



**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE PM<sub>2.5</sub> Y PM<sub>10</sub>  
EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO EN LIMA – PERÚ, 2016”**

Tesis para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

**Bach. GABRIELA VELARDE MEDINA**

**LIMA - PERÚ**

**2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor, Ing. Luis Ibañez, por la confianza y apoyo constante durante el desarrollo de la presente investigación.

Al Ministerio del Ambiente del Perú, por el préstamo de los equipos para la fase experimental y las facilidades para utilizar sus instalaciones durante el monitoreo. En especial, agradezco al Ing. Eric Concepción por conceder los permisos necesarios y a Luis Madalengoitia, por su apoyo diario durante el monitoreo.

A Efraín Sandoval, quien también ha realizado su tesis de pregrado sobre calidad del aire, apoyándonos mutuamente durante el proceso.

A la Dra. Gladys Lino, por su amistad, permanente disposición y apoyo en el desarrollo de la investigación.

A Ing. Roxana Díaz, Ing. Mauricio Saez y Blgo. Armando Vélez por su amistad y consejos. Gracias por brindarme la oportunidad de trabajar con ustedes y ayudarme con la mejor voluntad.

A toda mi familia, en especial a mis padres, Carlos y Gaby, por ser mi soporte durante mi formación personal y profesional.

A Jorge, por su apoyo incondicional en todas las metas que me propongo.

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
1.1 Problemática de la Investigación .....	10
1.2 Justificación de la Investigación .....	11
1.3 Objetivos de la investigación .....	12
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	13
2.1 Contaminación atmosférica .....	13
2.2 Material particulado (PM) .....	14
2.2.1 Composición química del PM .....	15
2.2.2 Clasificación del PM .....	17
2.2.3 Clasificación de fuentes y propagación del PM .....	19
2.2.4 Influencia de las variables meteorológicas sobre el PM .....	20
2.2.5 Relación entre PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10</sub> .....	22
2.2.6 Efectos adversos del PM .....	23
a. Efectos adversos en la salud humana .....	23
b. Efectos adversos en el ambiente .....	25
2.2.7 Determinación de la concentración del PM .....	26
2.3 La calidad del aire en Lima .....	27
2.4 Legislación sobre calidad del aire .....	29
2.4.1 Legislación Internacional .....	29
2.4.2 Legislación en el Perú .....	30
<b>III. METODOLOGÍA Y MATERIALES</b> .....	34
3.1 Hipótesis .....	34
3.2 Materiales .....	34
3.3 Software .....	34
3.4 Equipos .....	35
3.4.1 Muestreador de alto volumen para PM <sub>10</sub> .....	35
3.4.2 Muestreador de bajo volumen para PM <sub>2.5</sub> .....	36
3.4.3 Estación meteorológica .....	36
3.5 Metodología .....	37
3.5.1 Ubicación de la estación de monitoreo .....	37

3.5.2 Preparación para el monitoreo .....	38
3.5.3 Monitoreo de PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10</sub> .....	39
3.5.4 Procesamiento de datos y análisis .....	40
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
4.1 Procesamiento de datos.....	43
4.2 Condiciones ambientales durante el monitoreo.....	44
4.4 Correlación entre PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10</sub> .....	47
4.5 Intervalos de confianza .....	48
4.6 Variación mensual del PM.....	49
4.7 Variación semanal del PM.....	51
4.8 Cumplimiento de normas nacionales e internacionales .....	53
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>56</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>
<b>IX. GLOSARIO.....</b>	<b>76</b>
<b>X. ANEXOS.....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Composición química del material particulado.....	16
<b>Figura 2.</b> Comparación del tamaño de las partículas del PM.....	18
<b>Figura 3.</b> Efectos del material particulado en el sistema respiratorio .....	24
<b>Figura 4.</b> Muestreador de alto volumen para PM <sub>10</sub> marca Hivol 3000 – Ecotech .....	35
<b>Figura 5.</b> Muestreador de bajo volumen para PM <sub>2.5</sub> marca BGI PQ200 .....	36
<b>Figura 6.</b> Límites geográficos del distrito de San Isidro .....	37
<b>Figura 7.</b> Ubicación de los equipos de monitoreo .....	38
<b>Figura 8.</b> Instalación de los equipos de monitoreo en la azotea de la Dirección General de Calidad Ambiental del MINAM .....	39
<b>Figura 9.</b> Condiciones meteorológicas correspondientes al monitoreo realizado durante los meses de agosto, setiembre y octubre de 2016.....	45
<b>Figura 10.</b> Tendencia entre la concentración de material particulado y la temperatura durante los 35 días de monitoreo .....	46
<b>Figura 11.</b> Relación entre las concentraciones de PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10</sub> .....	47
<b>Figura 12.</b> Variación mensual de PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10</sub> durante los meses de agosto, setiembre y octubre de 2016 .....	51
<b>Figura 13.</b> Variación entre días de semana y fines de semana de PM <sub>2.5</sub> y PM <sub>10</sub> , durante los meses de agosto, setiembre y octubre de 2016.....	52
<b>Figura 14.</b> Concentración de PM <sub>2.5</sub> en contraste con el ECA nacional para aire (50 µg/m <sup>3</sup> ; 24 horas) y las normas internacionales establecidas por la UE (25 µg/m <sup>3</sup> ; anual), USEPA (35 µg/m <sup>3</sup> ; 24 horas) y OMS (25 µg/m <sup>3</sup> ; 24 horas). .....	54
<b>Figura 15.</b> Concentración de PM <sub>10</sub> en contraste con el ECA nacional para aire (100 µg/m <sup>3</sup> , 24 horas) y las normas internacionales establecidas por la UE (50 µg/m <sup>3</sup> , 24 horas), EPA (150 µg/m <sup>3</sup> , 24 horas) y OMS (50 µg/m <sup>3</sup> , 24 horas). ....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición del aire seco .....	13
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de las fuentes de contaminación atmosférica .....	19
<b>Tabla 3.</b> Relación entre $PM_{2.5}$ y $PM_{10}$ en ciudades y países del mundo.....	22
<b>Tabla 4.</b> Ubicación de la estación meteorológica “Campo de Marte” .....	36
<b>Tabla 5.</b> Correspondencia de resultados de correlación de Pearson.....	41
<b>Tabla 6.</b> Procesamiento de las variables $PM_{2.5}$ y $PM_{10}$ .....	43
<b>Tabla 7.</b> Promedio de material particulado monitoreado por meses .....	43
<b>Tabla 8.</b> Relación entre la temperatura y las variables $PM_{2.5}$ y $PM_{10}$ .....	44
<b>Tabla 9.</b> Correlación entre $PM_{2.5}$ y $PM_{10}$ .....	48
<b>Tabla 10.</b> Datos de determinación del intervalo de confianza para $r$ .....	48
<b>Tabla 11.</b> Datos de determinación del intervalo de confianza para $B$ .....	49
<b>Tabla 12.</b> Datos de determinación del intervalo de confianza para $B_0$ .....	49
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza entre los meses de monitoreo de $PM_{2.5}$ y $PM_{10}$ .....	50
<b>Tabla 14.</b> Análisis de identificación de varianza.....	50
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza entre los días de monitoreo de $PM_{2.5}$ y $PM_{10}$ .....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire aprobados mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.....	77
<b>Anexo 2.</b> Comparación de estándares de calidad de ambiental para material particulado.....	79
<b>Anexo 3.</b> Plano de ubicación de la estación de monitoreo.....	80
<b>Anexo 4.</b> Certificado de calibración de equipo Hivol 3000 - Ecotech.....	81
<b>Anexo 5.</b> Certificado de calibración de equipo BGI PQ200.....	82
<b>Anexo 6.</b> Filtros utilizados para cada equipo. La imagen izquierda corresponde a los filtros Whatman de fibra de teflón de 46.2mm, mientras que la imagen derecha corresponde a los filtros Whatman de fibra de cuarzo de 203mm x 254mm.....	83
<b>Anexo 7.</b> Portafiltros utilizados para cada equipo. La imagen izquierda corresponde al portafiltro para los filtros Whatman de fibra de teflón de 46.2mm, mientras que la imagen derecha corresponde al portafiltro para los filtros Whatman de fibra de cuarzo de 203mm x 254mm.....	83
<b>Anexo 8.</b> Informes del laboratorio Corplab SAC.....	84
<b>Anexo 9.</b> Registro de la información diaria del monitoreo.....	107
<b>Anexo 10.</b> Bitácora de campo del monitoreo.....	108
<b>Anexo 11.</b> Procesamiento de los datos.....	112
<b>Anexo 12.</b> Prueba de normalidad y prueba de homogeneidad.....	114
<b>Anexo 13.</b> Capa de inversión Térmica Histórica vs. PM10 Mensual – Lima Metropolitana.....	115

## RESUMEN

En la presente investigación se determinó la relación entre  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ , para lo que se realizaron muestreos diarios simultáneos de 24 horas, con el objetivo de medir  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  durante 35 días no continuos entre los meses de agosto a octubre de 2016, en la Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente, en San Isidro. Se utilizaron los equipos automáticos BGI PQ200 y Hivol 3000 - Ecotech para medir  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ , respectivamente. Los resultados demostraron la existencia de una relación positiva significativa de 0.39 entre  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ , valor cercano al propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para países en vías de desarrollo. También, se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de 0.66. La relación obtenida no garantizaría la predicción de los valores de  $PM_{2.5}$  en función al monitoreo de  $PM_{10}$ , ya que se obtuvo un coeficiente de determinación de 44.32%, siendo muy bajo para una predicción confiable. Además, se analizó la variación temporal de las variables, demostrando una tendencia decreciente de los valores de material particulado en función al cambio de estación de invierno a primavera. Por otro lado, se comparó los resultados obtenidos con las normas nacionales e internacionales, cumpliendo, en promedio, con los valores señalados. De esta manera, con el análisis relacional realizado se buscó aportar a la recopilación de información sobre el material particulado en el distrito de San Isidro, incentivando la investigación en este campo.



## ABSTRACT

In the following investigation, the relation between  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  was determined, for which simultaneous 24-hour daily sampling was performed to measure  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  for 35 non-continuous days between August and October 2016, in the General Direction of Environmental Quality of the Ministry of the Environment, in San Isidro. The automatic equipment BGI PQ200 and Hivol 3000 - Ecotech were used to measure  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$ , respectively. The results showed a significant positive relation of 0.39 between  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$ , a value close to that proposed by the World Health Organization (WHO) for developing countries. Also, a Pearson correlation coefficient of 0.66 was obtained. The relation obtained would not guarantee the prediction of  $PM_{2.5}$  values as a function of  $PM_{10}$  monitoring since a determination coefficient of 44.32% was obtained, being very low for a reliable prediction. In addition, the temporal variation of the variables was analyzed, showing a decreasing tendency of the values of particulate material in function of the change of season from winter to spring. On the other hand, the results obtained were compared with national and international standards, complying, on average, with the values indicated. In this way, with the correlational analysis, we sought to contribute to the collection of information on particulate matter in the district of San Isidro, encouraging research in this field.

## I. INTRODUCCIÓN

Según Miranda y Ortiz (2008) la contaminación atmosférica ha venido acompañando al hombre desde hace 500 años aproximadamente. El primer caso de efectos graves ocurrió en Londres en 1952, donde las condiciones meteorológicas provocaron una inversión térmica y una alta concentración de contaminantes, principalmente de material particulado, que se asoció con el aumento de muertes.

Actualmente, la problemática persiste. El aumento de la densidad poblacional, la masiva migración a las urbes, el aumento de las industrias y el antiguo, pero creciente parque automotor ha aumentado la emisión de contaminantes a la atmósfera. Por ello, el mayor problema atmosférico en Lima Metropolitana sigue siendo las altas concentraciones de material particulado (PM, por sus siglas en inglés) menor a 10 micrómetros, ya que muchos distritos aún sobrepasan el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Aire (anexo 01) (SENAMHI, 2013).

También, es importante mencionar que la relación  $PM_{2.5}/PM_{10}$  ha sido determinada en numerosos estudios llevados a cabo en diferentes ciudades. Dichos estudios han demostrado que existe diferencias en los valores encontrados, debido a las diferencias geológicas, climatológicas, atmosféricas, y en las fuentes de emisión de contaminantes, que influyen en la distribución de tamaños de las partículas en cada sitio de monitoreo (Galvis & Rojas, 2005). Por ello, debido a las distintas características del Perú, es importante hallar la relación entre estos parámetros en las diversas zonas del país.

### 1.1 Problemática de la Investigación

La contaminación del aire es un fenómeno que, paulatinamente y con mayor intensidad, está afectando a los habitantes de las principales ciudades del mundo y, en especial, a grupos vulnerables como niños, enfermos, mujeres

gestantes y ancianos de los sectores económicos más pobres y excluidos (Defensoría del Pueblo, 2006). El material particulado es considerado como uno de los principales contaminantes atmosféricos debido a su aporte en la alteración de la composición original de la atmósfera y su probado efecto negativo sobre la salud humana, los ecosistemas y su aporte en el cambio climático (Aldabe, 2011).

Chen et al. (2016) indican que existen evidencias que demuestran que decesos específicos por asma, fibrosis pulmonar, cáncer, diabetes y enfermedades degenerativas pueden ser atribuidas a la exposición de las personas al  $PM_{2.5}$ , concluyendo que efectos en la salud han ido aumentando mientras disminuye el diámetro del material particulado, siendo los niños los más afectados debido al incompleto desarrollo de su sistema inmunológico y respiratorio.

Por otro lado, la ciudad de Lima concentra un tercio de la población peruana, por lo que está experimentando un aumento acelerado y significativo de algunos factores que impactan negativamente en la calidad del aire. El aumento y envejecimiento del parque automotor, el desorden en el sistema de transporte, la promoción fiscal del consumo de combustibles contaminantes, entre otros factores, están contribuyendo a degradar la calidad del aire, causando serias consecuencias en la vida, la salud y la propiedad de sus habitantes (Defensoría del Pueblo, 2006).

## 1.2 Justificación de la Investigación

La presente investigación aporta al desarrollo de la información técnico-científica de Perú, dado que en el país no existen suficientes estudios sobre la relación de los contaminantes atmosféricos, como el material particulado. En el aspecto ambiental, aporta datos sobre la presencia del material particulado en el distrito de San Isidro y permite analizar las principales causas de la presencia de estos parámetros y evaluar probables alternativas de control de los mismos.

Por otro lado, permite evaluar la relación entre los parámetros  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ , con el objetivo de obtener más información sobre el grado de contaminación atmosférica del país, el cumplimiento de los Estándares Nacionales de Calidad del Aire (Anexo 01) y su repercusión en la salud de la población. Según Harrison y Yin (2000) la presencia de  $PM_{2.5}$  en la atmósfera genera mayor preocupación debido a que, gracias a su diámetro, puede llegar hasta el torrente sanguíneo de las personas, causando enfermedades e incluso la muerte.

