADORES
Contaminación del Aire en Avenida Venezuela	VALORES PERMISIBLES DEL DECRETO SUPREMO 003- 2008- MINAM Concentración fracción respirable Material Particulado 2,5 PM

**Fuente:** Datos recopilados de la investigación

### 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.4.1 Técnicas:

**3.4.1.1 Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire, y también los valores permisibles del DECRETO SUPREMO N° 003-2008-MINAM Estándar Nacional de Calidad del aire**  
Se aplicara esta Normativa de para la comparación de los valores obtenidos de polvo respirable.<sup>21</sup>



### **3.4.1.2 DETERMINACION DE MATERIA PARTICULADA (FRACCIONES INHALABLE, TORACICA Y RESPIRABLE) EN AIRE – METODO GRAVIMETRICO MTA/MA – 014/A11 DEL INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE DE ESPAÑA.**

Se utilizó este manual para seguir un procedimiento adecuado de monitoreo del aire, como el uso de filtros pvc, escalas del monitoreo, selección de parámetros a monitorear, frecuencia del monitoreo y periodo de muestreo, selección de métodos de medición, criterios para la selección de métodos, descripción de los diferentes métodos, selección del sitio de muestreo, implementación de las estaciones de monitoreo, acceso, seguridad y un sistema de recolección de datos<sup>22</sup>.

## **3.4.2 INSTRUMENTOS**

**3.4.2.1 Equipo de muestreo:** Filtro: PVC de 0,8 micras, de 37 mm, en casete de 2 piezas. Bomba de muestreo personal SKC UltraFlo Serie 011549, de 1 a 4 L / min, con tubo de conexión flexible.

- **Índice de flujo:** 2.8 L/min
- **Envío:** Rutinario
- **Estabilidad de la muestra:** Estable
- **Blancos:** 2 a 10 blancos por juego

### **3.4.2.2 Materiales**

- Cassettes portafiltros
- Bomba gravimétrico SKC UltraFlo Serie 011549 para muestreo de aire
- Sistema de vacío para paso de aire por la membrana filtrante
- Balanza micro analítica de precisión con 04 decimales

### 3.4.2.3 Procedimiento

- La muestra se realiza haciendo pasar a través de un ciclón que incorpora un filtro de membrana pre – pesado, un volumen conocido de aire, mediante una bomba de muestreo personal, quedando el polvo retenido sobre la membrana. Se determina la cantidad de materia particulada retenida en el filtro utilizando una balanza analítica de precisión con 04 decimales siguiendo el procedimiento descrito por Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo C/ Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID DETERMINACION DE MATERIA PARTICULADA (FRACCIONES INHALABLE, TORACICA Y RESPIRABLE) EN AIRE – METODO GRAVIMETRICO
- La calibración de la bomba debe realizarse con el mismo sistema de captación que se vaya a utilizar en el muestreo, con el fin de que la pérdida de carga sea similar a la que se tendrá en el mismo.
- Se pone la bomba en funcionamiento y se inicia la captación de la muestra. Durante la captación, debe vigilarse periódicamente el correcto funcionamiento de la bomba. En el caso de que se aprecien anomalías o variaciones sobre el caudal inicial, debe volverse a recalibrar la bomba y anular la muestra.
- Para el funcionamiento de la bomba transcurrido el tiempo de muestreo (predeterminado) y se anotan el tiempo de muestreo y el caudal.
- Se retira el portafiltros y se cierran sus orificios con los tapones, procurando que éstos ajusten perfectamente. El

portafiltros no debe abrirse bajo ninguna circunstancia hasta el momento del análisis.

- Se coloca sobre el portafiltros una etiqueta con indicación clara del número identificativo de la muestra tomada.
- Se acompaña cada lote de filtros muestreados con un "filtro blanco" el cual ha sido sometido a las mismas manipulaciones, excepto que no se ha pasado aire a su través. Se etiqueta con la palabra "blanco".

#### **3.4.2.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

Se realizó el muestreo en el distrito de Breña, ubicado en la parte central y occidental del departamento de Lima. A una altitud de 154 m.s.n.m., latitud sur: 12° 02' 42", longitud oeste: 77° 01' 42", superficie: 3.22 Km<sup>2</sup>. Se escogió este distrito como sitio del muestreo del polvo respirable por sus características particulares, ya que se encuentra en el centro de la gran Metrópoli de Lima y cruzan, las avenidas Alfonso Ugarte, la cual soporta un alto índice de transporte y tránsito urbano. Por consiguiente el análisis fisicoquímico de los filtros nos dará una idea de la magnitud de la contaminación ambiental producida únicamente por la combustión vehicular. VER ANEXO (1)

#### **Muestreo**

- ❖ El muestreo se llevó a cabo el 9 de enero en la avenida Venezuela, Breña.
- ❖ Colocamos cada filtro en los siguientes puntos de muestreo: Av. Alfonso Ugarte, Jr. Huaraz y Jr. Jorge Chávez.

#### **3.4.2.5 Preparación de la muestra**

- ❖ Abrimos los soportes de los filtros de Cassettes y transferimos las muestras.
- ❖ Guardamos los filtros en un recipiente deshidratante
- ❖ Usamos el desionizador por la carga electrostática.
- ❖ Pesamos 02 veces la muestra en la balanza previamente calibrada.

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados

**Tabla N° 5:** Ubicación de las estaciones de monitoreo

<b>CÓDIGO</b>	<b>AVENIDA PRINCIPAL</b>	<b>CUADRA DE AV. VENEZUELA</b>	<b>INTERSECCIÓN CON LA AVENIDA</b>	<b>DISTRITO</b>
<b>PR-LAB 14-17</b>	Avenida Venezuela	CUADRA N <sup>a</sup> 06	Av. Alfonso Ugarte	BREÑA
<b>PR-LAB 14-16</b>	Avenida Venezuela	CUADRA N <sup>a</sup> 09	Jr. Huaraz	BREÑA
<b>PR-LAB 14-47</b>	Avenida Venezuela	CUADRA N <sup>a</sup> 13	Jr. Jorge Chávez	BREÑA

**Fuente:** Elaboración propia

#### **Interpretación:**

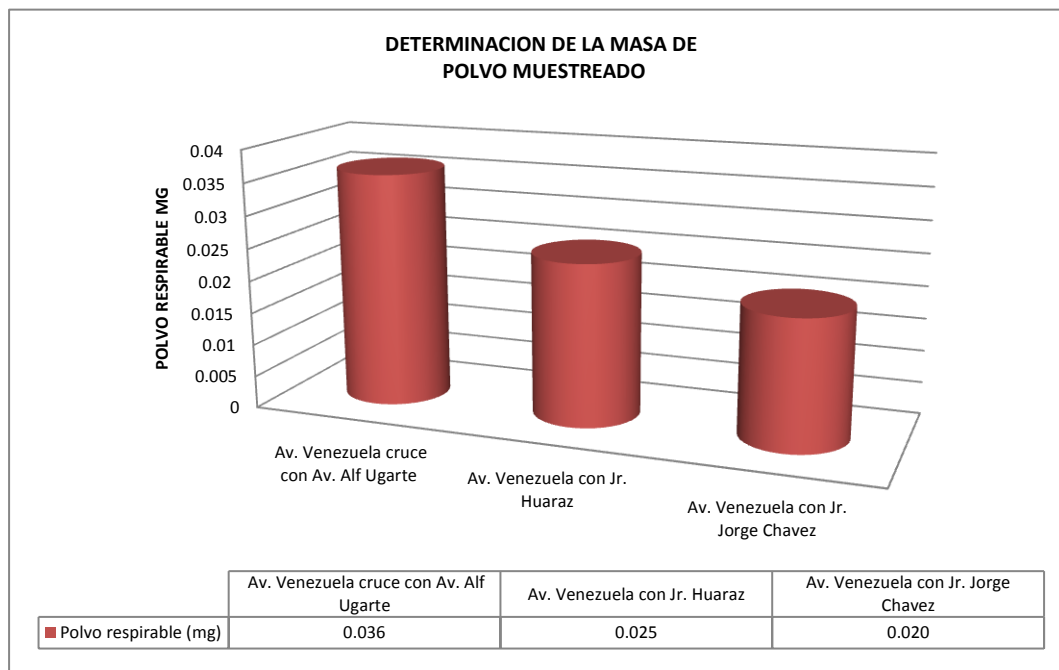
En la Tabla N°4; se observan las diferentes cuadras de la avenida Venezuela; Breña; donde se realizaron el monitoreo para la toma de muestra, como: la cuadra (Av. Alfonso Ugarte), (Jr. Huaraz), (Jr. Jorge Chávez); cada punto tiene un código de identificación.

**Tabla N° 6:** Determinación de la masa de polvo respirable muestreado

Código laboratorio	Punto de muestreo	Peso inicial (mg)	Peso final (mg)	Polvo respirable (mg)
PR-LAB-14-17	Av. Alf Ugarte cruce	19.154	19.19	0.036
PR-LAB-14-16	Jr. Huaraz	15.826	15.851	0.025
PR-LAB-14-47	Jr. Jorge Chávez	17.479	17.499	0.020

FUENTE: Elaboración propia

**GRAFICO N° 1**



**Interpretación:**

En la Tabla n°5; se observan la determinación de polvo muestreado de las diferentes cuadras de la avenida Venezuela; Breña; donde se realizaron el monitoreo para la toma de muestra, obteniendo el polvo respirable (mg): Av. Alfonso Ugarte (0.036mg), Jr. Huaraz (0.025mg), Jr. Jorge Chávez (0.020mg).

**Tabla N° 7 : Determinación del volumen de aire muestreado**

- **Volumen de aire muestreado (m3):**

Flujo x tiempo

43.6 L

0.043 m3

Código laboratorio	Flujo muestreado de aire (L/min)	Hora inicio	Hora final	Tiempo muestreado (min)	Volumen de aire muestreado (m3)
PR-LAB-14-17	2.18	18:00	18:20	20	<b>0.0436</b>
PR-LAB-14-16	2.18	18:30	18:50	20	<b>0.0436</b>
PR-LAB-14-47	2.18	19:00	19:20	20	<b>0.0436</b>

**FUENTE: Elaboración Propia**

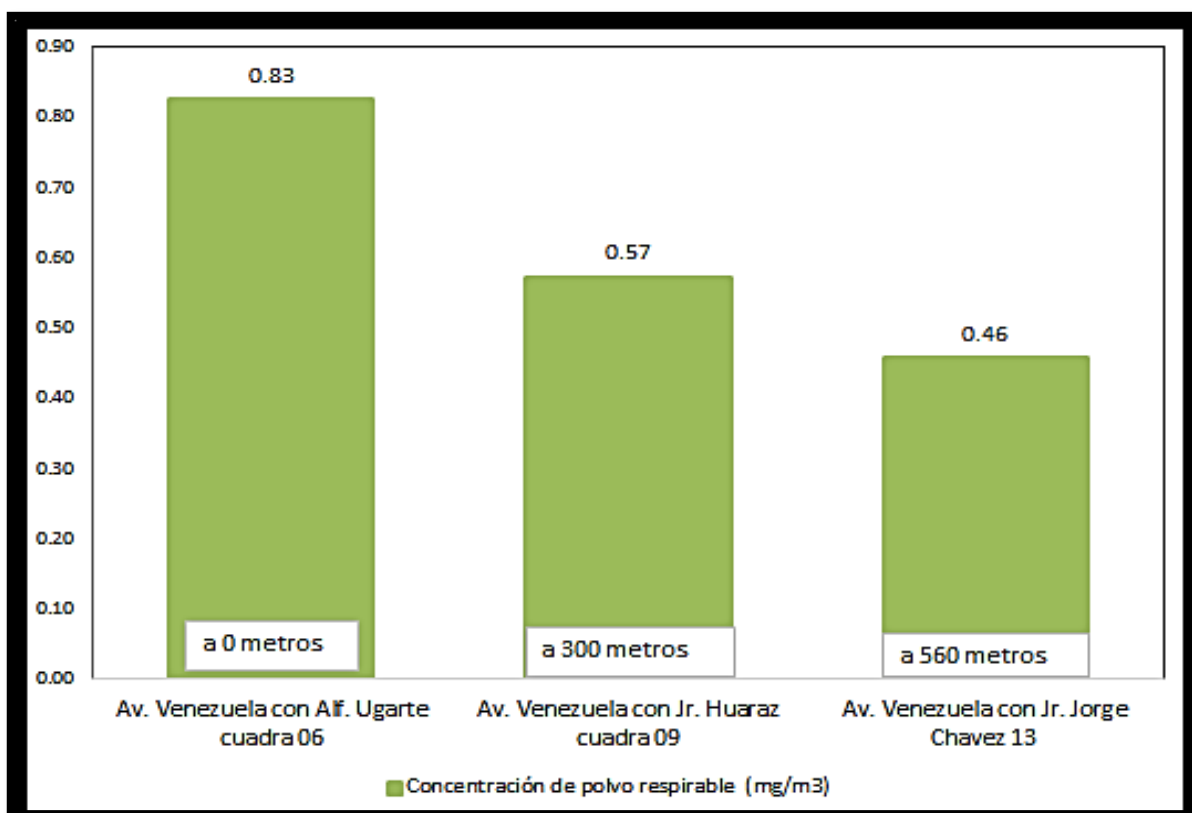
**Interpretación:**

En la Tabla N°6; se observan el flujo muestreado (L/min) y el tiempo muestreado (min) de los (03) puntos de muestreo, obteniendo el volumen de aire muestreado (m3): **PR-LAB 14-17**(0.0436M<sup>3</sup>), **PR-LAB 14-16**(0.0458M<sup>3</sup>)y **PR-LAB 14-47**(0.0436M<sup>3</sup>).

**Tabla N° 8:** Determinación de la concentración de fracción respirable en aire en cuanto a la distancia de Avenida de gran carga vehicular

Distancia de Avenida (m)	Código laboratorio	Punto de muestreo	Polvo respirable (mg)	Volumen de aire (m3)	Concentración de polvo respirable (mg/m3)
<b>0 metros</b>	PR-LAB-14-17	Av. Alf Ugarte	0.036	0.0436	0.83
<b>300 metros</b>	PR-LAB-14-16	Jr. Huaraz	0.025	0.0436	0.57
<b>560 metros</b>	PR-LAB-14-47	Jr. Jorge Chávez	0.02	0.0436	0.46

**GRAFICO N° 2 DETERMINACION DE CONCENTRACION DE FRACCION RESPIRABLE EN CUANTO A DISTANCIA**



**Interpretación:** En la Tabla N°7; se observan el polvo respirable (mg) obtenido en la tabla N°5 y el volumen de aire (m<sup>3</sup>) en la tabla N°6, obteniendo la concentración de polvo respirable (mg/m<sup>3</sup>): **PR-LAB 14-17(0.83 mg/m<sup>3</sup>)**, **PR-LAB 14-16(0.55mg/m<sup>3</sup>)** y **PR-LAB 14-47(0.46mg/m<sup>3</sup>)**.