Ibáñez (2008) menciona que el avance en el monitoreo del material particulado tiene como finalidad ser una herramienta útil para una adecuada gestión de la calidad del aire que vele siempre por la salud humana y el equilibrio de los ecosistemas. Esto implica controlar partículas atmosféricas cada vez más pequeñas, ya que estas son las que van a permanecer suspendidas en el aire por mayor tiempo y tienen una mayor relación con afecciones respiratorias y pulmonares.

### 1.3 Objetivos de la investigación

#### Objetivo Principal

Determinar la correlación entre  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  en el distrito de San Isidro en Lima – Perú, 2016.

#### Objetivos Específicos

- Analizar la correlación entre los valores obtenidos de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ .
- Analizar la variación temporal de los valores obtenidos durante el monitoreo de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ .
- Comparar los resultados del monitoreo de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental - ECA's para Aire y normas internacionales vigentes.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Contaminación atmosférica

Según la Organización Mundial de la Salud (2004) el aire puro es “la mezcla de gases, vapor de agua y partículas sólidas y líquidas cuyo tamaño varía desde unos cuantos nanómetros hasta 0.5 milímetros”.

La composición del aire varía dependiendo de factores como la temperatura, ubicación y viento. Como se muestra en la Tabla 1, los principales gases que conforman el aire son el nitrógeno y el oxígeno; y otros gases en menor proporción, dentro de los que destacan el argón y el dióxido de carbono.

**Tabla 1. Composición del aire seco**

Sustancia	Nomenclatura	% de volumen
nitrógeno	N <sub>2</sub>	78.08
oxígeno	O <sub>2</sub>	20.95
argón	Ar	0.93
dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0.033
neón	Ne	0.0018
helio	He	0.00052
metano	CH <sub>4</sub>	0.0002
kriptón	Kr	0.00011
óxido de nitrógeno	N <sub>2</sub> O	0.00005
hidrógeno	H <sub>2</sub>	0.00005
xenón	Xe	0.0000087
ozono	O <sub>3</sub>	0.000001

Fuente: Shakhashiri (2007)

Se denomina contaminación atmosférica a la presencia de uno o más contaminantes, en cantidades y/o condiciones que puedan afectar la vida humana y el ambiente, y que interfieran con el goce de la vida, la propiedad o el ejercicio de las actividades (Wark & Warner, 2010).

Barrios (2007) define a la contaminación atmosférica como “la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia

grave para las personas o bienes de cualquier naturaleza”. Barrios también señala que las unidades más utilizadas son los microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) o nanogramos por metro cúbico ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ), relacionando la masa del contaminante por unidad de volumen.

Asimismo, Barrios, Peña y Osses (2005) clasifican los contaminantes atmosféricos como contaminantes primarios y contaminantes secundarios. Los contaminantes primarios son las sustancias emitidas directamente a la atmósfera desde los focos emisores como son el monóxido de carbono, hidrocarburos u ozono. Por el contrario, los contaminantes secundarios son producidos como consecuencia de reacciones químicas y fotoquímicas que producen los contaminantes primarios, como foto-oxidantes y partículas atmosféricas. Sbarato et al. (2000) mencionan que algunos de los contaminantes atmosféricos más comunes son el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre, los hidrocarburos, los oxidantes fotoquímicos y las partículas.

## **2.2 Material particulado (PM)**

Según Billet et al. (2007) el PM es una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos que pueden interactuar entre sí, formando otros compuestos en el aire. Además, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés) en el 2003 describe al PM como una mezcla compleja de partículas microscópicas líquidas o sólidas que se encuentran suspendidas en la atmósfera y pueden afectar el corazón, pulmones y causar serios efectos sobre la salud humana.

Asimismo, Inza, Sánchez, Menéndez, Ortega y Gil (2006) indican que el PM consiste en una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos con diferentes distribuciones granulométricas y composición química, ambas características establecidas según la composición de los gases que las rodean. También mencionan que los niveles de material particulado se expresan en

forma de concentración de masa o número de partículas por unidad de volumen de aire ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  o  $\text{mg}/\text{cm}^3$ ).

### 2.2.1 Composición química del PM

Quijano, Quijano y Henao (2010) indican que la composición del material particulado tiene gran importancia por su aporte en la química atmosférica y en la calidad del aire de las ciudades.

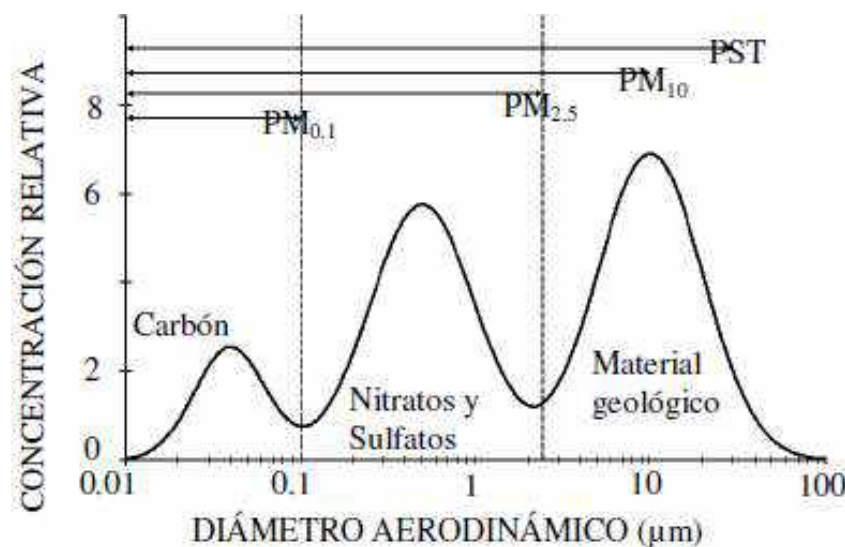
Según Préndez, Corvalán y Cisternas (2007) el material particulado está conformado por compuestos orgánicos e inorgánicos, metales y otros. Perrino (2010) menciona que la masa total de cada partícula está constituida principalmente por especies orgánicas (20% – 60%) y especies inorgánicas (1%) y otros contaminantes. Sin embargo, la composición de cada partícula puede ser muy variada debido a procesos como condensación, evaporación, fuerzas gravitacionales o eléctricas y factores climáticos característicos de cada zona (Fang et al. 2006).

Según Galvis y Rojas (2006) dentro de los principales compuestos se encuentran los materiales biológicos que incluyen bacterias, virus, polen, esporas y fragmentos de celulosa; a excepción de los virus, los materiales biológicos se encuentran en las partículas menores a  $10 \mu\text{m}$ .

Algunos compuestos que componen las partículas provienen de los procesos de combustión, como el carbono elemental y el carbono orgánico; así como los metales pesados, los cuales se encuentran en pequeñas cantidades (Galvis & Rojas, 2006).

Además, el material particulado también está conformado por compuestos naturales de la corteza terrestre como polvo y minerales; así como óxido de aluminio, silicio, calcio, hierro y otros compuestos provenientes de rocas. Estos materiales representan el 50% del  $\text{PM}_{10}$  y únicamente del 5% al 15% del  $\text{PM}_{2.5}$ , y su presencia es favorecida por la poca humedad y los fuertes vientos.

Otros compuestos inorgánicos constituyentes del material particulado son los sulfatos derivados de la oxidación del dióxido de azufre. En su mayoría, se encuentran en el PM<sub>2.5</sub>, siendo las especies más comunes el sulfato de amonio, el bisulfato de amonio y el ácido sulfúrico. También, los nitratos derivados por la oxidación del dióxido de nitrógeno atmosférico y de una forma del nitrato de amonio. También, el ácido sulfúrico y el ácido nítrico presentes en la atmósfera forman nitratos y sulfatos que son neutralizados por el amoniaco, dando lugar a las sales de amonio. Además, el cloruro de sodio y el vapor de agua también conforman el PM<sub>2.5</sub> y el PM<sub>10</sub> (Figura 1).



**Figura 1. Composición química del material particulado.**  
Fuente: Galvis & Rojas (2006).

Al mismo tiempo, Barrios (2007) caracteriza las partículas de diferente diámetro. Las partículas finas son una mezcla de agua, sulfato de amonio, ácido sulfúrico, material carbonáceo en forma de hollín y material orgánico condensado, entre otros compuestos. Por otro lado, las partículas gruesas son más variables y están constituidas por cuarzo, arcilla, caliza asbesto, nitratos y sales y, principalmente, por silicio, calcio y hierro.



### 2.2.2 Clasificación del PM

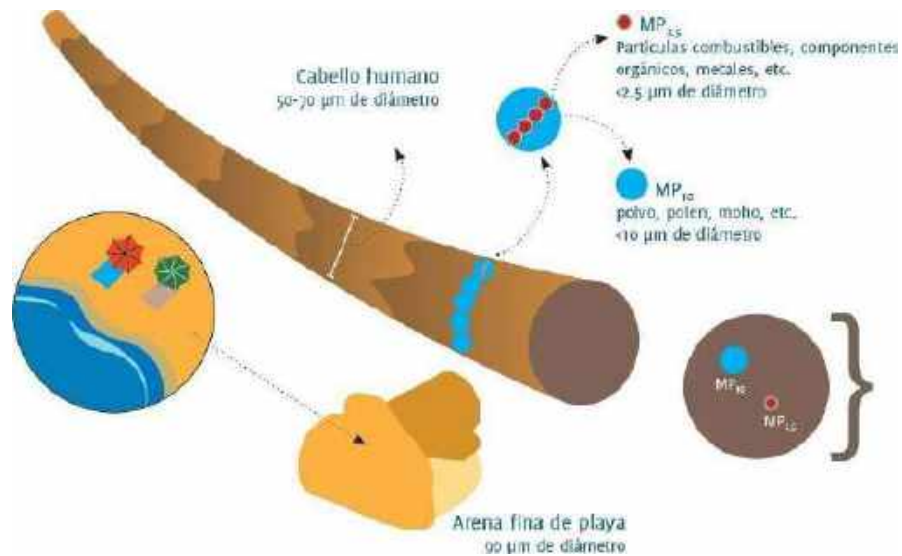
Bell, Samet y Dominici (2004) y SENAMHI (2013) clasifican el PM según su diámetro aerodinámico, donde PM<sub>2.5</sub> corresponde a las partículas finas cuyo diámetro aerodinámico es menor a 2.5  $\mu\text{m}$  y PM<sub>10</sub> corresponde a las partículas gruesas cuyo diámetro es menor a 10  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, Aldabe (2011) clasifica el PM mediante diversos criterios, los cuales se explican a continuación:

a. Según los mecanismos de formación:

- Partículas primarias: Son aquellas partículas que son emitidas directamente a la atmósfera desde la fuente de origen. Las partículas naturales primarias proceden de las regiones áridas, océanos, volcanes y la vegetación. Las partículas antropogénicas primarias están asociadas a las actividades industriales y al parque automotor.
- Partículas secundarias: Son aquellas partículas resultantes de reacciones químicas entre contaminantes gaseosos precursores como los óxidos de azufre y nitrógeno, amonio y compuestos orgánicos de origen natural o antropogénico. Las partículas secundarias se forman por la condensación de gases que se enfrían después de su emisión, los cuales se añaden a partículas ya existentes en la atmósfera, formando conglomerados de mayor tamaño. También se forman mediante la formación de gotas de nubes o neblina, cuyos núcleos son los gases condensados.

b. Según el tamaño aerodinámico:

El diámetro de las partículas en suspensión varía de nanómetros hasta micras (Figura 2). Los diámetros de partículas atmosféricas atraviesan cinco órdenes de magnitud, desde 0.001  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ . Usualmente, se usan los términos “partícula fina” para referirse a partículas con diámetros  $<1 \mu\text{m}$  y “partícula gruesa” a partir de  $>1 \mu\text{m}$ . Además, se diferencian las partículas ultrafinas y las nanopartículas.



**Figura 2. Comparación del tamaño de las partículas del PM.**  
Fuente: USEPA, 2003.

c. Según el origen del PM:

Las partículas pueden provenir de fuentes naturales o antropogénicas. Según Ibáñez (2008), las provenientes de fuentes naturales tienden a ser más gruesas en comparación con las originadas por el hombre.

- Partículas naturales: son aquellas partículas provenientes de procesos naturales de la Tierra, como erupciones volcánicas y aerosoles.
- Partículas antropogénicas: son las partículas originadas por actividades humanas como el funcionamiento de industrias, el tráfico o las actividades domésticas. También incluye las partículas generadas a partir de precursores gaseosos.

### 2.2.3 Clasificación de fuentes y propagación del PM

Según el Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2011) las principales fuentes de contaminantes se pueden clasificar según sus características:

**Tabla 2. Clasificación de las fuentes de contaminación atmosférica**

Tipo	Contaminantes	Subtipo	Ejemplo de actividades
Fuentes fijas	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , SO <sub>x</sub> y NO <sub>x</sub>	Areales	Calefacción residencial, quemas agrícolas e incendios forestales.
		Puntuales (industria)	Generación eléctrica, procesos industriales como combustión en calderas generadoras de vapor y hornos industriales, y otros procesos industriales como fundición de cobre.
Fuentes fugitivas	PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub>	Polvo resuspendido	Construcción de edificios, calles sin pavimentar, erosión eólica.
Fuentes móviles	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>x</sub> , COVs y SO <sub>x</sub>	En ruta	Buses, camiones, vehículos particulares, vehículos comerciales, taxis y motocicletas.
		Fuera de ruta	Maquinaria de construcción o agrícola, operación de puertos o aeropuertos.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2011)

Asimismo, existen diversas características que afectan de manera directa el tiempo que las partículas se mantienen en suspensión. Entre las principales condiciones atmosféricas se encuentran la velocidad del viento, la temperatura del aire, la radiación solar y la humedad (Gutiérrez, 1997).

Según Prospero (2002) el transporte de las partículas ocurre principalmente en la tropósfera, siendo favorecido por el aumento de la velocidad del viento y por la menor incidencia de procesos de lavado de masas de aire en altura.

Por otro lado, el tamaño de las partículas influye directamente con el tiempo de residencia en la atmósfera, ya que mientras más grande es la partícula, el tiempo en suspensión atmosférica es menor (Viana, 2003). La vida media de las partículas de diámetro  $<0.002 \mu\text{m}$  es de unas horas, debido a que se adhieren a otras partículas, formando partículas más grandes y con diferentes características químicas. Las partículas de diámetro  $>20 \mu\text{m}$  permanecen en suspensión varias horas y las partículas de  $2 \mu\text{m} - 3 \mu\text{m}$  permanecen suspendidas en la atmósfera de dos a cuatro días, mientras que las partículas de  $0.1 \mu\text{m} - 1 \mu\text{m}$  son las que permanecen mayor tiempo suspendidas. (Mészáros, 1999).