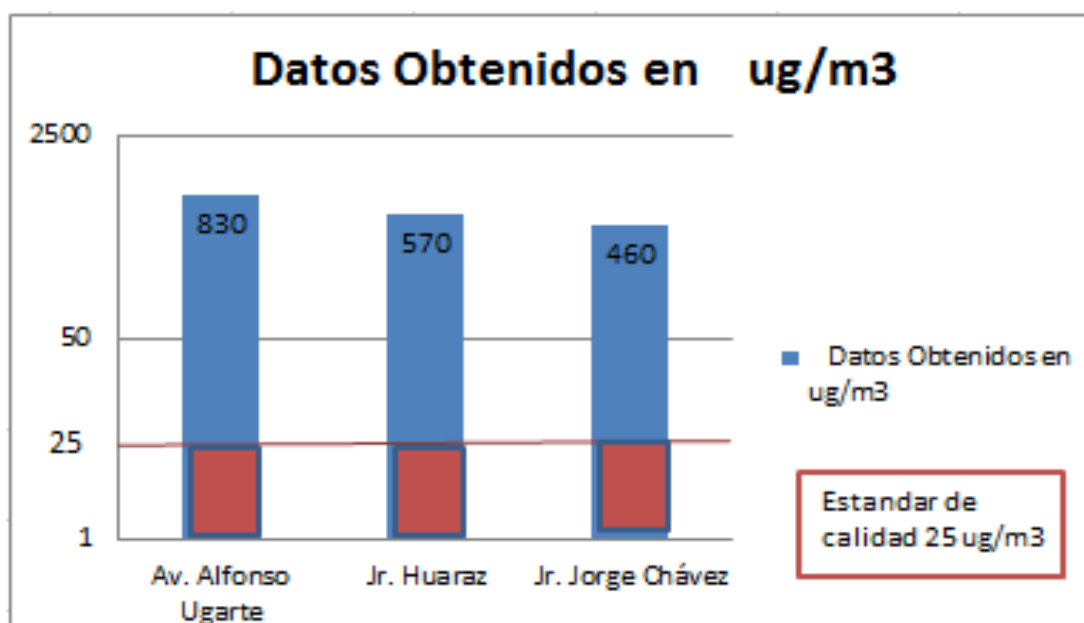
**Tabla N° 9:** Comparación con valores referenciales

Estándar de calidad ambiental para aire (ECA) DECRETO SUPREMO N° 003-2008-MINAM	Unidad	Observación
25	ug/m <sup>3</sup>	Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM2,5)

**Tabla N° 10 :** Comparación de los valores obtenidos de polvo respirable Pm 2,5 con Estándar de calidad Ambiental para aire

CÓDIGO	AVENIDA PRINCIPAL	DATOS OBTENIDOS EN mg/m <sup>3</sup>	DATOS CONVERTIDOS A ug/m <sup>3</sup>	Estándar de calidad ambiental para aire (ECA) ug/m <sup>3</sup>
PR-LAB 14-17	Avenida Venezuela	0.83	830	25
PR-LAB 14-16	Avenida Venezuela	0.57	570	25
PR-LAB 14-47	Avenida Venezuela	0.46	460	25

**GRAFICO N° 3 : COMPARACION DE LOS DATOS OBTENIDOS**



**Interpretación:**

En la Tabla n°9; se observan la concentración de polvo respirable (ug/m<sup>3</sup>): **PR-LAB 14-17(830 ug/m<sup>3</sup>)**, **PR-LAB 14-16(550mg/m<sup>3</sup>)** y **PR-LAB 14-47(460ug/m<sup>3</sup>)**. Como se observa los valores encontrados superan en gran medida (más de diez veces) los valores recomendados de calidad del aire (25ug/m<sup>3</sup>), indicados por el ministerio del ambiente en un punto de la ciudad caracterizado por la alta carga vehicular, esto a que el estudio es debido a que se realiza en hora punta.



## DISCUSION

En el estudio realizado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI José silva Cotrina, Raphael Aliaga Martínez, Jhojan Rojas Quincho, Rosalinda Aguirre Almeyda SENAMHI (2016)– Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales que al estudiar la fracción respirable (Material Particulado 2,5pm) en los distritos de Villa María del Triunfo, Huachipa y Puente Piedra obtuvieron datos de 26 ug/m<sup>3</sup>, 27,4 ug/m<sup>3</sup> y 30,6 ug/m<sup>3</sup> respectivamente encontrándose mayor a los valores permisibles de 25 ug/m<sup>3</sup> del Estándar Nacional del Aire de Decreto Supremo N°003-2008-MINAM(ug/m<sup>3</sup>). Obteniendo como resultado contaminación del aire. Según nuestros resultados encontramos contaminación del aire en la Av. Venezuela y zonas aledañas debido a que las concentraciones de fracción respirable encontradas sobrepasan hasta 10 veces más el estándar Nacional de calidad del Aire de 24 horas si bien es cierto que el estudio realizado fue en una hora punta estos resultados también pueden determinar la contaminación del aire en la Av. Venezuela. Los niveles de concentración de fracción respirable (Material Particulado 2,5 pm) de los 03 puntos de muestreos de Av. Venezuela fue: Av. Alfonso Ugarte 830 ug/m<sup>3</sup>, Jr. Huaraz 570 ug/m<sup>3</sup>, Jr. Jorge Chávez 460 ug/m<sup>3</sup>.

Estos resultados obtenidos también son similares a Quijano Parra Alfonso, Thomas Manzano Saury José, Peña Rodríguez Belisario que estudio la fracción respirable (material particulado 2,5 pm) en el país de Colombia en la localidad de Villa del Rosario – Norte de Santander en este estudio se recolecto en total de 37 muestras obteniendo que el 62,6 % de las 37 muestras superan la norma colombiana de PM 2,5 teniendo datos mayores de 99,4 ug/m<sup>3</sup> de calidad del aire que es de 50 ug/m<sup>3</sup> establecida por el ministerio del medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Colombia, demostrando que también hay contaminación del Aire. Según nuestros resultados obtenidos en los puntos de muestreo también determinamos la contaminación del aire si bien es cierto los valor permisibles son diferentes a los valores del estado peruano también demuestra la contaminación del en el de país de Colombia ya que estos parámetros son realizados dependiendo del lugar geográficos, población.

Por otro lado los resultados obtenidos en la siguiente investigación discrepan con el estudio realizado por José Silva Cotrina, Raphael Aliaga Martínez, Jhojan Rojas Quincho, Rosalinda Aguirre Almeyda SENAMHI el mes de enero 2016 que estudio la concentración de fracción respirable 2,5 pm en lima centro cerca de campo de marte obteniendo que, las concentraciones de 12,4 a 14,6 ug/m<sup>3</sup>, con una máxima de 18,4 ug/m<sup>3</sup> que es equivalente al ECA en 74 %; no se superó el ECA en el mes que es 25 ug/m<sup>3</sup>. Según nuestros resultados obtenemos que la Av. Venezuela y zonas aledañas podrían estar contaminadas ahora la contaminación del aire por la carga vehicular en función a la distancia se obtuvo que mientras más nos alejamos de la carga vehicular de la Av. Alfonso Ugarte menos era la concentración de fracción respirable (Material Particulado 2,5 pm). Entonces podríamos decir que es posible que lima centro (campo de marte) se encuentre dentro de los valores permisibles.

En cuanto a lo realizado por Ricardo A. Zamarreño y Cristian E. Díaz sobre la concentración de fracción respirable 2,5 pm en la ciudad de serena – chile se encuentra en valores normales anuales de 38,5 ug/m<sup>3</sup> tomando como norma el valor de 65 ug/m<sup>3</sup> que tiene chile como parámetro de material particulado 2,5 pm.

Es probable que los resultados discrepen de un país a otro ya que cada país tiene una norma legal para determinar la fracción respirable Material Particulado 2,5 pm, además del lugar geográfico y la calidad del aire de cada País. En cuanto al estudio que realice se abarca más a una hora punta donde hay más carga vehicular por eso los datos superan 10 veces más el parámetro de 24 horas.

## CONCLUSIONES

- Según resultados encontrados se puede apreciar la contaminación del aire en la avenida Venezuela.
- Se puede apreciar que a medida que nos alejamos de la Av. De gran carga vehicular el material particulado 2,5 pm será menor ya que a medida que nos alejamos de la avenida de gran carga vehicular como es la avenida Alfonso Ugarte la concentración encontrada de material particulado 2,5 pm es menor.
- Queda demostrado que las concentraciones de la fracción polvo respirable obtenidos durante el monitoreo realizado en el distrito de Breña estuvieron por muy elevados de los valores de referencia de los valores permisibles del DECRETO SUPREMO N° 003-2008-MINAM Estándar Nacional de Calidad del aire para promedios de 24 horas.
- Queda demostrado que la fracción de polvo respirable en la Av. Venezuela ha sido diferentes en cada punto de muestreado como: en Av. Alfonso Ugarte 0,86 mg / m<sup>3</sup>, Jr. Huaraz 0,55 mg / m<sup>3</sup> y Jr. Jorge Chávez 0,46 mg / m<sup>3</sup>.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar mediciones más específicas para determinar el aporte del parque automotor y el aporte de las Industrias a la contaminación del aire, para ello se debería muestrear cerca de las fuentes de emisión de las industrias, chimeneas, otras fuentes de emisión.
- Se recomienda realizar estudios Intradomiciliaria en las viviendas aledañas a esta zona a fin de determinar la calidad del aire a la que está expuesta la población.
- Comunicar al Ministerio de Salud la problemática encontrada para que ejecute políticas públicas de salud en beneficio de la población.
- Comunicar al Ministerio de Transporte y Comunicación el daño que viene ocasionando el parque automotor para que tomen decisiones a fin de minimizar la fuente de contaminación.
- Cooperar con este trabajo de investigación para que las autoridades tomen conciencia que la población se encuentra expuesta a los daños ocasionados por el aumento de material particulado en las avenidas de gran carga vehicular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para Vehículos Automotores que circulan en La red vial, aprobado 11/2001 por Decreto Supremo N° 047 – 2001 – MTC. Lima – Perú.
2. Héctor Manuel García Lozada; Evaluación del Riesgo por Emisiones de Partículas en Fuentes Estacionarias de Combustión. Bogotá. 2006
3. José silva Cotrina, Raphael Aliaga Martínez, Jhojan Rojas Quincho, Rosalinda Aguirre Almeyda SENAMHI.Boletín De Vigilancia De La Calidad Del Aire En La Zona Metropolitana De Lima Y Callao N° 1, Enero – 2016.
4. Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales Lima Metropolitana: Concentración promedio de material particulado inferior a 2,5 micras (PM 2,5), por estaciones de medición SENAMHI – 2015.
5. Ricardo A. Zamarreño y Cristian E. Díaz Cuantificación de elementos metálicos presentes en material particulado PM 2,5 en la atmosfera de la ciudad de la serena chile - 2010.
6. Quijano Parra Alfonso, Thomas Manzano Saury José, Peña Rodríguez Belisario Determinación de metales y material particulado PM 2,5 en muestras de aire de Villa del Rosario- Norte de Santender – Colombia- 2013.
7. Concentraciones De Material Particulado Respirable Suspendido En El Aire En Inmediaciones De Una Vía De Transporte Público Colectivo Eduardo Behrentz, Ph.D (2011) Disponible En: [Http://Www.Caem.Org.Co/Catalogo/Docs/Estudiomaterialparticulado.Pdf](http://www.caem.org.co/Catalogo/Docs/Estudiomaterialparticulado.Pdf)
8. Juan Manuel Rivera Poma. Modelo de Identificación de Factores Contaminantes atmosféricos críticos en Lima – Callao. 2012.

Disponible: <http://Cybertesis.unmsm.edu.pe.lima2012>

9. ROBERTS, Alley & Associates Inc. Manual de Control de la Calidad del Aire, México, Tomo I, p.2,5 – 2009.
10. OEFA Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. El régimen común de fiscalización ambiental. Lima: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2004. Disponible en: [https://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Medio+Ambiente/](https://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/)
11. Cesar Augusto Arciniegas Suarez Diagnostico y Control de Material Particulado: Partículas suspendidas Totales y Fracción Respirable PM10. N° 34 Enero – Junio 2012.
12. David Romero Fonseca. Contaminación Atmosférica. México - 2010. Disponible: <http://www.tesoem.edu.mx/alumnos/cuadernillos/2010.pdf>
13. Guías de Calidad del aire de la OMS relativas al Material Particulado el Ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre Actualización Mundial - 2005.
14. Nivel De Afectación De La Contaminación Atmosférica Y Sus Efectos En La Infraestructura Del Campus Universitario Debido A La Emisión De Partículas Pm10 Y Co David Israel Moreano Bohórquez; Antonio Stefano Palmisano Patrón; Ing. Victoria Ramírez (2012) Disponible En: <Http://Tesis.Pucp.Edu.Pe/Repositorio/Handle/123456789/1763>
15. Lic. Reinaldo Diaz Veliz – Efectos Producidos por la Contaminación Atmosférica- Contaminación Del Aire. Disponible en: <http://docplayer.es/9208646-Contaminacion-del-aire-por-material-particulado-pm-10-y-pm-2-5.html>.
16. Edison Enrique Garrillo. Evolución y Tendencia Espacio – Temporal de las concentraciones de material particulado PM10 considerando la influencia de los parámetros. Venezuela – 2010.

17. Deisy Nataly Caro Marciales, Luisa Fernanda Uribe Laverde. Evaluación de la Concentración de Metales Contenidos en Material Particulado Respirable y su Incidencia sobre Ambientes intra - extra murales en dos localidades de Bogotá y otras ciudades del país con antecedentes de contaminación atmosférica. Bogotá – 2008.
  
18. Antonio Martí Veciana Ldo. Ciencias Químicas y Farmacia CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA – BARCELONA Toma de muestra de polvo inerte o molesto.
  