#### **2.2.4 Influencia de las variables meteorológicas sobre el PM**

Estudios anteriores (Yao, Cai & Zhang, 2010; Pateraki et al. 2012) indican que la contaminación atmosférica a causa del material particulado está influenciada por las fuentes de emisión de las partículas y por factores meteorológicos. Según Alvarado (2010) dichos factores meteorológicos influyen en la cantidad de material particulado suspendido en el aire, siendo la temperatura una de las variables más importantes. Además, Filonchik, Yan, Yang y Hurynovich (2016) indican que no existe una relación obvia entre la temperatura y el material particulado presente en la atmósfera, ya que las condiciones típicas de cada zona también influyen en la relación.

Aguilar (2002) menciona que la interacción de los factores climatológicos como temperatura, velocidad del viento, presión y la topografía local intervienen en la concentración y dispersión de contaminantes atmosféricos. También, Wark y Warner (2010) indican que la dispersión de un contaminante en la atmósfera es el resultado del movimiento del aire que transporta el contaminante en la dirección del viento, las fluctuaciones de la velocidad que dispersan el contaminante en todas las direcciones y de la difusión de masa debido a los gradientes de concentraciones.

Asimismo, el PM posee la capacidad de dispersar y absorber radiación de onda larga y corta, logrando perturbar el balance energético del sistema tierra-atmósfera (IPCC, 2001). Wark y Warner (2010) mencionan que un factor que afecta la temperatura media de la Tierra es la absorción y reflexión de la radiación solar, causada por las partículas en la atmósfera. Además, el resultado de algunos estudios parece indicar que la temperatura media de la atmósfera está en proceso de caída y la causa sería la reducción de la energía solar que llega a la superficie debido a la absorción por las partículas.

Según Manahan (2007) una porción de las partículas introducidas en la atmósfera por las actividades del hombre, sirven como núcleos de condensación que influyen en la formación de nubes, lluvia y nieve. De acuerdo con Richmond-Bryant, Saganich, Bukiewiez, y Kalin (2009) y Toro, Ramírez, Quiceno y Zuluaga (2001) se ha demostrado que la emisión a la atmósfera de contaminantes de origen vehicular es una de las principales fuentes del deterioro de la calidad del aire, lo que afecta la composición química de la atmósfera a nivel local y regional (Maldanova et al. 2009).

Por otro lado, Garreaud y Rutllant (2006) mencionan que el aire de la atmósfera se va enfriando conforme asciende; cuanto más alto, más frío. Sin embargo, el fenómeno de inversión térmica invierte el proceso natural, ocasionando que el aire tienda a calentarse conforme se eleva. Así, normalmente, si los gases son emitidos muy calientes, el entorno frío ayuda a que el gas se eleve y se disperse a medida que se enfría. Por el contrario, si la emisión de gases se produce a un entorno caliente a poca altura, es más difícil la dispersión. Este fenómeno ocurre en situaciones anticiclónicas fuertes, que impiden el ascenso del aire frío y concentran la humedad en los valles y cuencas, dando lugar a la poca dispersión de los contaminantes atmosféricos.

## 2.2.5 Relación entre PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>

Según Viana (2003) la relación entre el PM<sub>2.5</sub> y el PM<sub>10</sub> representa la cantidad de material fino, casi todo de origen antrópico, y el total de material grueso presente en la atmósfera. Asimismo, la relación entre PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> ha sido determinada por muchos estudios llevados a cabo en algunas ciudades del mundo (Tabla 3). Existe diversidad de resultados, principalmente por las diferencias geológicas, climáticas, atmosféricas, y las distintas fuentes de contaminación, que aún dentro de una misma ciudad influyen cada sitio de monitoreo.

**Tabla 3. Relación entre PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> en ciudades y países del mundo**

LUGAR	FUENTE	PM <sub>2.5</sub> /PM <sub>10</sub>				
		Invierno	Verano			
Santiago, Chile	(Romieu et al. 1997)	0.60	0.40			
Holanda	(Janssen et al. 1997)	0.57				
Alemania	(Kainka et al. 1997)	0.70-0.80				
Italia	(D'Innocenzio et al. 1998)	0.58				
Sydney, Australia	(Cohen. 1999)	0.29-0.53				
Suiza	(Gehrig & Buchmann, 2003)	0.75				
España	(Viana, 2003)	0.74	Islas Canarias 0.40	Barcelona 0.60	Tarragona 0.62	
Estados Unidos	(USEPA. 2003)	Este 0.75	Centro 0.52	Oeste 0.53		
Hong Kong, China	(Ho et al. 2003)	0.53-0.78				
Bogotá, Colombia	(Galvis & Rojas, 2006)	IDRD 0.45	Sony 0.19	Cazucá 0.73	Bosque 0.12	Kennedy 0.42
Patras, Grecia	(Maraziotis & Marazioti, 2008)	Estación "A" 0.98	Estación "B" 0.97	Estación "C" 0.54		
México	(Vega et al. 2012)	Xalostoc 0.42	La Merced 0.46	Pedregal 0.52		
China	(Zhou et al. 2016; Li et al. 2015)	0.65	Norte 0.61	Cuenca Sichuan 0.92		

Fuente: Adaptado de Galvis & Rojas (2006).

Según la OMS (2006), la relación entre los contaminantes  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  no es la misma en países desarrollados y en países en vías de desarrollo, debido a que las fuentes de contaminación son distintas. Comúnmente, en países desarrollados existe una relación de 0.5 a 0.8 y en países en vías de desarrollo la relación es de 0.5 aproximadamente.

Asimismo, cada país cuenta con instrumentos normativos orientados a reducir los niveles de contaminación atmosférica, los cuales se han establecido según las características atmosféricas de cada zona (Anexo 2). A pesar de ello, los Estándares de Calidad Ambiental de muchos países están basados en los valores planteados por la OMS, USEPA y la Unión Europea (UE), quienes han realizado investigaciones que soportan los valores propuestos.

Por otro lado, es ideal contar con información sobre el monitoreo de material particulado, ya que según la linealidad de la relación  $PM_{2.5}/PM_{10}$ , se podrían utilizar datos de  $PM_{10}$  para predecir con confianza la concentración de  $PM_{2.5}$  (Mugica, Maubert, Torres & Muñoz, 2002), y reducir esfuerzos y costos en el monitoreo de los contaminantes atmosféricos.

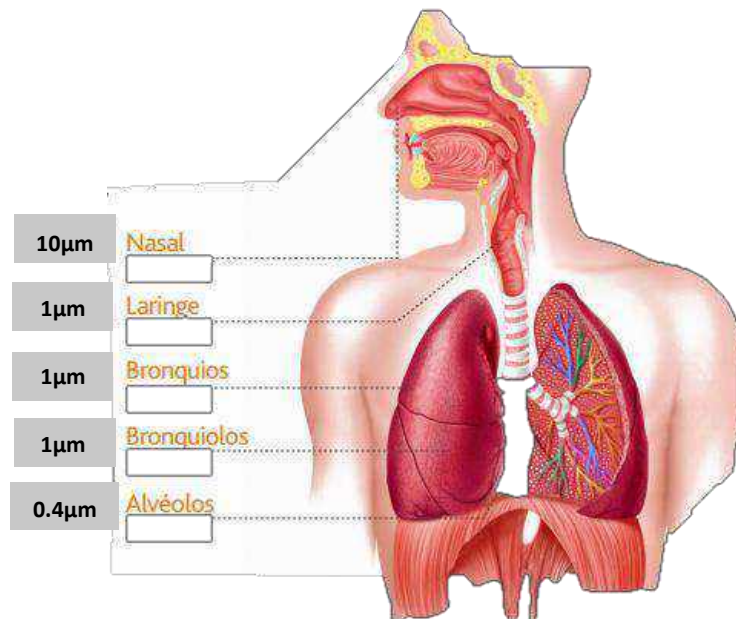
## 2.2.6 Efectos adversos del PM

### a. Efectos adversos en la salud humana

Muchas investigaciones evidencian los efectos nocivos del material particulado suspendido (Zanobetti et al. 2014; Schachter, 2016; Franco, 2016). La OMS (2016) explica que existe una estrecha relación entre la exposición a altas concentraciones de pequeñas partículas y el aumento de la mortalidad o morbilidad diaria y a largo plazo.

Dockery y Stone (2007) indican que el tamaño de las partículas está directamente relacionado con el potencial de causar problemas de salud, ya que el tamaño de una partícula determina la zona del tracto respiratorio donde reposará la partícula al inhalarse. Según Franco (2015) las partículas inhalables

con diámetro menor a 10  $\mu\text{m}$  quedan retenidas en las vías en la nariz y boca. Las partículas con diámetro menor a 1  $\mu\text{m}$  penetran la laringe y llegan al traqueo bronquial. Finalmente, las partículas de diámetro inferior a 0.4  $\mu\text{m}$  presentan una mayor amenaza para la salud humana debido a que pueden alcanzar los alveolos pulmonares e incluso pueden llegar a ingresar al torrente sanguíneo, (Harrison & Yin, 2000) generando problemas a la salud como enfermedades respiratorias agudas y hasta la muerte (Figura 3).



**Figura 3. Efectos del material particulado en el sistema respiratorio.**  
Fuente: Hernández (2013).

Asimismo, los grupos de riesgo más vulnerables son los niños, ancianos y gestantes. Chu, Huang y Lin (2015) indican que los niños son más susceptibles a los riesgos para la salud proveniente de  $\text{PM}_{2.5}$  porque su sistema inmunológico y respiratorio todavía está en desarrollo. Según Álvarez y Salazar (2013) el pulmón de un niño tiene limitada capacidad para hacer frente a sustancias tóxicas como el  $\text{PM}_{2.5}$ , ya que el 80% de los alveolos pulmonares se forman después del nacimiento y durante la adolescencia.

Miranda y Ortiz (2008) indican que periodos de reducida mezcla atmosférica pueden dar lugar a concentraciones elevadas de sustancias peligrosas en el aire, acarreando enfermedades respiratorias en la población. Igualmente,



periodos largos de concentraciones bajas de contaminantes atmosféricos podrían causar similares daños.

#### b. Efectos adversos en el ambiente

Investigaciones como las de Wurzler, Reisin y Levin (2000) y Perrino (2010) indican que el material particulado tiene un impacto negativo sobre los ecosistemas, ya que puede alterar los ciclos naturales.

Según Barrios (2007) las nubes y gotas de agua se forman gracias a la interacción entre las partículas suspendidas y el vapor de agua; sin embargo, el incremento de las partículas en suspensión aumenta la cantidad de nubes, niebla y neblina, ocasionando un incremento del reflejo de la luz solar hacia el espacio. Asimismo, el material particulado suspendido reduce el ingreso de la radiación solar a la superficie terrestre, ya que las partículas absorben parte de la radiación, contribuyendo al calentamiento atmosférico y derretimiento de la nieve y el hielo.

Según Tollefson (2013) las emisiones de diesel, la quema de biomasa y los incendios de residuos agrícolas son fuente importante de carbón negro, también conocido como hollín. El hollín es un polvo negro cuyo diámetro va de 0.3  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  en su fracción respirable (Urilbazo, Tito & Ochoa, 2006). Tollefson (2013) menciona que después del dióxido de carbono, el hollín es el segundo causante del calentamiento global, debido a que ha aumentado la cantidad de hollín emitido a la atmósfera por actividades humanas, el cual queda suspendido algunas horas en el aire para luego depositarse en el suelo, reduciendo el albedo reflejado a la atmósfera, y aumentando el calentamiento de la tierra.

Por otro lado, Arellano (2002) señala que los contaminantes como el ácido sulfúrico, componente del material particulado, contribuyen con la acidificación del suelo afectando plantaciones y cultivos. Las partículas de mayor diámetro como el polvo mineral, al depositarse sobre las hojas de las plantas pueden

reducir la capacidad de intercambio gaseoso y el paso de la luz, lo que afecta el proceso de fotosíntesis, limitando el crecimiento de la planta.

De acuerdo con Wark y Warner (2010) el riesgo potencial de las partículas atmosféricas es alto, ya que incrementan las reacciones químicas atmosféricas, reducen la visibilidad, aumentan la posibilidad de la precipitación, la niebla y las nubes, reducen la radiación solar, con los cambios en la temperatura ambiental y en las tasas biológicas de crecimiento de las plantas, y ensucia y deteriora los materiales del suelo, de superficie y de construcción.

### **2.2.7 Determinación de la concentración del PM**

Para la recolección de la muestra durante el monitoreo de PM, se pueden utilizar métodos manuales o automáticos. Entre los métodos automáticos está el Método de Microbalanza Oscilatoria, método que utiliza el monitor TEOM (*Tapered Element Oscillating Microbalance*). Rupprecht y Patashnick (2002) explican que la muestra de aire pasa por un filtro, el cual es parte de un sistema que vibra a una frecuencia determinada. Según Ibañez (2008) únicamente a través de la aplicación de calor en la muestra es posible quitar el efecto de la humedad con un sistema de monitoreo automático, ocurriendo con ello, cierta pérdida de componentes semi-volátiles en la muestra, lo que puede generar un error sistemático en relación con otros métodos. Sin embargo, los métodos automáticos permiten analizar el contaminante en el punto de muestreo de manera continua, generando datos en tiempo real.

Por otro lado, los métodos manuales captan el contaminante en el punto de muestreo, para luego ser transportado al laboratorio donde se realiza el pesaje de filtros. Este método demanda mayor tiempo para obtener resultados. Entre los principales métodos manuales para la determinación de la concentración de material particulado se encuentra el método gravimétrico de referencia.

El método gravimétrico funciona mediante un equipo de muestreo que succiona aire del ambiente a un flujo constante durante 24 horas, el cabezal de corte

selecciona las fracciones de material particulado que serán retenidas según el diámetro requerido, dichas partículas quedan retenidas en un filtro (Gobierno de Aragón, 2017). Cada filtro utilizado es pesado (estandarizando las condiciones de humedad) antes y después del muestreo, el diferencial del peso es el peso neto de la muestra colectada. Finalmente, la concentración de material particulado se calcula dividiendo el peso neto de la muestra sobre el volumen de aire muestreado que ya ha sido estandarizado, bajo condiciones de 25 °C y 1 atm.

Por otro lado, la Norma Técnica Peruana 900.030.2003 menciona que la medición de material particulado mediante el método gravímetro puede realizarse por dos sistemas, dependiendo del flujo con el que se succiona el aire de entrada. En un equipo de alto volumen el flujo de muestreo es mayor a 0.5 m<sup>3</sup>/min, mientras que en un equipo de bajo volumen el flujo de muestreo es menor a 0.5 m<sup>3</sup>/min.

Asimismo, el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) no menciona el rango del flujo que debe considerarse para que un muestreador gravimétrico sea considerado como método de referencia. Sin embargo, la Dirección General de Salud (DIGESA) si indica que el método de referencia nacional para la medición de material particulado es el gravimétrico de alto volumen, mientras que el método gravimétrico de bajo volumen es considerado como método equivalente.