19. Dr. Manuel Romero, Lic. Francisca Diego Olite y Dra. Mireya Álvarez Toste. La Contaminación del Aire: Repercusión como problema de Salud- Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología - Rev Cubana Hig Epidemiol 2006; 44(2).  
Disponibile [http://www.bvs.sld.cu/revistas/hie/vol44\\_2\\_06/hie08206.htm](http://www.bvs.sld.cu/revistas/hie/vol44_2_06/hie08206.htm)
  
20. ATSDR. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública. Septiembre – 2012.  
Disponibile: [www.atsdr.cdc.gov/es](http://www.atsdr.cdc.gov/es)
  
21. DECRETO SUPREMO N° 003-2008- MINAM Ministerio del Ambiental Estándares de Calidad Ambiental para el Aire. 2008.
  
22. Determinación de Materia Particulada (Fracciones Inhalable, torácica y respirable) en aire – Método Gravimétrico MTA/MA – 014/A11

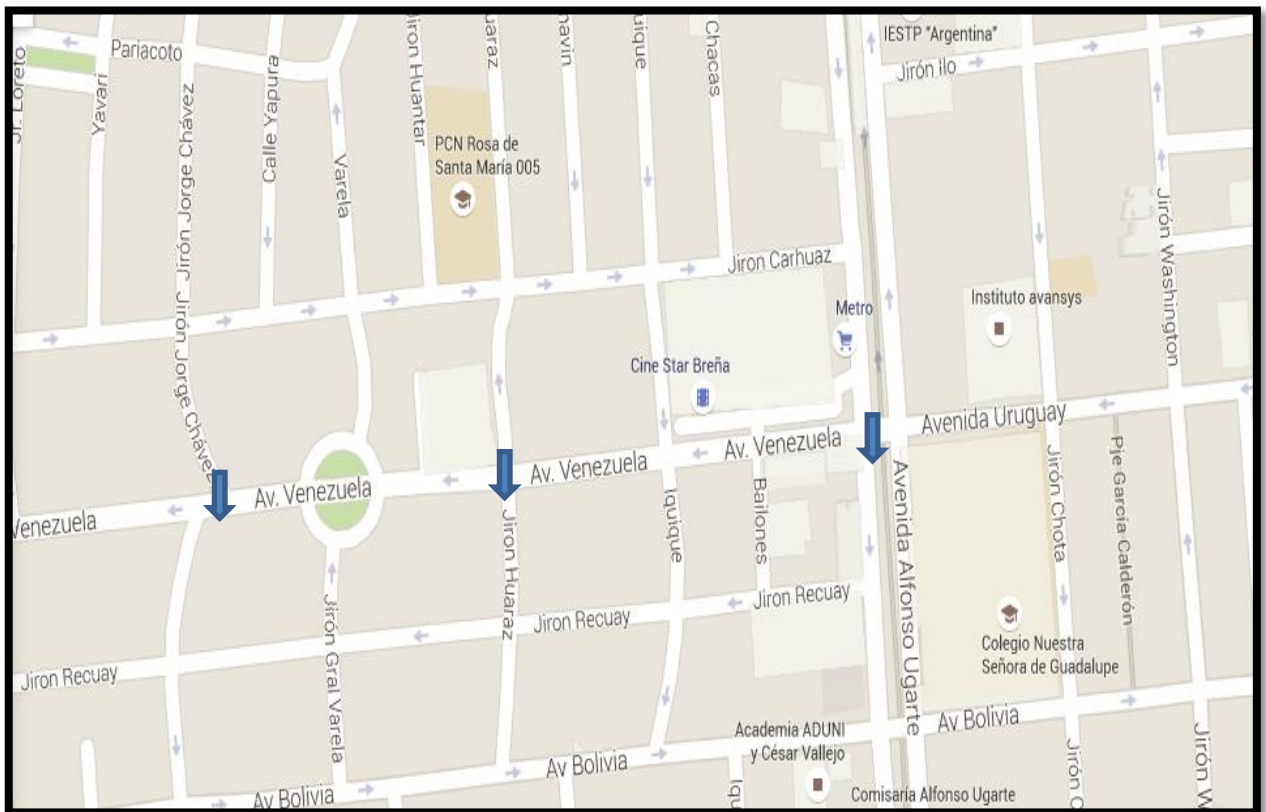
## **ANEXOS**



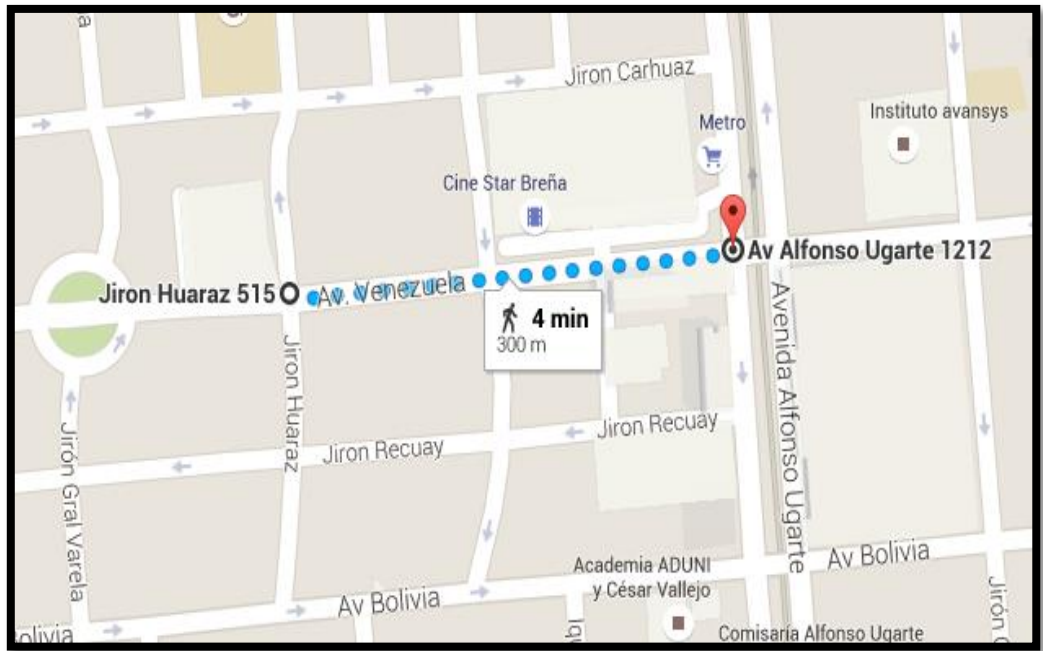
## ANEXOS 01

### LUGAR DE MUESTREO

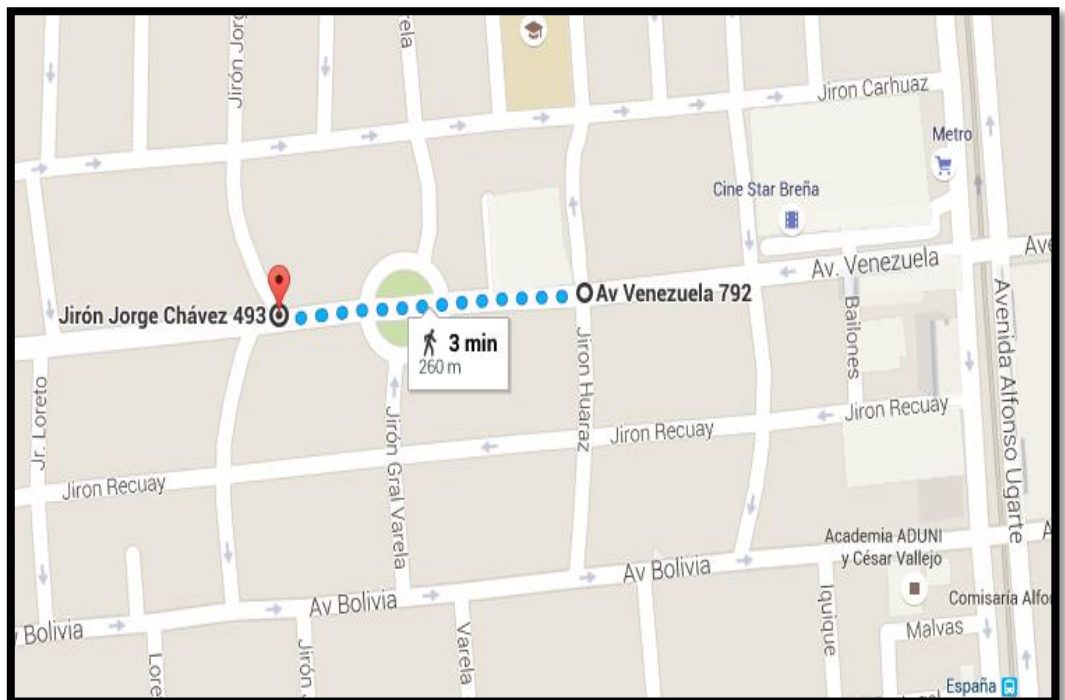
### DISTANCIA DE CADA MUESTREO EN METROS



Distancia obtenida de la primera muestra de la Av. Alfonso Ugarte hasta la tercera son de 560 metros OBTENIDO DE GOOGLE MAPS



Distancia de muestreo 01 con muestreo 02 es de 300 metros DATOS  
OBTENIDOS EN GOOGLE MAPS



Distancia de muestreo 02 con muestreo 03 es de 260 metros DATOS  
OBTENIDOS EN GOOGLE MAPS

## ANEXO N° 02

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Título del Proyecto de Tesis: CONCENTRACION DE FRACCION DE POLVO RESPIRABLE Y SU NIVEL DE CONTAMINACION**

**Presentado por: QUINTO RODRIGUEZ SANDRA STEFANNY**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION	METODO Y DISEÑO DE INVESTIGACION	VARIABLES	POBLACION Y MUESTRA
<p>¿Habrá contaminación del aire en la Av. Venezuela?</p> <p style="text-align: center;"><b>Problemas Específicos</b></p> <p><b>P.E.1:</b> ¿Cuál será la contaminación del aire en función a la distancia tomando como indicador la fracción respirable (2,5 pm)</p> <p><b>P.E.2:</b> ¿Cuál será los niveles de concentración de fracción respirable (2,5 PM) encontrados en la Av. Venezuela?</p> <p><b>P.E.2:</b> ¿Será igual la fracción encontrada con los valores máximos permisibles?</p>	<p>Determinar la contaminación del aire en la Av. Venezuela.</p> <p style="text-align: center;"><b>Objetivos Específicos</b></p> <p><b>O.E.1:</b> Determinar la contaminación del aire por la carga vehicular en función a la distancia tomando como indicador fracción respirable (PM 2,5)</p> <p><b>O.E.2:</b> Determinar los niveles de concentración de fracción respirable (2,5 PM) en la Av. Venezuela</p> <p><b>O.E.3:</b> Comparar los valores obtenidos de fracción polvo respirable, con el Estándar de Calidad del Aire.</p>	<p>El aire urbano de la Av. Venezuela a través de la fracción polvo respirable encontramos que está contaminado.</p> <p style="text-align: center;"><b>Hipótesis Especificas</b></p> <p><b>H.E.1</b> Habrá variación de la contaminación del aire según la distancia con una Av. De gran carga vehicular.</p> <p><b>H.E.1;</b> Los niveles de concentración de fracción polvo respirable serian altos, en la Av. Venezuela.</p> <p><b>H.E.2:</b> Los valores obtenidos de fracción polvo respirable encontrada en la Av. Venezuela, presentarían niveles mayores a lo establecido.</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p><b>NO EXPERIMENTAL</b></p> <p><b>Descriptiva - Observacional</b></p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p><b>Descriptivo</b></p>	<p><b>Método de Investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deductivo</li> <li>• Cuantitativo</li> <li>• Cualitativo</li> <li>• Científico</li> </ul> <p><b>Diseño de Investigación:</b></p> <p><b>Descriptivo</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Variable</b></p> <p>Nivel de contaminación según la concentración fracción polvo respirable</p> <p style="text-align: center;"><b>Indicadores:</b></p> <p><b>1:DECRETO SUPREMO 003-2008 MINAM ESTANDAR NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Población:</b></p> <p>Polvo respirable en toda la Avenida Venezuela, distrito de Lima</p> <p style="text-align: center;"><b>Muestra:</b></p> <p>Polvo respirable de la intersección con la Av. Alfonso Ugarte, Jr. Huaraz y Jr. Jorge Chávez de la Avenida Venezuela, Lima.</p>

ANEXO N°3

CERTIFICADO DE CALIBRACION

# Certificate of Calibration

## SKC UltraFlo® CALIBRATOR

Date Calibrated: 10-22-14 Next Calibration Due Date: 10-22-15

Serial Number: 011549 Model No. 709

### Applicable Measurement Standards

Description	MFR.	Model	Serial #	N. I. S. T.
<input type="checkbox"/> 1000ml Burette	Kimble	17081	0002	ASTM E542
<input type="checkbox"/> 1000ml Burette	Kimble	17081	0003	ASTM E542
<input checked="" type="checkbox"/> 1000ml Burette	Kimble	17081	1003	ASTM E542
<input type="checkbox"/> 1000ml Burette	Kimble	17081	1004	ASTM E542
<input type="checkbox"/> 1000ml Burette	Kimble	17081	2087	ASTM E542
<input type="checkbox"/> Stopwatch	Fisher	14-649-5	130029257	EL015
<input checked="" type="checkbox"/> Stopwatch	Fisher	14-649-5	230268455	EL015

AMBIENT CONDITIONS : Temperature 74±3°F Relative Humidity 50±10%

This calibrator as received on 10-20-14 at A.P. Buck, Inc.'s facility was found to be :

- Unable to calibrate as received due to condition of unit.
- Within specifications of ± 0.5% of the display reading.
- Not in specification by \_\_\_\_\_ % High \_\_\_\_\_ % Low of the display.

The instrument listed above has been adjusted to nominal, utilizing a 1,000ml burette and an electronic digital stop watch, which are traceable to The National Institute of standards & Technology (NIST). The accuracy of the instruments used to perform calibration is greater than 4 to 1. The A.P. Buck, Inc. Calibration system is in compliance with ANSI Z540-1 and IEC guide 25.

- Unit within specifications after calibration.

Calibration was conducted with A.P. Buck, Inc. Calibration Procedure APB-1 Rev. 6.2 with a constant flow pump using the Bubble-meter method. A.P. Buck, Inc. guarantees the accuracy and repeatability of ± 0.5% for any display reading as described under the instruction manual "Principles of Operation". Responsibilities shall in no event, nor for any cause whatsoever, exceed the price charged for the calibration represented by this certification.

QA APPROVAL BY: Jedro A Vargas

Information contained in this document should not be reproduced in any form without the written consent of A.P. Buck Inc. It is for reference only and cannot be used as a form of endorsement by any private or governmental regulatory body.