### **2.3 La calidad del aire en Lima**

Lima es una de las cinco ciudades con mayor contaminación atmosférica de América Latina, junto con Ciudad de México, Santiago de Chile, Sao Paulo y Rio de Janeiro (Asif, 2005). Según el Banco Mundial (2006) en Lima mueren más de 6000 personas al año por la exposición al material particulado y los gastos de salud representan un aproximado de US\$ 300 millones de dólares. También, se estima que la contaminación atmosférica urbana acarrea costos

de 0.9% del PBI nacional, los cuales inciden principalmente en las zonas de pobreza.

En Lima, la principal causa de contaminación atmosférica es de origen antropogénico, siendo el sector transporte el mayor aportante (70%), seguido del sector industria (30%). El problema se intensifica debido a la concentración de los contaminantes en la cuenca atmosférica por las características naturales de la ciudad, la cual se encuentra limitada por el oeste con el Océano Pacífico, por el este con la Cordillera de los Andes, formando un corredor de vientos que circulan por la línea costera, de sur a norte (Lacy & Pedroza, 2000). Estas características restringen la dispersión horizontal de los contaminantes atmosféricos.

La cuenca atmosférica en el área metropolitana de Lima y Callao se ubica entre las latitudes 11°45' y 12°24' Sur y las longitudes 76°40' y 77°10' Oeste; y es gracias al comportamiento de los flujos de viento locales y a las configuraciones topográficas que se identifican tres cuencas que, a su vez, abarcan microcuencas (Comité de Gestión Iniciativa Aire Limpio, 2010).

- Cuenca del Río Chillón
- Cuenca del Río Rímac
- Cuenca del Río Lurín

Además, el clima de la zona se caracteriza por ser desértico y con poca cobertura vegetal, lo cual permite el arrastre de partículas de origen natural desde las zonas sur, este y norte hacia las zonas del centro de la ciudad (Comité de Gestión Iniciativa Aire Limpio, 2010).

La Defensoría del Pueblo (2006) menciona que la influencia del Anticiclón del Pacífico evita que haya precipitación en la ciudad, causando aridez, nubosidades bajas y gran humedad. También, los vientos provenientes del sur llegan a la costa a una velocidad débil, y se quedan en las microcuencas atmosféricas, donde se producen condiciones de estancamiento de masas de aire debido a la presencia de la capa de inversión térmica a baja altura que no

permite la dispersión de los contaminantes del aire, generando el aumento de la contaminación atmosférica en la ciudad.

## 2.4 Legislación sobre calidad del aire

### 2.4.1 Legislación Internacional

La Comisión Europea, mediante la directiva marco de calidad del aire (1996/62/CE), establece directivas hijas en las que se fijan estándares para las concentraciones de algunos contaminantes atmosféricos. Entre las directivas hijas se encuentra la 1999/30/CE, la cual se centra en cuatro contaminantes, incluyendo el material particulado.

Asimismo, el grupo de trabajo de la Comisión Europea (2001) sobre material particulado, ha generado una “Guía para los estados miembros sobre medidas de PM<sub>10</sub> e intercomparación con el método de referencia”. La guía expone la metodología para demostrar la equivalencia entre el método de referencia y otros métodos, de acuerdo con lo expuesto en la Directiva 1999/30/CE.

También, la Organización Mundial de la Salud establece “Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre” (2005), cuyo objetivo es ofrecer orientación para reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud.

En el año 1970, la USEPA estableció la Norma Nacional de Calidad de Aire Ambiental (*U.S. Clean Air Act*), incluyendo contaminantes como el material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono. Actualmente, dentro del Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos, se encuentra el Título 40, el cual regula las condiciones ambientales que fueron promulgadas por la USEPA, incluyendo la regulación sobre material particulado, en la parte 50, apéndice J y apéndice L.

Además, en América Latina, países como Colombia, Argentina, Chile, México, entre otros, cuentan con guías y normas para el monitoreo de contaminantes atmosféricos donde incluyen el material particulado  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ .

#### **2.4.2 Legislación en el Perú**

El Perú cuenta con leyes que establecen funciones y lineamientos para cada nivel de gobierno, siendo el Ministerio del Ambiente, el ente rector encargado del tema de gestión de la calidad del aire.

A nivel nacional, entre las principales normas están la Política Nacional del Ambiente que establece los lineamientos para gestionar la calidad del aire a nivel nacional. También, la Ley General del Ambiente, promueve la adopción de medidas preventivas durante las actividades de producción y/o servicios, ya que generan impactos negativos en el ambiente y la salud humana. La Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales promueve el aprovechamiento sostenible de la atmósfera y busca un manejo racional de la misma, considerando su capacidad de renovación.

Asimismo, son varios los instrumentos de gestión ambiental que se utilizan para la Gestión de la Calidad del Aire. En el año 2001, el Ministerio del Ambiente aprobó los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (D.S. N°074-2001-PCM), en donde se incluía el parámetro  $PM_{10}$ . En el 2008, mediante el D.S. N°003-2008-MINAM, se actualizaron e incorporaron nuevos parámetros como  $PM_{2.5}$ , el cual estuvo basado en los estándares de la OMS ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para 24 horas, mientras que para  $PM_{10}$ , los ECA fueron adoptados de la USEPA ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para 24 horas.

Según MINAM (2017) los valores de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  (24 horas) establecidos en la norma D.S. N°003-2008-MINAM, no guardaban la correlación que deberían según la realidad nacional, ni la sugerida por la OMS para países en desarrollo (0.5). Por ello, en junio de 2017 se aprobaron nuevos ECA para aire mediante D.S. N°003-2017-MINAM, donde  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  cuentan con nuevos valores que han sido establecidos del análisis de la información disponible sobre los

monitoreos nacionales ejecutados y con base en los valores propuestos por la OMS para países en vías de desarrollo. Por ello, se estableció como valores para 24 horas,  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$ , respectivamente.

Además, en el Perú el monitoreo y vigilancia de la calidad del aire se rige sobre la base del “Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de Datos”, elaborado por DIGESA (R.D. N°1404-2005-DIGESA/SA). El propósito del protocolo es estandarizar y asegurar la calidad de los datos generados durante los monitoreos de calidad de aire. Además, la Norma Técnica Peruana 900.030.2003 “Método de Referencia para la determinación de material particulado respirable como  $\text{PM}_{10}$  en la atmosfera” del año 2003, la cual está basada en la CFR40 parte 50 apéndice J de la USEPA, indica los métodos y consideraciones para el monitoreo y determinación del material particulado.

## 2.5 Antecedentes

Bogo et al. (2003) desarrolló una investigación en la ciudad de Buenos Aires - Argentina; con el objetivo de realizar un seguimiento sistemático de material particulado de diciembre de 1998 a septiembre de 1999 en una zona cercana al centro de la ciudad. Las concentraciones medias de 24 horas de monitoreo de  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$  se midieron (no simultáneamente), así como de CO. Los resultados de la primera campaña de monitoreo mostraron que los parámetros  $\text{PM}_{2.5}$  y CO tienen una correlación durante la temporada de invierno, lo que indicaría que las emisiones por el tráfico contribuyen fuertemente con el aumento de  $\text{PM}_{2.5}$ . Asimismo, la correlación entre  $\text{PM}_{10}$  y CO es menor, lo que indicaría que no solo el tráfico es el causante del aumento del  $\text{PM}_{10}$ , otra fuente que también podría estar influenciando es el material resuspendido.

Galvis y Rojas (2005) realizaron campañas cortas de hasta dos meses para determinar la relación de  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$ . Se realizaron mediciones simultáneas en cinco estaciones de la red de monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Bogotá. Se utilizaron equipos de monitoreo de material particulado, los cuales fueron adaptados para también medir  $\text{PM}_{2.5}$ . Los resultados mostraron una

relación lineal de 0.45, 0.19, 0.73, 0.12 y 0.42 entre  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  en las cinco estaciones estudiadas. Los resultados obtenidos demostraron que en algunas estaciones se podrían utilizar datos de  $PM_{10}$  para predecir concentraciones de  $PM_{2.5}$ , y en otras estaciones debería realizarse una medición directa de  $PM_{2.5}$ .

Echeverri y Maya (2008) en su publicación para la Revista Ingenierías Universidad de Medellín–Colombia, presentan parte del proyecto "Patologías respiratorias en niños preescolares y su relación con la contaminación atmosférica de Medellín". En una parte del proyecto, se buscó evaluar la correlación entre  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  para lo que se realizaron mediciones paralelas durante los meses de febrero a octubre del 2007, en ocho puntos de monitoreo en la ciudad de Medellín. Los resultados demostraron una correlación lineal positiva promedio de aproximadamente 0.67 entre ambos parámetros. Además, mediante el coeficiente de correlación de Pearson se demostró que la interacción entre los efectos de las fuentes y los parámetros es compleja, lo que no permite una predicción de datos de  $PM_{2.5}$  a partir de la medición de datos de  $PM_{10}$  en la zona de estudio.

El Ministerio de Salud del Perú mediante el "Estudio de Saturación Lima Metropolitana y Callao año 2011" determinó los niveles de concentración de contaminantes atmosféricos en 50 puntos de monitoreo durante las temporadas de verano e invierno en la cuenca atmosférica de Lima - Callao (Río Chillón, Río Rímac y Río Lurín). Se midieron varios parámetros atmosféricos. Para medir material particulado se utilizaron métodos activos. Los resultados indicaron los niveles de contaminación, para  $PM_{10}$  sobrepasó el ECA anual en 25 distritos de Lima Metropolitana y el Callao, presentando la mayor concentración los distritos ubicados en la zona Norte y Este. Asimismo, para  $PM_{2.5}$  sobrepasó los ECA en 26 distritos de Lima Metropolitana y el Callao, presentando la mayor concentración en los distritos ubicados en la zona Este, Norte y Callao. Este estudio determinó que el principal contaminante presente en Lima y Callao, sigue siendo el material particulado ( $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ ).

Un estudio de Zhou et al. (2015) indica que el material particulado ha sido un gran problema en China, por lo que en el 2012 se aprobó la Norma Nacional de



Calidad de Aire, la cual cuenta con una regulación más estricta de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$ , respectivamente. El objetivo del trabajo consistió en evaluar el potencial de China para lograr cumplir con la norma y generar un perfil químico real del PM. Para ello, se realizó un análisis estadístico sobre la base de datos ya publicados de material particulado. Los resultados demostraron que la mayoría de concentraciones de material particulado exceden la nueva norma. Asimismo, existe una correlación positiva de ( $r^2 = 0.87$ ,  $p < 0,01$ ) entre  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$ . El  $\text{PM}_{2.5}$  representa alrededor del 65% del  $\text{PM}_{10}$ , lo que sugiere que la reducción de  $\text{PM}_{2.5}$  es crucial para mejorar la calidad del aire en China. Una evaluación de la situación actual de China sobre  $\text{PM}_{2.5}$  demostró que se necesitarían unos 27 años para cumplir con el valor límite de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### III. METODOLOGÍA Y MATERIALES

#### 3.1 Hipótesis

Ho: No existe una correlación lineal entre  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  en el distrito de San Isidro, Lima - Perú en 2016.

Ha: Existe una correlación lineal entre  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  en el distrito de San Isidro, Lima – Perú en 2016.

#### 3.2 Materiales

Para el desarrollo del presente estudio se requirieron los materiales que a continuación se detallan:

- 42 filtros Whatman de fibra de teflón de 46.2mm.
- 42 filtros Whatman de fibra de cuarzo de 203mm x 254mm.
- 42 placas Petri de plástico.
- 01 portafiltro para filtros de fibra de teflón
- 01 portafiltro para filtros de fibra de cuarzo
- 45 sobres manila
- 01 plumón indeleble
- 01 paquete de hojas bond A4
- 42 bolsas herméticas Ziploc grandes.
- 42 bolsas herméticas Ziploc pequeñas.
- 50 guantes de látex estériles
- 01 pinza de acero para el manejo de filtros.

#### 3.3 Software

- Programa estadístico SPSS versión 23
- Microsoft Excel 2016
- Microsoft Word 2016

### 3.4 Equipos

#### 3.4.1 Muestreador de alto volumen para PM<sub>10</sub>

Para el monitoreo de partículas menores a 10 µm se utilizó el equipo Hivol 3000 – Ecotech, el cual trabaja bajo el método gravimétrico de alto volumen referenciado a nivel nacional e internacional (CFR40 parte 50 apéndice J de la USEPA, 1997). El equipo succiona aire del ambiente a un flujo constante de aproximadamente 1.13 m<sup>3</sup>/min y separa las partículas dentro del intervalo de tamaño PM<sub>10</sub>, estas fracciones son recolectadas mediante filtros de fibra de cuarzo de 203 mm x 254 mm en periodos de 24 horas (Figura 4).



**Figura 4. Muestreador de alto volumen para PM<sub>10</sub> marca Hivol 3000 – Ecotech**

### 3.4.2 Muestreador de bajo volumen para PM<sub>2.5</sub>

Para el monitoreo de partículas menores a 2.5 µm se utilizó el equipo BGI PQ200, el cual trabaja bajo el método gravimétrico de bajo volumen, este método es considerado como método equivalente. El equipo succiona aire del ambiente a una velocidad del flujo de aproximadamente 16.67 l/min (CFR40 parte 50 apéndice L de la USEPA) y separa las partículas dentro del intervalo de tamaño PM<sub>2.5</sub>, estas fracciones son recolectadas mediante filtros de fibra de teflón de 46.2 mm en periodos de 24 horas (Figura 5).



**Figura 5. Muestreador de bajo volumen para PM<sub>2.5</sub> marca BGI PQ200**

### 3.4.3 Estación meteorológica

La información meteorológica se obtuvo de la Estación “Campo de Marte”, perteneciente a SENAMHI (Tabla 4).

**Tabla 4. Ubicación de la estación meteorológica “Campo de Marte”**

Departamento	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Altitud
Lima	Lima	Jesús María	12°04'13,9''S	77°02'35,4''W	123m.s.n.m

Fuente: SENAMHI (2015)



Asimismo, la estación de monitoreo se encuentra cerca de avenidas de alto tráfico vehicular, limitando por el norte con viviendas, por el este con la Av. Arenales, la Av. Arequipa y viviendas, por el oeste con la Av. Felipe Salaverry y viviendas, y con la Av. Javier Prado por el sur. Asimismo, los equipos utilizados para el monitoreo fueron instalados a una altura aproximada de ocho metros, en la azotea de la Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente (Figura 7).



**Figura 7. Ubicación de los equipos de monitoreo**

### **3.5.2 Preparación para el monitoreo**

Para el monitoreo, se verificó que ambos equipos contaban con la calibración vigente con fecha agosto de 2016 (Anexo 4 y 5).

Asimismo, se utilizaron los filtros Whatman de fibra de teflón de 46.2 mm para el equipo BGI PQ200, los cuales recolectaron muestras de PM<sub>2.5</sub> y los filtros Whatman de fibra de cuarzo de 203 mm x 254 mm para el equipo Hivol 3000– Ecotech, los cuales recolectaron muestras de PM<sub>10</sub> (Anexo 6). Se manejaron dos tipos de filtros debido a que el diámetro de partículas a recolectar era diferente. Además, se utilizaron portafiltros para dar soporte a

los filtros durante el monitoreo y evitar posibles roturas o daños en los filtros (Anexo 7).