A.P. BUCK, INC.  
7101 Presidents Drive, Suite 110  
Orlando, FL 32809  
Phone: 407-851-8602 - Fax: 407-851-8910



### CALIBRATOR SERVICE SHEET

RMA No: R64123

Model No: SKC

Serial No: 011549

Check Battery Date		: <u>N/A</u>		AFTER CALIBRATION	
Check Battery Voltage	:	<u>1.24</u>	Empty Flow Cell	:	<input checked="" type="checkbox"/>
Leak Check Flow Cell	:	<input checked="" type="checkbox"/>	Install Nipple Covers	:	<input checked="" type="checkbox"/>
Check Sensor Block Screws	:	<input checked="" type="checkbox"/>	Install Calibration Label	:	<input checked="" type="checkbox"/>
Flow Cell Has Serial Number	:	<input checked="" type="checkbox"/>			
Clean Flow Cell & Unit	:	<input checked="" type="checkbox"/>			

### Applicable Measurement Standards

	Description	Initial	MFR.	Model	Serial #	N. I. S. T.
A	<input type="checkbox"/> 100ml Burette		Kimble	17027F-100		Special 17027F
B	<input checked="" type="checkbox"/> 1000ml Burette-1st check	<u>PV</u>	Kimble	17081	<u>1003</u>	ASTM E542
C	<input type="checkbox"/> 1000ml Burette-2nd check		Kimble	17081		ASTM E542
D	<input checked="" type="checkbox"/> Stopwatch-1st check	<u>PV</u>	Fisher	14-649-5	<u>230268455</u>	EL015
E	<input type="checkbox"/> Stopwatch-2nd check		Fisher	14-649-5		EL015

Calibration Date :	<u>10-20-14</u>	<u>10-22-14</u>	<u>10-22-14</u>	
Calibrated By :	<u>PV</u>	<u>PV</u>	<u>PV</u>	
Measured With :	<u>BD</u>	<u>BD</u>	<u>BD</u>	
APB-1 Rev. 6.2	<u>8:52</u> <i>As Received</i>	<u>8:12</u> <i>1<sup>st</sup> Check</i>	<u>12:24</u> <i>2<sup>nd</sup> Check</i>	<i>3<sup>rd</sup> Check</i>
Flow Rate	M-1 M-5 M-30	100.0 cc/m 1000 cc/m 1,000 LPM	100.0 cc/m 1000 cc/m 1,000 LPM	100.0 cc/m 1000 cc/m 1,000 LPM
Burette Reads	<u>1021</u>	<u>1028</u>	<u>1029</u>	
0.5 min on	<u>1025</u>	<u>1027</u>	<u>1033</u>	
1.0 min on	<u>1025</u>	<u>1027</u>	<u>1033</u>	
1.5 min on	<u>1025</u>	<u>1027</u>	<u>1033</u>	
2.0 min on	<u>1023</u>	<u>1028</u>	<u>1032</u>	
2.5 min on	<u>1023</u>	<u>1028</u>	<u>1032</u>	
3.0 min on	<u>1022</u>	<u>1028</u>	<u>1032</u>	
3.5 min on	<u>1022</u>	<u>1028</u>	<u>1032</u>	
4.0 min on	<u>1020</u>	<u>1028</u>	<u>1031</u>	
4.5 min on	<u>1020</u>	<u>1028</u>	<u>1030</u>	
5.0 min on	<u>1020</u>	<u>1028</u>	<u>1030</u>	

QC Stamp:

## **ANEXO 04**

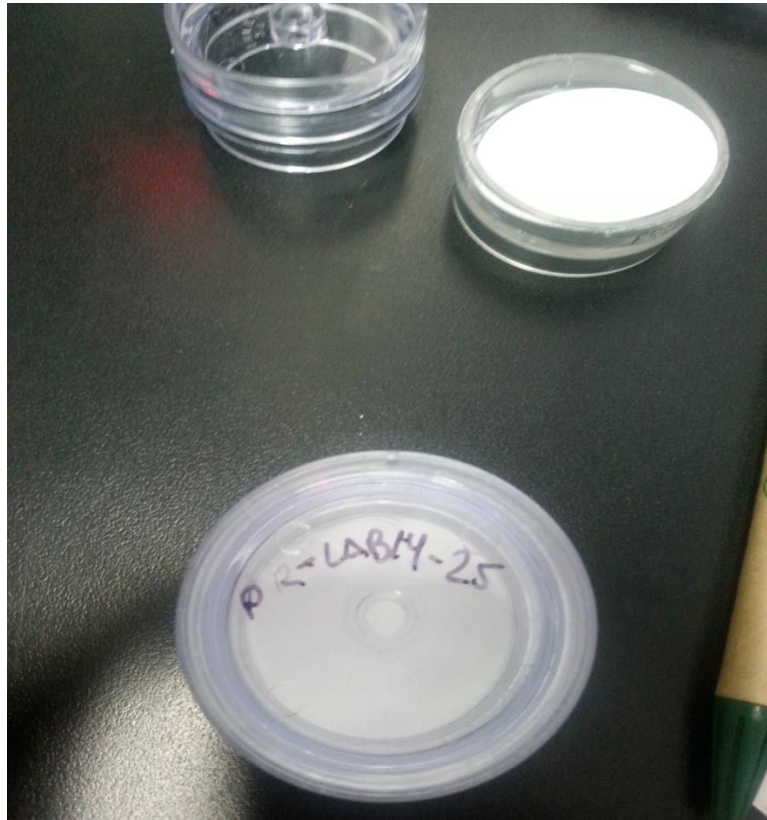
### **INSTRUMENTOS**



**PROCEDEMOS A ARMAR EL CASSETE PORTAFILTRO**



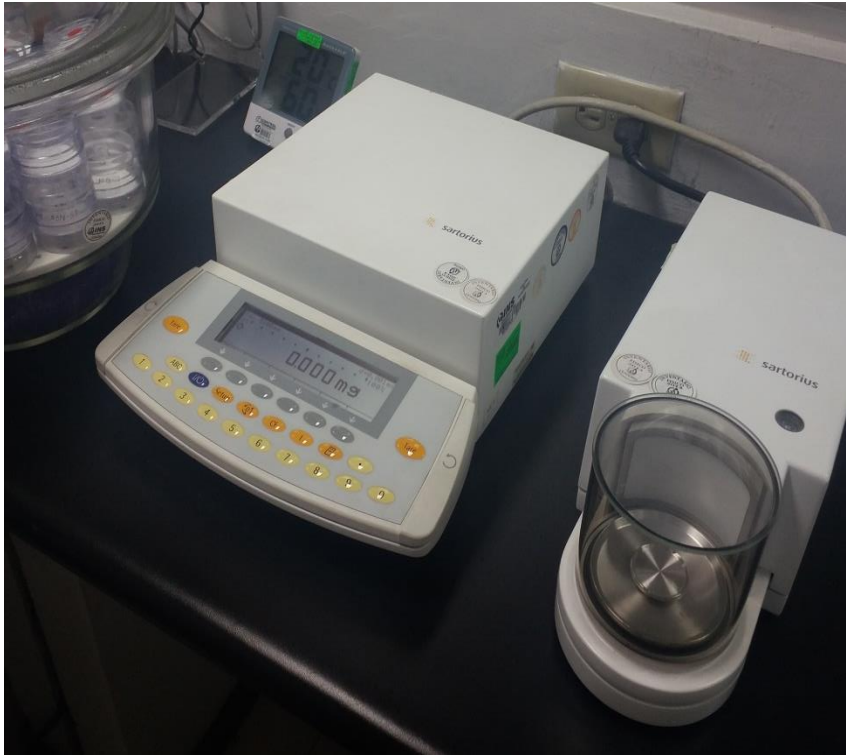
**OBTENEMOS LOS TRES PORTAFILTROS ARMADOS CON EL FILTRO DE PVC  
DENTRO PREVIAMENTE PESADO ANTES DE COLOCAR AL CASSETTE  
PORTAFILTRO**