Antes de iniciar el monitoreo, se enviaron los filtros al laboratorio ALS CorpLab para definir el peso inicial de cada uno de los filtros (Anexo 8). Contando con los filtros previamente pesados, se localizaron los equipos, HIVOL 3000 - Ecotech y BGI PQ200 como se muestra en la Figura 8. Los equipos fueron ubicados bajo las condiciones de monitoreo indicadas en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos de la DIGESA.

**Figura 8. Instalación de los equipos de monitoreo en la azotea de la**



**Dirección General de Calidad Ambiental del MINAM.**

### **3.5.3 Monitoreo de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>**

Se realizó el monitoreo simultáneo de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> durante 39 días, incluyendo blancos para cada tipo de filtro usado (USEPA, 2006). El monitoreo inició el 16 de agosto de 2016 y concluyó el 21 de octubre de 2016. Los muestreos diarios se realizaron por periodos continuos de 24 horas (+/- 1 hora), abarcando el día y la noche; así como días de semana y fines de semana. Sin embargo, el monitoreo se realizó de manera intermitente, debido a que los equipos eran utilizados por el MINAM según programa de monitoreo preestablecido.

Los equipos fueron ubicados con una separación de cuatro metros de distancia entre ellos, y se constató que no hubiese barreras cercanas que pudiesen afectar el monitoreo. Los filtros eran retirados diariamente por la tarde e inmediatamente se colocaban los del día siguiente, todos los procedimientos de manipulación de filtros se realizaron según las normas y protocolos vigentes.

Además, se consideraron los datos meteorológicos tomados de la estación de Campo de Marte debido a que según la guía de la Organización Meteorológica Mundial (WMO) (2008) las estaciones meteorológicas tienen una representatividad local en un área dentro de los 10 km o menos, y la estación de campo de marte y el Ministerio del Ambiente se encuentran a una distancia aproximada de 2.7 km.

Finalmente, se contó con un registro donde se apuntó la información diaria del cambio de los filtros, variables meteorológicas y otros datos importantes (Anexo 9). Además, se mantuvo una bitácora en donde se registró los inconvenientes que se presentaron durante el monitoreo (Anexo 10), ello permitió excluir datos no válidos obtenidos en las fechas 17 de agosto, 21 de agosto, 30 de septiembre y 10 de octubre de 2016, para el equipo BGI PQ200. Sin embargo, debido a que el objetivo principal de la investigación es conocer la correlación entre las variables  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ , también se tuvo que eliminar los valores obtenidos de  $PM_{10}$  en dichos días. Como resultado, se obtuvo datos válidos de 35 días de ambos equipos, los cuales fueron procesados para el análisis respectivo.

#### **3.5.4 Procesamiento de datos y análisis**

Los filtros recolectados después de cada monitoreo fueron enviados al laboratorio ALS CorpLab para determinar el peso final (Anexo 8). Con el peso inicial y final de cada filtro, y la información de campo, se calculó las concentraciones de cada contaminante y se procesaron los datos y los resultados fueron estandarizados a condiciones normales (Anexo 11).



Con las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> de cada día de monitoreo, se realizó el procesamiento estadístico. Se estimó el parámetro a un 95% de nivel de confianza. Se determinó el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar el tipo e intensidad de la correlación y el resultado fue evaluado según la Tabla 5. También, se aplicó un análisis de regresión lineal y se halló la relación PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>.

**Tabla 5. Correspondencia de resultados de correlación de Pearson**

r =0	No existe correlación
0.01≤r<0.25	Correlación no significativa
0.25≤r<0.5	Correlación baja
0.5≤r<0.7	Correlación significativa
0.7≤r<1	Correlación alta
r=1	Correlación perfecta

Fuente: Wayne (2007)

Por otro lado, se hallaron los intervalos de confianza para r. Según Szretter (2017) la distribución muestral de r no es simétrica, salvo en el caso que la correlación en la población sea igual a 0, lo cual supone que los límites del intervalo de confianza no son equidistantes del valor de r. Para resolver este problema, Fisher desarrolló el estadístico z' como una transformación de r. En el presente estudio se halló el intervalo de confianza para r utilizando la siguiente fórmula:

$$IC(z') = z' \pm z_{\alpha/2} * \sigma_{z'}$$

Donde:

$$z' = 1/2 [\ln(1 + r) - \ln(1 - r)];$$

$$\sigma_{z'} = \frac{1}{\sqrt{n-3}};$$

$$z_{\alpha/2} = \text{obtenido de tabla}$$

Del mismo modo se hallaron los intervalos de confianza para los coeficientes de regresión B y Bo, los cuales se encuentran en la ecuación de la regresión lineal  $y = Bx + B_0 + e$ . Los intervalos de confianza se encuentran dentro de las siguientes expresiones:

$$IC_B = B \pm (t_{(n-2; 1-\frac{\alpha}{2})})(\sigma_B)$$

Donde:

$B =$  Pendiente de la recta;

$\sigma_B = \frac{S_y}{S_x} \sqrt{\frac{1-r^2}{(n-2)}}$ ; donde  $S_y$  y  $S_x$  son la desviación estándar de cada variable.

$t_{(n-2; 1-\frac{\alpha}{2})} =$  obtenido de tabla.

$$IC_{B_0} = B_0 \pm (t_{(n-2; 1-\frac{\alpha}{2})})(\sigma_{B_0})$$

Donde:

$B_0 =$  Constante de la recta;

$\sigma_{B_0} = \sigma \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{x^2}{(n-1)S_x^2}}$ ;

$t_{(n-2; 1-\frac{\alpha}{2})} =$  obtenido de tabla.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Procesamiento de datos

Los valores obtenidos de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  se procesaron para obtener la concentración diaria de cada variable (Anexo 11). La Tabla 6 muestra las medias y error estándar de cada variable. El error estándar representa la desviación ajustada, la cual muestra el nivel de confianza de los resultados del estudio. El estudio indica que la concentración promedio de  $PM_{2.5}$  es de 14.09 con un error de estimación de 0.77, mientras que la concentración promedio de  $PM_{10}$  es 36.49 con un error de estimación de 1.04. La relación  $PM_{2.5}/PM_{10}$  es de 0.39.

**Tabla 6. Procesamiento de las variables  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$**

Variable	Promedio $\pm$ Error estándar
$PM_{2.5}$	14.09 $\pm$ 0.77
$PM_{10}$	36.49 $\pm$ 1.04

Asimismo, en la Tabla 7 se observa el promedio de los datos de material particulado durante los tres meses, mostrando mayor cantidad en el mes de agosto, seguido por los meses de setiembre y octubre.

**Tabla 7. Promedio de material particulado monitoreado por meses**

Meses	$PM_{2.5}$	$PM_{10}$
Agosto	17.44	42.20
Setiembre	13.71	34.21
octubre	12.58	34.66

Se efectuaron las pruebas de normalidad y homocedasticidad para los datos de ambas variables (Anexo 12). Se aplicó Logaritmo Neperiano a los valores de la variable  $PM_{2.5}$  debido a la dispersión de los valores, por lo que todo el procedimiento estadístico se realizó con el factor de corrección para  $PM_{2.5}$ .

## 4.2 Condiciones ambientales durante el monitoreo

En la Figura 9 se grafican las condiciones meteorológicas durante el monitoreo, siendo la presión atmosférica relativamente constante mientras la temperatura aumenta con el transcurso de los meses.

Asimismo, la Tabla 8 muestra una correlación inversa de -0.445 y -0.482 entre la temperatura y las variables PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>, respectivamente; a un 0.05 de nivel de significancia. Asimismo, el mes de agosto presenta mayor cantidad de material particulado suspendido y menor temperatura en comparación con los meses de setiembre y octubre, en los que va disminuyendo la cantidad de material particulado y aumentando la temperatura. Esta relación se encuentra graficada en la Figura 10.

**Tabla 8. Relación entre la temperatura y las variables PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>.**

		<b>Temperatura</b>
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	Correlación de Pearson	<b>-.445**</b>
	Significancia	.007
	N	35
<b>PM<sub>10</sub></b>	Correlación de Pearson	<b>-.482**</b>
	Significancia	.003
	N	35

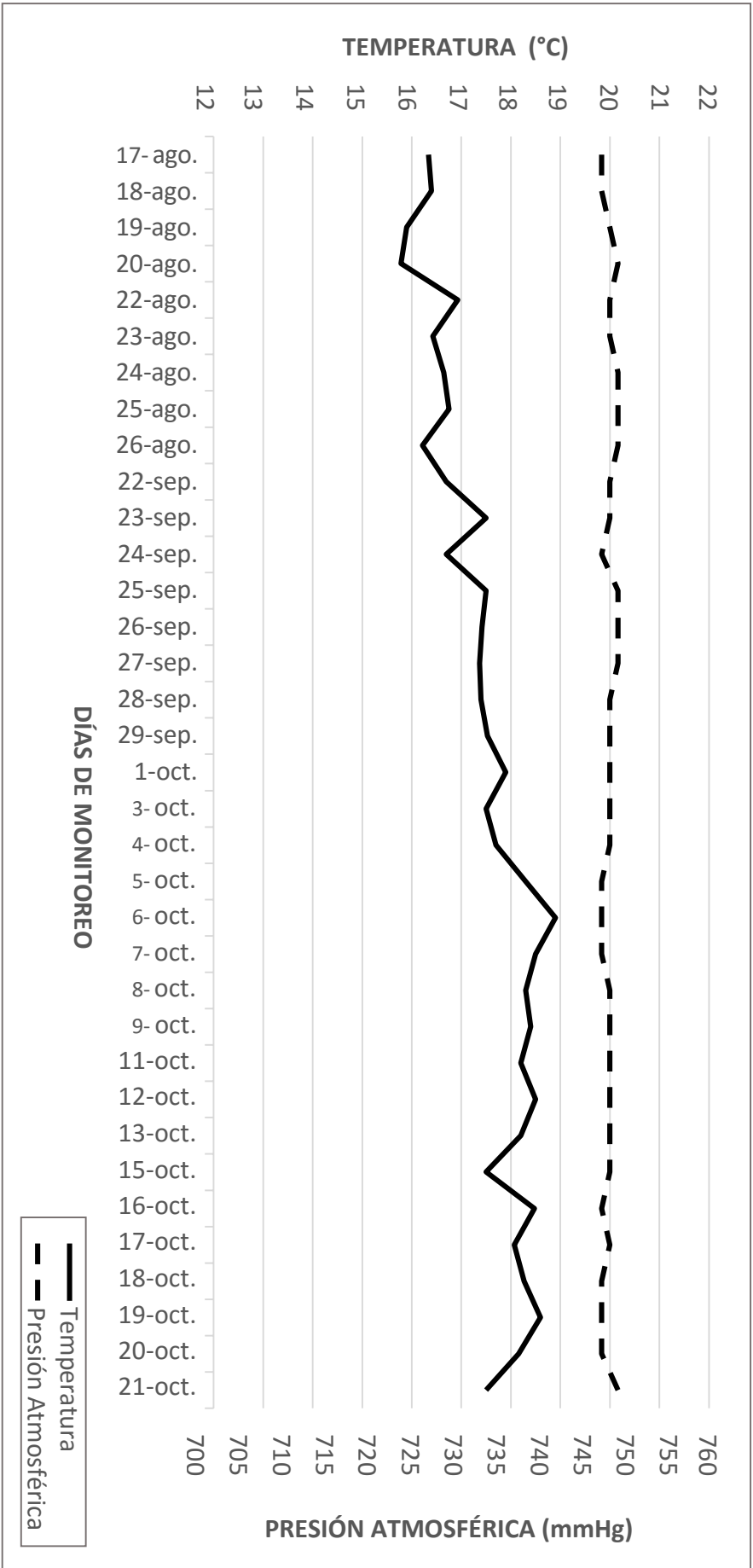
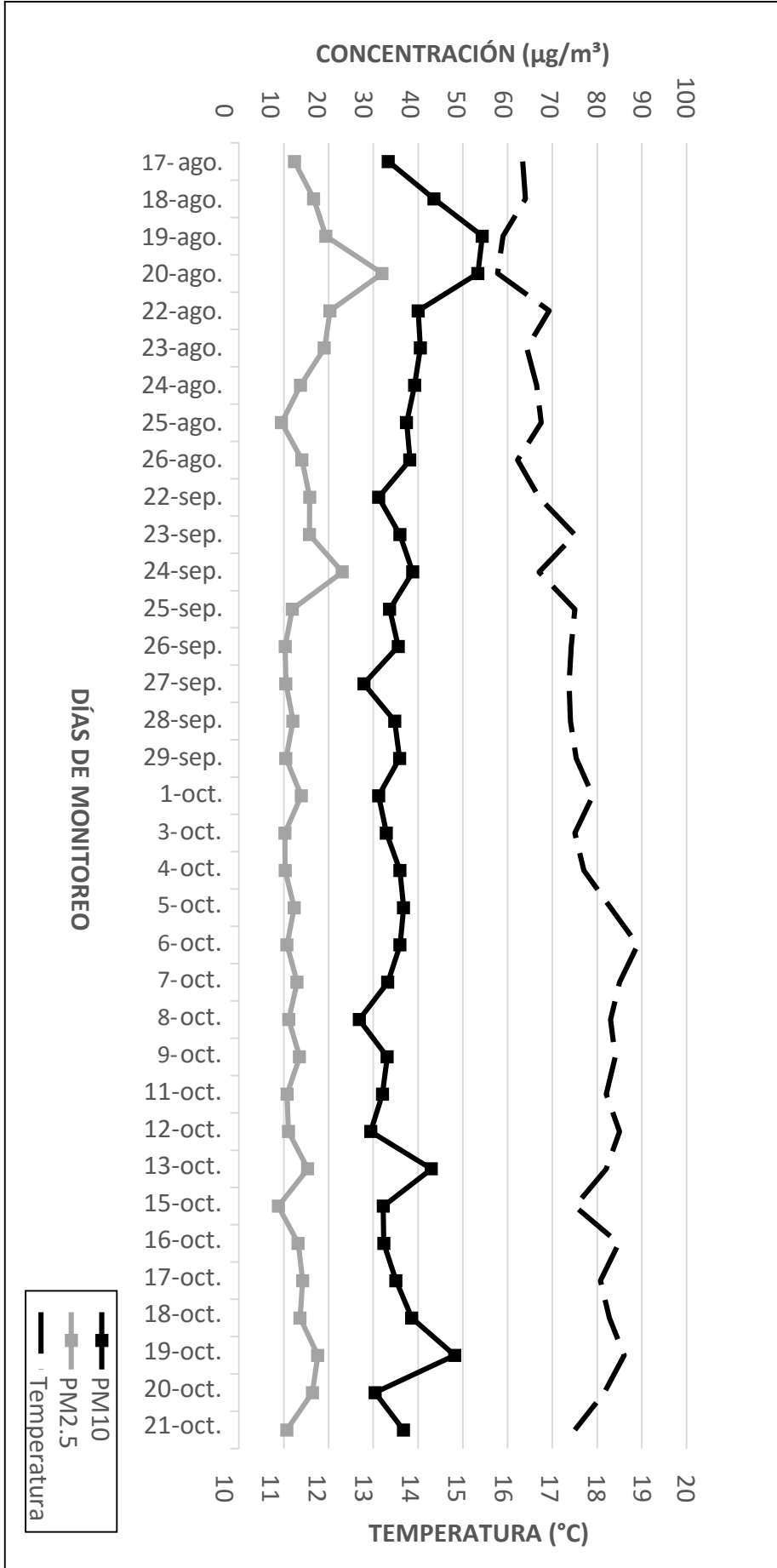


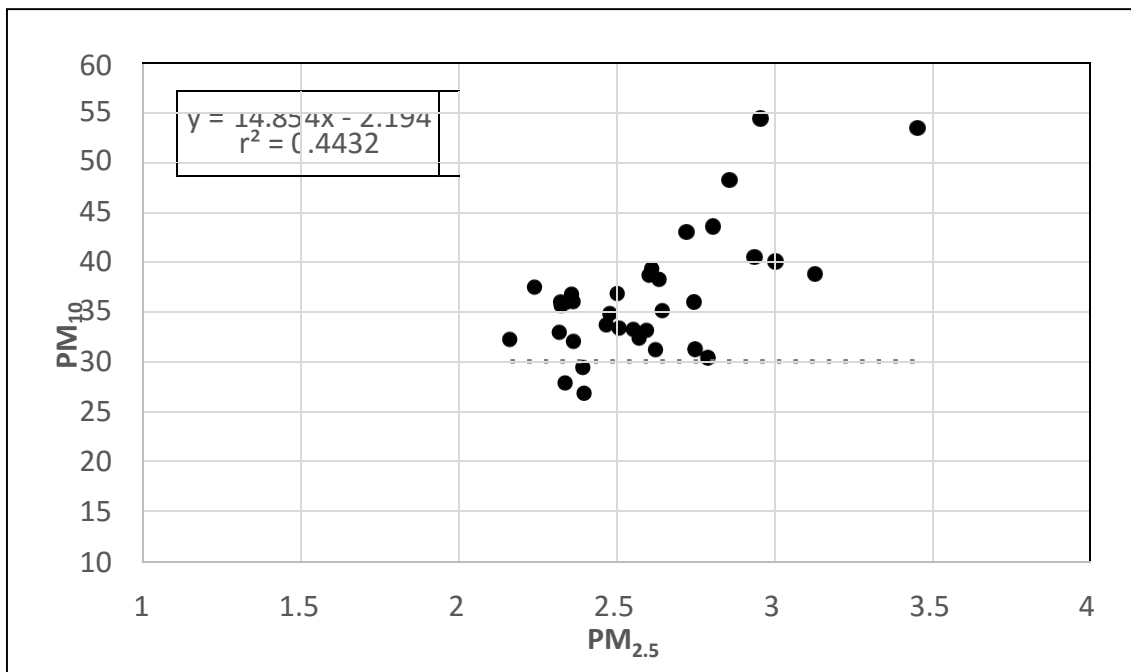
Figura 9. Condiciones meteorológicas correspondientes al monitoreo realizado durante los meses de agosto, setiembre y octubre de 2016.

Figura 10. Tendencia entre la concentración de material particulado y la temperatura durante los 35 días de monitoreo.



### 4.3 Regresión Lineal

Se realizó la prueba de regresión lineal simple entre los valores obtenidos de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> para evaluar el efecto de la variable dependiente PM<sub>10</sub> sobre la variable independiente PM<sub>2.5</sub>.



**Figura 11. Relación entre las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>**

Como se observa en la Figura 11, el coeficiente de determinación hallado ( $r^2$ ) es 44.32% de la variación de los datos y es explicado por el modelo de regresión lineal “ $y = 14.854x - 2.194$ ”. Se puede señalar que el modelo cuenta con una relación positiva moderada entre las variables.

### 4.4 Correlación entre PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>

Para calcular la correlación entre PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> se aplicó la correlación de Pearson, la cual arrojó un coeficiente de 0.66 a un 95% de nivel de significancia (Tabla 9); indicando una correlación significativa entre las variables, según la clasificación de Wayne (2007).

**Tabla 9. Correlación entre PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>**

	PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub>
Correlación de Pearson	<b>.666**</b>
Significancia	.000
N	35

La prueba de Pearson permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna de la investigación, la cual indica que existe una correlación lineal entre PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> en el distrito de San Isidro, Lima – Perú en 2016. Además, en la Figura 10 se muestran las fluctuaciones de los valores obtenidos de cada variable, observándose una diferencia de escalas y una correlación positiva entre las variables.

#### 4.5 Intervalos de confianza

Como se observa en la Tabla 10, se halló el intervalo de confianza para el coeficiente de correlación ( $r$ ), para un intervalo de confianza del 95%, convirtiendo los valores obtenidos de  $z'$ , en valores de  $r$ , tomando la correspondencia de la tabla transformada Z de Fisher. Para los datos del presente estudio, los límites aproximados del IC de  $r$  son 0.43 y 0.82, produciéndose una correlación entre baja, media y alta según la clasificación de Wayne (2007).

**Tabla 10. Datos de determinación del intervalo de confianza para  $r$**

Variable	Valor obtenido	IC( $z'$ )	$r$
$z'$	0.803	0.458	0.43
$z_{\alpha/2}$	1.960	1.147	0.82
$\sigma_{z'}$	0.176		

Asimismo, se obtuvo el intervalo de confianza para los coeficientes de regresión B y Bo. A un 95% de nivel de confianza, para B el intervalo de confianza es de 8.94 y 20.75. (Tabla 11)



**Tabla 11. Datos de determinación del intervalo de confianza para B**

Variable	Valor obtenido	$IC_B$
$B$	14.85	8.94
$t_{(n-2;1-\frac{\alpha}{2})}^{-2}$	2.035	20.75
$\sigma_B$	2.90	

Para la variable  $B_0$  se realizaron cálculos similares a los utilizados para la variable  $B$ , como se observa en la Tabla 12. El intervalo de confianza para  $B_0$  incluye el valor 0. Se obtuvo valores negativos debido a que  $B_0$  es el intercepto de la recta; además, los valores de la variable  $PM_{2.5}$  están expresados con  $\ln$ , por lo que es normal que los valores de la variable  $X$  para estimar la variable  $Y$  sean bajos, y por ello se requieren algunos valores negativos.

**Tabla 12. Datos de determinación del intervalo de confianza para  $B_0$**

Variable	Valor obtenido	$IC_{B_0}$
$B_0$	-2.194	12.80
$t_{(n-2;1-\frac{\alpha}{2})}^{-2}$	2.035	-17.19
$\sigma_{B_0}$	7.37	

#### 4.6 Variación mensual del PM

Debido a que existe una distribución normal entre los datos de cada variable, se realizó un análisis de varianza para evaluar diferencias entre las medias de cada variable durante los tres meses monitoreados. Se trabajó con un 0.05 de nivel de significancia para  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  (Tabla 13).

**Tabla 13. Análisis de varianza entre los meses de monitoreo de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>**

ANOVA						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrada	F	Sig.	
PM <sub>2.5</sub>	Entre meses	.500	2	.250	3.779	<b>.034</b>
	Dentro de cada mes	2.119	32	.066		
	Total	2.619	34			
PM <sub>10</sub>	Entre meses	396.022	2	198.011	6.980	<b>.003</b>
	Dentro de cada mes	907.843	32	28.370		
	Total	1303.865	34			

Los resultados evidenciaron la existencia de diferencias estadísticas en los meses monitoreados (agosto, setiembre y octubre) para cada variable. Se realizó la prueba de Tukey para determinar entre que grupos existen diferencias (Tabla 14).

**Tabla 14. Análisis de identificación de varianza**

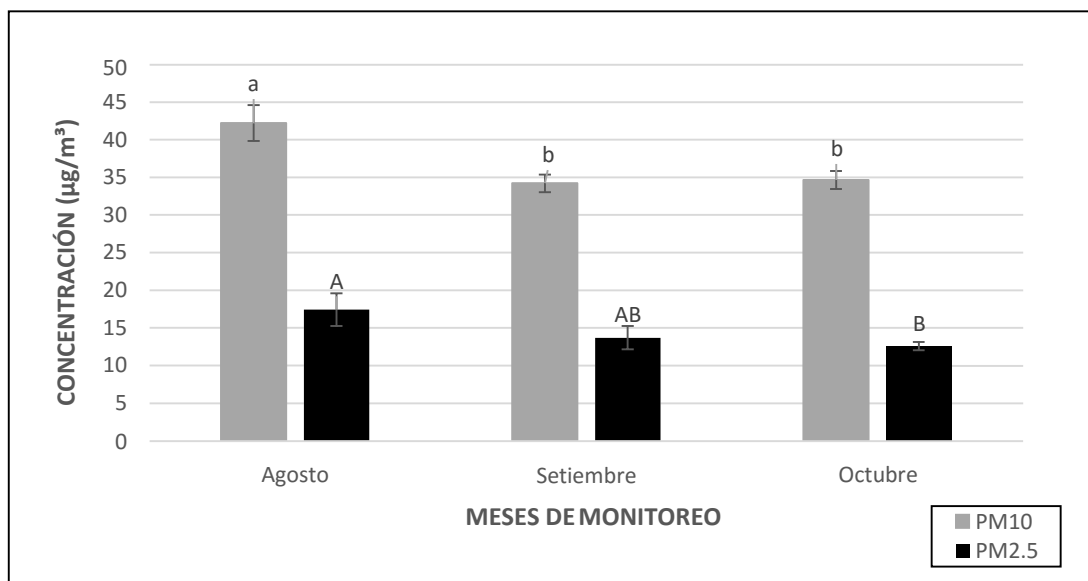
Mes	N	PM <sub>2.5</sub>		PM <sub>10</sub>	
		1	2	1	2
octubre	18	2.51620		34.65656	
setiembre	8	2.58029	2.58029	34.65656	
Agosto	9		2.80322		42.20433
<b>Sig.</b>		.840	.137	.980	1.000

La Tabla 14 identifica la varianza, la cual expresa que tan distintos son los datos de cada variable. Según se observa en la Tabla, para la variable PM<sub>2.5</sub>, no hay diferencias significativas de la concentración de material particulado durante los meses de setiembre y octubre, así como en los meses de agosto y setiembre. Por otro lado, el análisis de los valores de PM<sub>10</sub> demostraron que no hay diferencias significativas en la concentración de material particulado en los meses de setiembre y octubre.

Para ambas variables, el mes de agosto obtuvo mayor cantidad de material particulado en comparación con los otros meses, demostrando que existe una

tendencia decreciente conforme culmina el mes de agosto (estación de invierno) y transcurren los meses de setiembre y octubre (estación de primavera) (Figura 10).

En la Figura 12 los valores muestran el promedio de 35 días no continuos de monitoreo (n=35). Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre los valores de PM<sub>10</sub> durante los tres meses, mientras que letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas (p<0.05) entre los valores de PM<sub>2.5</sub> durante los tres meses.



**Figura 12. Variación mensual de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> durante los meses de agosto, setiembre y octubre de 2016.**

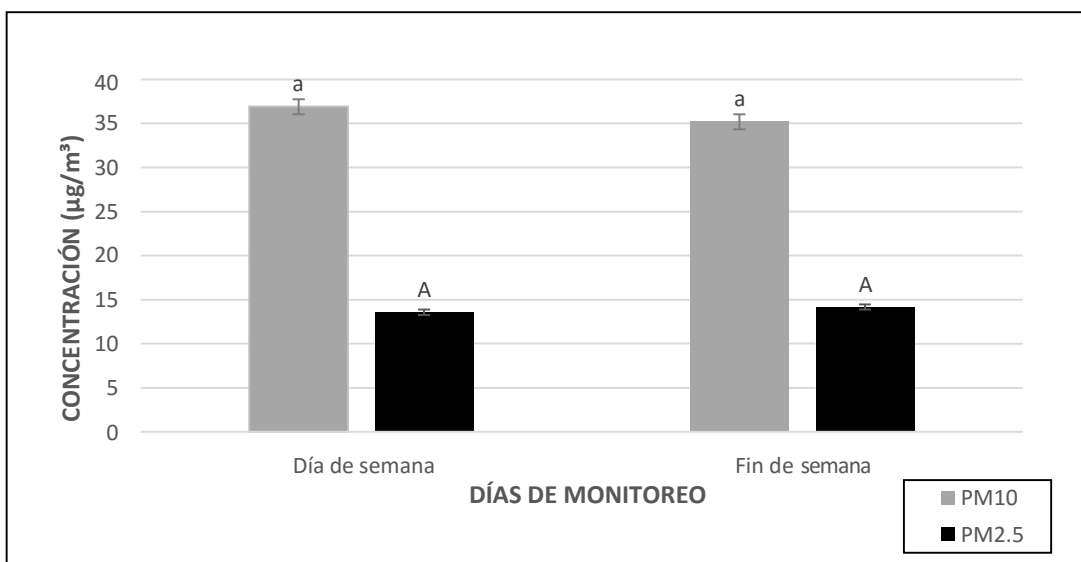
#### 4.7 Variación semanal del PM

Mediante un análisis de varianza se contrastó la variación de los datos entre los grupos: días de semana y fines de semana, a un 0.05 de nivel de significancia. Los resultados mostraron igualdad estadística entre las variables, por lo que no existen diferencias significativas entre los valores obtenidos durante días de semana y fines de semana (Tabla 15). Asimismo, el porcentaje de error de los datos de los fines de semana es mayor debido a que se tuvo menor cantidad de datos que los obtenidos durante los días de semana.

**Tabla 15. Análisis de varianza entre los días de monitoreo de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>**

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrada	F	Sig.
PM <sub>2.5</sub>	Entre Grupos	0.65	1	.065	.838	<b>.367</b>
	Dentro de los grupos	2.554	33	0.77		
	Total	2.619	34			
PM <sub>10</sub>	Entre Grupos	17.819	1	17.819	.457	<b>.504</b>
	Dentro de los grupos	1286.046	33	38.971		
	Total	1303.865	34			

En la Figura 13, los valores muestran el promedio de 35 días no continuos de monitoreo (n=35) durante los meses de agosto, setiembre y octubre de 2016. La variación de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> durante “Día se semana” abarcando los días lunes, martes, miércoles, jueves y viernes, y “Fin de semana” abarcando los días sábado y domingo. Las letras minúsculas iguales indican que no existen diferencias significativas entre los valores de PM<sub>10</sub> durante los días de semana y fines de semana, mientras que letras mayúsculas iguales indican que no existen diferencias significativas entre los valores de PM<sub>2.5</sub> durante los días de semana y fines de semana (p<0.05).