**PROCEDEMOS A ROTULAR CON UN PLUMON INDELEBLE EL CODIGO QUE USAREMOS**



**BALANZA MICROANALITICA DE 04 DIGITOS SARTORIUS**



**DESIONIZADOR DE FILTROS MARCA SAROTIUS**



**MUESTRA 01 PR- LAB 14-17 (AVENIDA VENEZUELA CON AVENIDA ALFONSO UGARTE)**



**MUESTRA 02 PR- LAB 14-16 (AVENIDA VENEZUELA CON JIRON HUARAZ)**





**MUESTRA 03 PR- LAB 14-47 (AVENIDA VENEZUELA CON JIRON JORGE CHAVEZ)**



**FLUJO DE AIRE MUESTREADO 2,18 L/Min**



**PREPARANDO LA BOMBA DE MUESTREO**





**PONEMOS A FUNCIONAMIENTO LA BOMBA DE MUESTREO**



**CAMARA DE HUMEDAD CONTROLADA**

**ANEXO Nº 5**

**PROCEDIMIENTO**

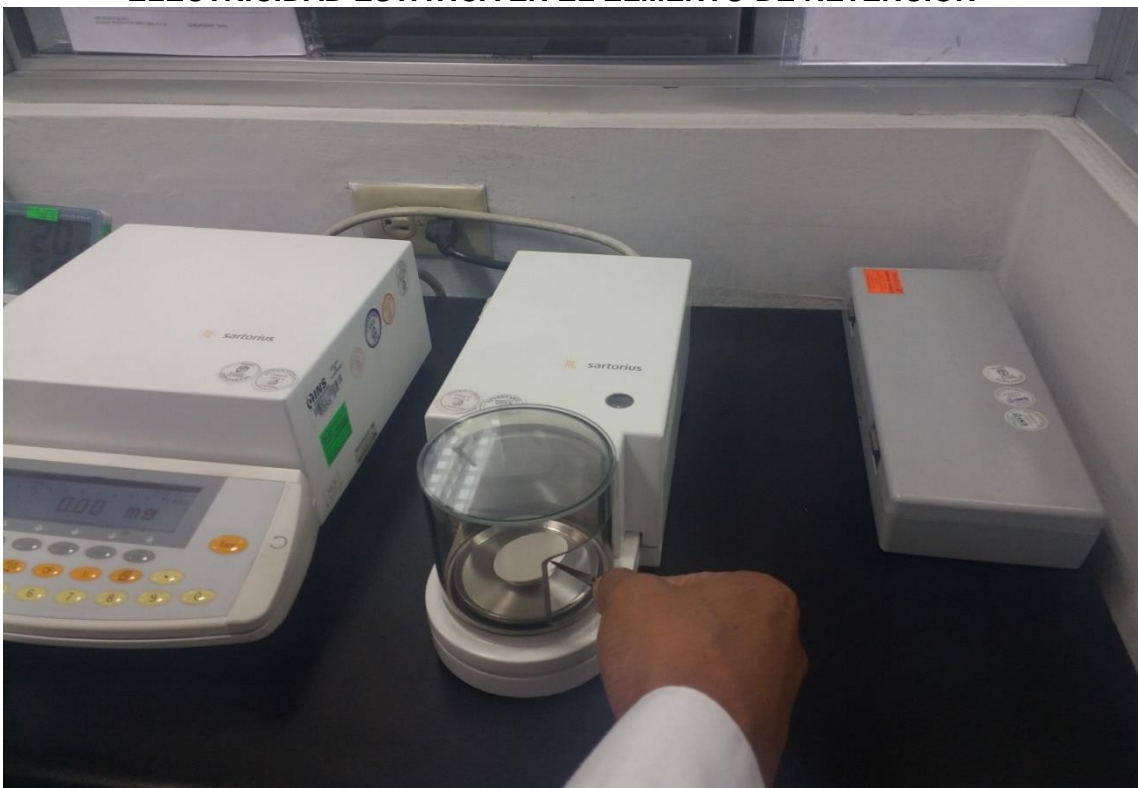
**OBTENER LA FRACCION DE POLVO RESPIRABLE (MATERIAL PARTICULADO 2,5 PM) DE LA AVENIDA VENEZUELA**



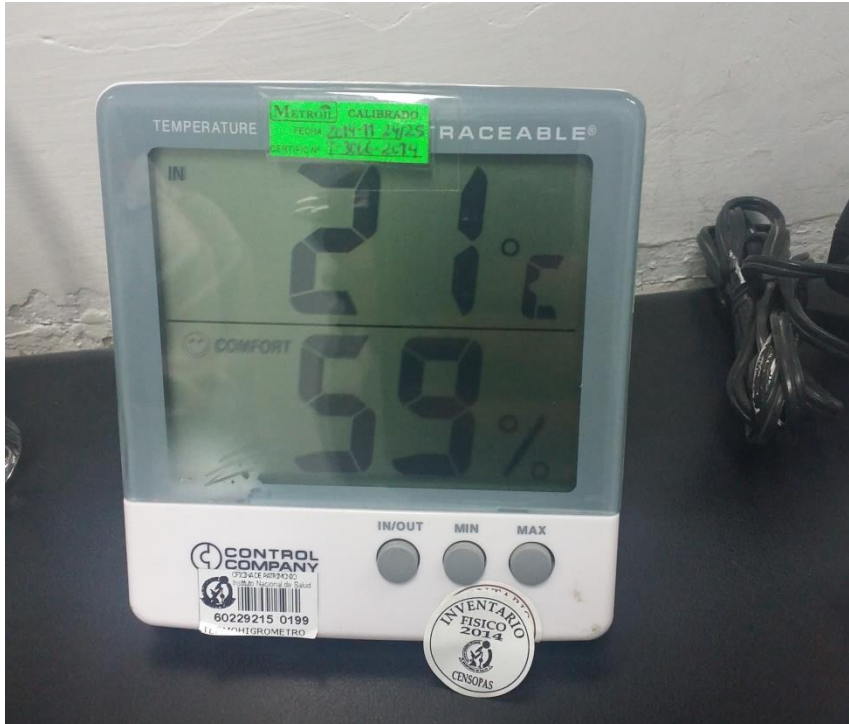
**PROCEDEMOS A REALIZAR EL ANALISIS**



**USAMOS EL DESIONIZADOR PARA MINIMIZAR LA ACUMULACION DE ELECTRICIDAD ESTATICA EN EL ELEMENTO DE RETENCION**



**USAMOS PIZA DE PUNTA PLANA PARA REALIZAR EL PESADO DE FILTROS**



**OBTENEMOS PESADO Nº2**



**OBTENEMOS PESADO N°3**