**Figura 13. Variación entre días de semana y fines de semana de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>, durante los meses de agosto, setiembre y octubre de 2016.**

#### 4.8 Cumplimiento de normas nacionales e internacionales

Los valores obtenidos de  $PM_{2.5}$  fluctúan entre  $9.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $31.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valores que no superan el ECA nacional para 24 horas ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Se cumplió también con el estándar propuesto por la USEPA para 24 horas ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Sin embargo, se exceden durante un día, sábado 20 de agosto, los valores propuestos por la OMS ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para 24 horas y por la UE ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para monitoreos anuales de  $PM_{2.5}$  (Figura 14).

En la Figura 15 se observan los valores obtenidos de  $PM_{10}$  en contraste con el ECA nacional para aire, y las normas establecidas por la USEPA, UE y OMS. Los valores de  $PM_{10}$  oscilaron entre  $26.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $54.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , estos valores demuestran el cumplimiento del ECA nacional de aire ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y el establecido por la USEPA para 24 horas ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), durante todos los días del monitoreo. No obstante, se excede durante dos días de monitoreo los valores propuestos por la OMS y la UE para 24 horas ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), con valores de  $54.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $53.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante los días viernes 19 de agosto y sábado 20 de agosto, respectivamente.

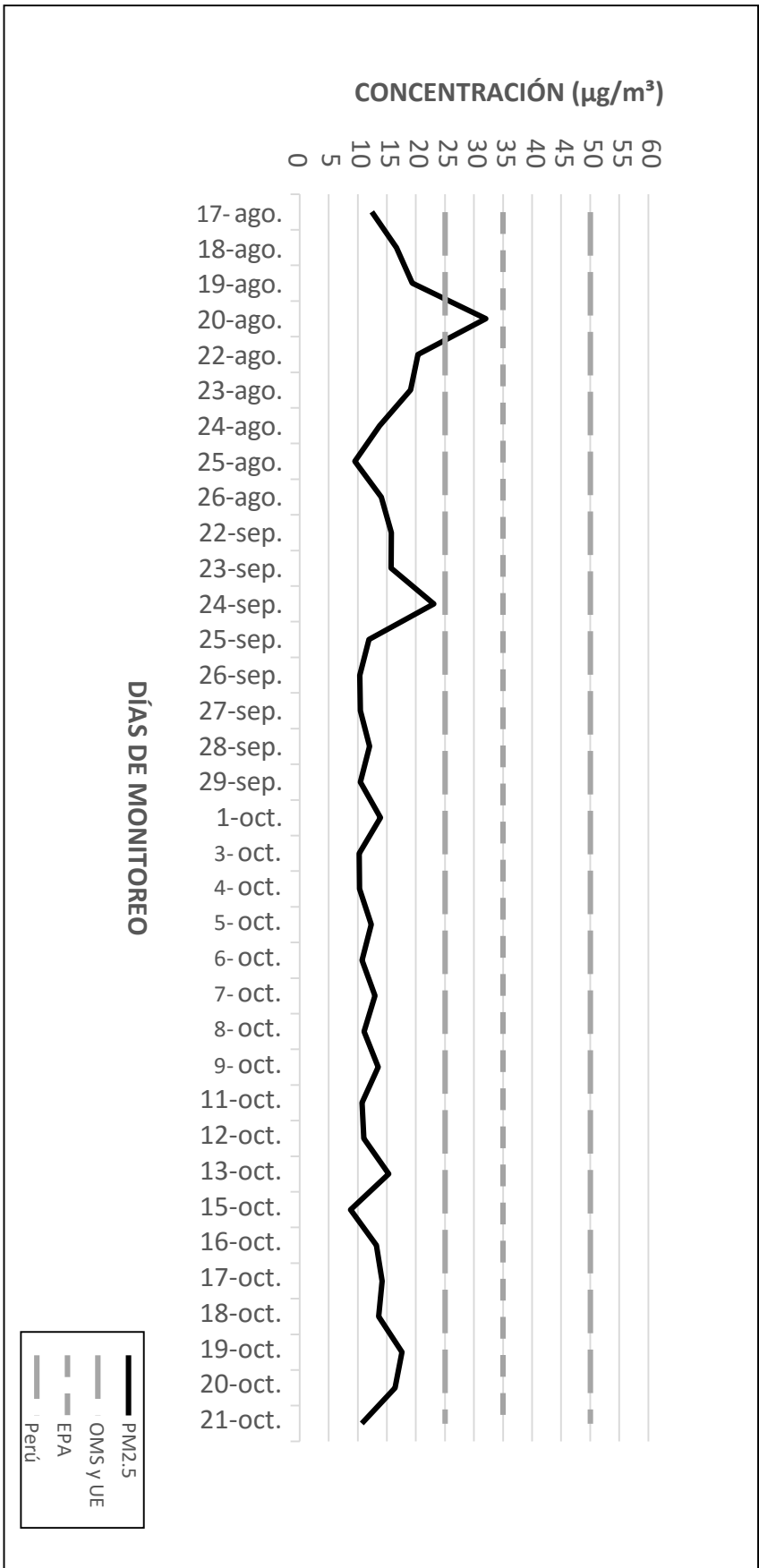


Figura 14. Concentración de PM<sub>2.5</sub> en contraste con el ECA nacional para aire (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 24 horas) y las normas internacionales establecidas por la UE (25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; anual), USEPA (35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 24 horas) y OMS (25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 24 horas).

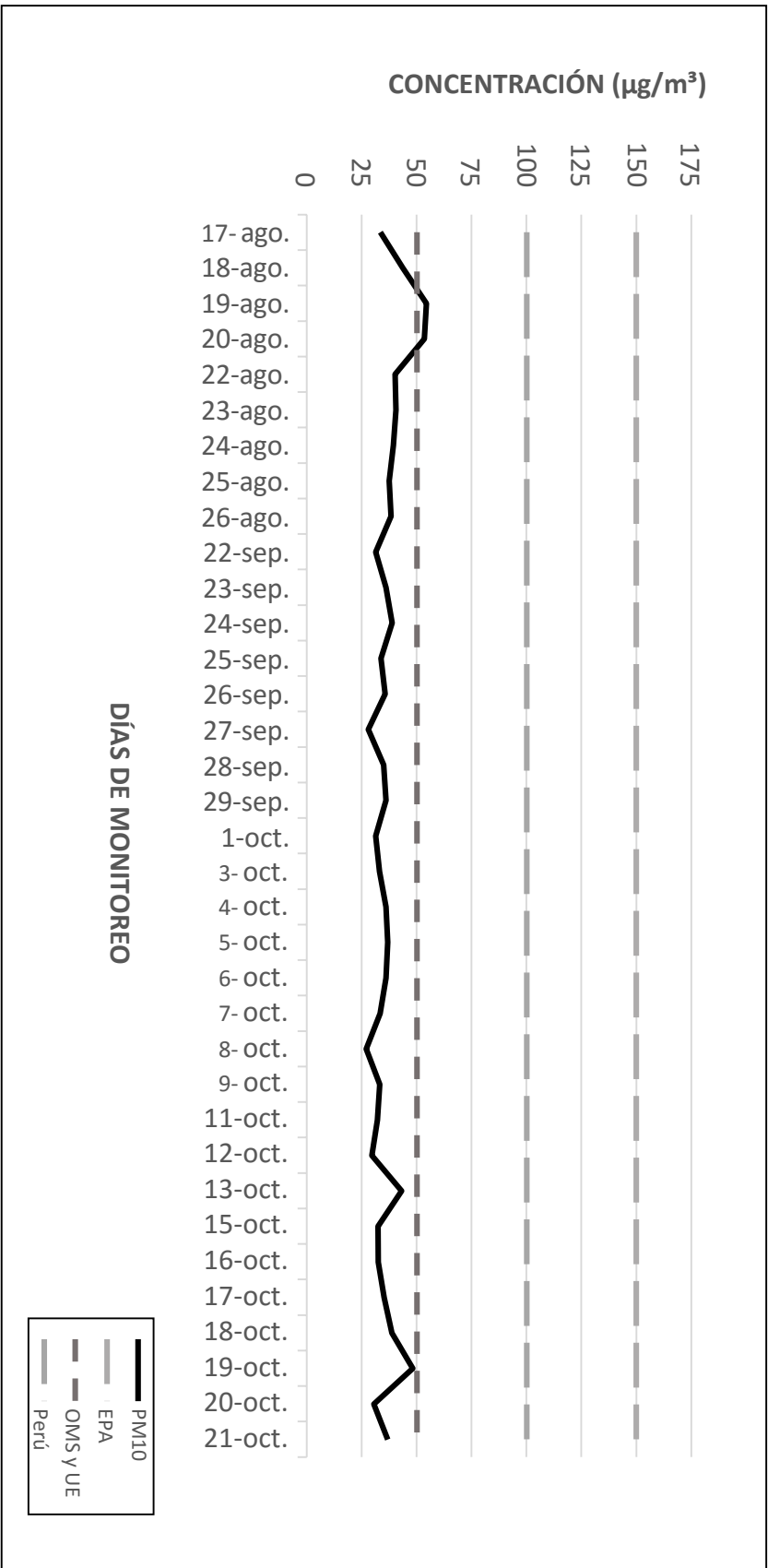


Figura 15. Concentración de PM<sub>10</sub> en contraste con el ECA nacional para aire (100 µg/m<sup>3</sup>, 24 horas) y las normas internacionales establecidas por la UE (50 µg/m<sup>3</sup>, 24 horas), EPA (150 µg/m<sup>3</sup>, 24 horas) y OMS (50 µg/m<sup>3</sup>, 24 horas).

## V. DISCUSIÓN

La presente investigación muestra la variación temporal del material particulado, la cual se produce principalmente por las fuentes de emisión y condiciones climáticas que influyen de manera directa sobre la cantidad de material particulado presente en la atmósfera. Así, los resultados alcanzan los máximos valores de material particulado durante el mes de agosto (temporada de invierno), mostrando una tendencia decreciente en los siguientes dos meses (temporada de primavera).

Los valores obtenidos son similares a los de Yang et al. (2015), quienes explican que durante el invierno la cantidad de material particulado es mayor que en verano debido a que la capa de inversión térmica se encuentra a una menor altitud, concentrando los contaminantes; mientras que en verano disminuye la concentración de material particulado debido a la mayor altitud de la capa de inversión, lo que favorece la dispersión de los contaminantes atmosféricos.

Según SENAMHI (2016), en Lima Metropolitana, entre los meses de verano y otoño del hemisferio sur (febrero, marzo y abril) la capa de inversión alcanza los mínimos valores de altitud de su base, lo que influye en las altas concentraciones de contaminantes atmosféricos durante ese periodo. Sin embargo, gradualmente aumenta la altitud de la capa de inversión térmica hacia la estación fría (junio, julio y agosto), disminuyendo la concentración de contaminantes en la atmósfera (Anexo 13). A pesar de lo antes mencionado, durante los meses de agosto, setiembre y octubre de 2016 la capa de inversión térmica se mantuvo a una baja altitud, lo cual permitió la concentración de contaminantes atmosféricos. Esta situación se vio influenciada por las características de la zona y la intensificación del Anticiclón del Pacífico Sur.

Además, los resultados indican una relación negativa entre la temperatura y las variables  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ , demostrando que a bajas temperaturas (invierno) existe mayor cantidad de material particulado, mientras que a altas temperaturas



(verano) hay menor cantidad de material particulado suspendido. Concordando con Li et al. (2015), quienes demostraron una relación inversa entre la temperatura y las variables  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  de -0.75 y -0.73, respectivamente. También, la Defensoría del Pueblo (2006) indica que otro factor que influye en la concentración de material particulado en la atmósfera de Lima Metropolitana es la ausencia de precipitaciones durante todo el año, ya que beneficia la suspensión de las partículas.

Por otro lado, cabe indicar que cada zona y/o región cuenta con diferentes concentraciones de material particulado atmosférico, esto se debe al aporte antropogénico y a las características morfológicas y climáticas de cada lugar, por lo que la normativa no es estándar para todos los países. En el Perú, el MINAM menciona que los ECA aprobados en 2008, para valores promedio de 24 horas, no eran los adecuados para la realidad nacional, ya que no guardaban la relación de 0.5 sugerida por la OMS (2006) para países en vías de desarrollo. Además, los valores aprobados en 2008 fueron establecidos según lo indicado por distintos organismos, ya que el valor de  $PM_{2.5}$  se estableció con base en lo propuesto por la OMS ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para 24 horas, mientras que para  $PM_{10}$ , los ECA fueron adoptados de la USEPA ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para 24 horas. Por ello, en 2017 se propuso y aprobó la modificación del ECA para aire.

El monitoreo realizado en el presente estudio obtuvo valores de  $PM_{2.5}$  que no superan el estándar propuesto por la USEPA ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Sin embargo, se excede durante un día el valor propuesto por la OMS ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para 24 horas y la UE ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para monitoreos anuales. Se presentó como valor  $31.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el 20 de agosto, probablemente sea debido al tráfico vehicular del fin de semana. Los resultados de  $PM_{2.5}$  no superan el ECA nacional vigente para monitoreos de 24 horas ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Para  $PM_{10}$ , los resultados demuestran el cumplimiento del ECA nacional vigente para monitoreos de 24 horas ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), por un margen considerable, como también lo demuestra SENAMHI (2016) en los monitoreos realizados en la estación de Campo de Marte, señalando que, desde el inicio del

funcionamiento de la estación a la actualidad, en promedio, no se ha superado el ECA para  $PM_{10}$ . De igual modo, se cumple con los valores propuestos por la USEPA para 24 horas ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), pero se excede durante dos días los valores propuestos por la OMS ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y la UE para 24 horas ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), durante los días viernes 19 de agosto y sábado 20 de agosto con  $54.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $53.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente. Probablemente, se presentaron estos valores debido al tráfico vehicular del fin de semana, ya que no hay evidencia de algún evento adicional que haya podido influir en el aumento de material particulado.

Asimismo, existen estudios que han comparado la concentración de contaminantes atmosféricos durante los días de semana y fines de semana (Mar & Harley 2002; Jones et al. 2008). Según los resultados obtenidos del presente estudio, no existen diferencias estadísticas entre los valores obtenidos durante los días de semana y los fines de semana para las variables  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ . El resultado es similar al presentado por SENAMHI (2016), quien tampoco halló diferencias significativas en los valores obtenidos del monitoreo de material particulado durante los días laborables y fines de semana del mes de noviembre de 2016 en la estación de Campo de Marte. Estos resultados se podrían atribuir al similar flujo vehicular de la zona, durante días de semana y fines de semana.

A pesar de que los resultados obtenidos en el presente estudio no superan la normativa nacional, se ha demostrado efectos en la salud y el ambiente por exposiciones a bajas concentraciones, pero prolongadas (Elliott & Copes, 2011; Fann, 2012) por lo que es importante implementar medidas para prevenir y reducir las emisiones antropogénicas del material particulado en la ciudad.

Por otro lado, existen investigaciones que confirman la relación positiva entre los parámetros  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  (US EPA, 2003; Galvis & Rojas, 2006; Zhou et al. 2016). Según Viana (2003) existe diversidad en los valores encontrados para la relación debido a las diferencias geológicas, climáticas, atmosféricas, y las diversas fuentes de contaminación, que aun dentro de una misma ciudad, influyen cada sitio de monitoreo. Por ello, surge la necesidad de estudiar la

existencia de la relación entre las variables  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ , bajo las diferentes condiciones del Perú en distintas zonas.

Después de 35 días de monitoreo en una zona del distrito de San Isidro, se obtuvieron datos de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ . Los valores de  $PM_{10}$  mostraron una distribución normal, mientras que los valores de  $PM_{2.5}$  no, por lo que se aplicó un factor de corrección (Ln) a todos los valores de  $PM_{2.5}$  para poder realizar las siguientes pruebas estadísticas.

Los resultados establecieron una relación  $PM_{2.5}/PM_{10}$  de 0.39, cercana a la señalado por la OMS (2006) para países en vías de desarrollo (0.5) y a lo indicado por el MINAM (2017), donde las variables presentan una relación entre 0.32 y 0.65 para la zona de Lima-Callao, basándose en el análisis de la poca información disponible sobre calidad del aire en el país. Asimismo, los ECA aprobados en 2017 indican un balance de 0.5 entre los valores de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ , siendo el valor de  $PM_{2.5}$  ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) la mitad del valor señalado para  $PM_{10}$  ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), para monitoreos de 24 horas, demostrando que la estructura planteada por la OMS es cercana a la relación obtenida en la presente investigación.

Echeverri et al. (2008) obtuvo una relación  $PM_{2.5}/PM_{10}$  de 0.51 a 0.80 para puntos de monitoreo establecidos en Medellín. El estudio demostró que la relación entre estos parámetros es mayor cuando incrementa el parque automotor en la zona de muestreo.

También, los resultados presentan un coeficiente de correlación entre las variables  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  de 0.66; a un nivel de significancia de 0.05, siendo una correlación positiva significativa según Wayne (2007). Resultados similares a los obtenidos se consiguieron en investigaciones como la de Galvis & Rojas (2006), donde se monitorearon cinco zonas de Bogotá, logrando una correlación alta entre las variables que osciló de 0.73 a 0.90.

Asimismo, el punto de monitoreo del presente estudio se encontraba ubicado en una zona urbana, lo que influyó en las concentraciones de material

particulado obtenidas, ya que según Zhou (2016) las concentraciones de PM son atribuidas principalmente a la intensa influencia antropogénica. PROTRANSPORTE (2005) señala que en Lima Metropolitana la principal fuente de contaminación atmosférica es el parque automotor, por lo que la cercanía del punto de monitoreo con la Avenida Javier Prado podría influir directamente en la concentración de material particulado monitoreado.

Finalmente, según Mugica et al. (2002) sería ideal contar con información sobre el monitoreo de material particulado, ya que según la linealidad de la relación  $PM_{2.5}/PM_{10}$ , se podrían utilizar datos de  $PM_{10}$  para predecir con confianza la concentración de  $PM_{2.5}$ , reduciendo esfuerzos y costos en el uso de equipos. Sin embargo, otros estudios han sugerido que la medición de  $PM_{2.5}$  no sustituiría efectivamente la medición de  $PM_{10}$  (Harrison, 2000). En la presente investigación, la relación  $PM_{2.5}/PM_{10}$  no es significativa, por lo que no sería recomendable realizar la predicción de los valores de  $PM_{2.5}$  en función al monitoreo de  $PM_{10}$ . Además, el resultado obtenido de la regresión lineal indica un 44.32% de variabilidad entre los datos, por lo que la predicción de datos podría afectar la veracidad de los resultados.

## VI. CONCLUSIONES

- El valor obtenido de la relación  $PM_{2.5}/PM_{10}$  es 0.39, cercano al valor propuesto por la OMS para países en vías de desarrollo (0.5).
- Existe una correlación lineal positiva significativa entre los valores de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  de 0.66, a un nivel de significancia de 95%; por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación.
- Existe una correlación inversa moderada de -0.445 y -0.482 entre la temperatura y las variables  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ , respectivamente; a un 0.05 de nivel de significancia.
- Para la variable  $PM_{2.5}$ , agosto fue el mes con mayor cantidad de material particulado suspendido, seguido por setiembre y finalmente octubre. Para la variable  $PM_{10}$ , el mes de agosto obtuvo mayor cantidad de material particulado suspendido, mientras que los meses de setiembre y octubre son estadísticamente iguales.
- Los resultados muestran mayor cantidad de material particulado atmosférico durante el mes de agosto (temporada de invierno), mostrando una tendencia decreciente en los meses de setiembre y octubre (temporada de primavera).
- El coeficiente de determinación ( $r^2$ ) es 44.32% de la variación de los datos. Se puede señalar que el modelo cuenta con una relación positiva moderada entre las variables que no es suficiente para poder predecir una variable en función al monitoreo de la otra variable, ya que no se obtendrían valores confiables.
- Los valores obtenidos de  $PM_{2.5}$  cumplen, durante todos los días de monitoreo, con el ECA nacional de aire para 24 horas y los estándares propuestos por la USEPA para 24 horas. Sin embargo, excede durante un día el límite de la OMS para 24 horas y de la UE para monitoreo anual.
- Los valores obtenidos de  $PM_{10}$  cumplen, durante todos los días de monitoreo, con el ECA nacional de aire para 24 horas y los estándares propuestos por USEPA para 24 horas. Sin embargo, exceden durante dos días de monitoreo los valores propuestos por la OMS y la UE para 24 horas.
- La presente investigación concuerda con los estándares de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  aprobados mediante D.S. N°003-20017-MINAM, ya que señala una relación de 0.5 entre  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ ; siendo valores cercanos a la realidad nacional.

## VII. RECOMENDACIONES

- Determinar la contribución de las diversas fuentes de emisión de material particulado por medio de la caracterización química de las partículas.
- Realizar monitoreos de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  durante la temporada de verano, a fin de comparar los resultados obtenidos y evaluar a mayor detalle la influencia de la estacionalidad en la correlación de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ .
- Realizar monitoreos de material particulado durante períodos prolongados y continuos para obtener más información para comparar entre años, meses y días.
- Efectuar monitoreos similares a los de la presente investigación en otras zonas del país con el objetivo de comparar la información y obtener datos relevantes para establecer normativa real.
- Realizar monitoreos con más de un punto de muestreo en la misma zona, a fin de obtener información más exacta.
- Gestionar estrategias para reducir las emisiones de fuentes antropogénicas como la regularización del parque automotor, con el objeto de minimizar las emisiones de partículas por las fuentes móviles.
- Incentivar políticas para promover el uso de energías renovables y otras alternativas que reduzcan el impacto antropogénico en la calidad del aire del país.
- Fiscalizar el cumplimiento de la normativa nacional mediante monitoreos constantes de la calidad del aire en las diferentes zonas del Perú.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Aguilar, C.** (2002). Contaminación Ambiental y Salud de los niños en América Latina y el Caribe: Contaminación del aire exterior. 109-127.

**Aguilar, Z. & Alva, J.** (2004). Microzonificación sísmica de Lima.

**Aldabe, J.** (2011). Caracterización físico – química del material particulado en la comunidad foral de Navarra. Memoria presentada para optar el título de Doctor en Ciencias por la Universidad de Navarra. 217pp.

**Alvarado, G.** (2010). Estudio integrado de factores que influyen sobre la contaminación atmosférica por material particulado respirable de Pudahuel. Memoria presentada para optar el título de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental por la Universidad de Chile. 117pp.

**Álvarez, L. & Salazar, A.** (2013). Síntomas respiratorios y función pulmonar en niños de 6 a 14 años de edad y su relación con la contaminación por material particulado PM10 en Santa Marta-Colombia. Revista Española Salud Pública. 87:239-246.

**Arellano, J.** (2002). Introducción a la Ingeniería Ambiental. Alfaomega. 131pp.

**Asif, F.** (2005). Motorization, urbanization and air pollution.

**Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente** (2016). Controlando los contaminantes climáticos de vida corta: Una oportunidad para mejorar la calidad del aire y mitigar el cambio climático. El caso de Brasil, Chile y México. Resumen ejecutivo. 12pp. Disponible en: [http://www.aida-americas.org/sites/default/files/featured\\_pubs/reporte\\_ccvc\\_resumen.pdf](http://www.aida-americas.org/sites/default/files/featured_pubs/reporte_ccvc_resumen.pdf)

**Banco Mundial.** (2006). Estudio Análisis Ambiental del Perú.

**Barrios, O.** (2007). Contaminación del ambiente por material particulado generado en las obras civiles. Memoria presentada para optar el título de Ingeniero Civil por la Universidad de Sucre, 98pp.

**Barrios, S., Peña, F. & Osses, S.** (2005). Effects for particles material atmospheric pollution on acute respiratory diseases in fewer than 5 years of age. *Science and nursing*. 10(2): 21-29.

**Bell, M., Samet, J., & Dominici, F.** (2004). Time-series studies of particulate matter. *Annual Review of Public Health Palo Alto*. 25: 247-280.

**Billet, S., Garcon, G., Dagher, Z., Verdin, A., Ledoux, F., Cazier, F., Courcot, D. Aboukais, A., & Pirouz, S.P.** (2007). Ambient Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>): Physicochemical characterization and metabolic activation of the organic fraction in human lung epithelial cells. *Environmental Research*, 105: 212-223.

**Bogo, H., Otero, M., Castro, P., Ozafrán, M.J., Kreiner, A., Calvo, E. & Negri, R.** (2003). Study of atmospheric particulate matter in Buenos Aires city. *Atmospheric Environment*. 37, 1135–1147pp.

**Brook, J., Dann, T. & Burnett, R.** (1997). The Relationship Among TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and Inorganic Constituents of Atmospheric Particulate Matter at Multiple Canadian Locations. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 47:1, 2-19.

**Chen, B.H. & Li, Y.Q.** (2006). Relationships between air particle and meteorological elements in Chengdu. *Urban Environ. Urban. Ecol*. 19:18–24.

**Chen, R., Hu, B., Liu, Y., Xu, J., Yang, G., Xu, D. & Chen, C.** (2016). Beyond PM<sub>2.5</sub>: The role of ultrafine particles on adverse health effects of air pollution. Elsevier.

**Chu, H., Huang, B. & Lin, C.** (2015). Modeling the spatio-temporal heterogeneity in the PM<sub>10</sub>-PM<sub>2.5</sub> relationships. *Atmospheric Environment*. 102: 176-182pp.



**Código de Reglamentaciones Federales.** (2003). Protección del Medio Ambiente para proteger la salud humana y el medio ambiente. Título 40. Capítulo 1, subcapítulo U: Control de contaminantes atmosféricos.

**Cohen, D.** (1999). Seasonal and regional variations in ambient fine particle concentrations and sources in New South Wales, Australia. A seven-year study. Proceedings of international congress of biometeorology and international conference on urban climatology. Sydney.: 607.

**Comisión Europea** (2001). Guía para los estados miembros sobre medidas de PM10 e intercomparación con el método de referencia. 67pp.

**Comité de Gestión Iniciativa Limpia Lima – Callao** (2010). II Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima – Callao PISA 2011-2015. 76pp.

**Comunidad Europea** (1996). Directiva 1996/62/CE: Directiva del consejo relativa a la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente. 08pp.

**Comunidad Europea** (1999). Directiva 1999/30/CE: Directiva del consejo relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente. 20pp.

**Decreto Supremo** N° 009-2003-SA (2003). Aprueban el Reglamento de los niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire.

**Defensoría del Pueblo** (2006). La calidad del aire en Lima y su impacto en la salud y la vida de sus habitantes. Lima: Informe Defensorial No.116.

**Diario El Peruano** (2008). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire. Normas Legales. 378462 – 378464. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2014/07/D.S.-N%C2%B0-003-2008-MINAM-Est%C3%A1ndares-de-Calidad-Ambiental-para-Aire.pdf>

**Dirección General de Salud Ambiental** (2005). Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos. 71pp.

**Dirección General de Salud Ambiental** (2012). Estudio de saturación Lima Metropolitana y Callao año 2011. 66pp. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/Estudio%20de%20Saturacion%202012.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/Estudio%20de%20Saturacion%202012.pdf)

**Dockery, D.W. & Stone, P.H.** (2007). Cardiovascular risks from fine particulate air pollution. *The New England Journal of Medicine*. 356: 511-513.

**D’Innocenzio, F., Di Filippo, P., Lepore, L. & Marconi, A.** (1998). PM10 and PM2,5 concentrations in urban air and size fraction distribution of toxic metals. *Annali di Chimica*. 88(3):281-289.

**Echeverri, C. & Maya, G.** (2008). Relación entre las partículas finas (PM2.5) y respirables (PM10) en la ciudad de Medellín. *Ingenierías Universidad de Medellín*. 7(12): 23-42pp

**Elliott, C.T. & Copes, R.** (2011). Burden of mortality due to ambient fine particulate air pollution (PM2.5) in interior and Northern BC. *Public Health* 102(5): 390–393.

**Fang, G., Chang, C., Chu, C., Wu, Y., Fu, P., Yang, I., & Chen, M.** (2003). Characterization of particulate, metallic elements of TSP, PM2.5 and PM2.5-10 aerosols at a farm sampling site in Taiwan Taichung. *The Science of the Total Environment*, 308: 157-166.

**Fann, N., Lamson, AD., Anenberg, SC., Wesson, K., Risley, D. & Hubbell, BJ.** (2012). Estimating the national public health burden associated with exposure to ambient PM2.5 and ozone. *Risk Anal.*32(1):81–95.

**Feng, J., Guo, Z., Chan, C. & Fang, M. (2007).** Properties of organic matter in PM<sub>2.5</sub> at Changdao Island, China – a rural site in the transport path of the Asian continental outflow. *Atmosphere Environmental*. 41:1924-1935.

**Filonchyk, M., Yan, H., Yang, S. & Hurynovich, V. (2016).** A study of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> concentrations in the atmosphere of large cities in Gansu Province, China, in summer period. *Indian Academy of Sciences*. 125(6): 1175–1187.

**Franco, A. (2015).** Análisis de la correlación entre las emisiones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> generadas por fuentes fijas, móviles y fugitivas y el ausentismo escolar de la población infantil en los jardines de la SDIS debido a enfermedades respiratorias dentro de la localidad de Kennedy para el año 2013. Memoria presentada para optar el título de ingeniero ambiental por la Universidad Santo Tomás, Bogotá.

**Galvis, B. & Rojas, N. (2005).** Relación entre PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> en la ciudad de Bogotá. *Revista de Ingeniería*. 3(2): 336-353.

**Garreaud, R. & Rutllant, J. (2006).** Factores meteorológicos de la contaminación atmosférica en Santiago. Departamento de Geofísica – Universidad de Chile. 24 pp.

**Gehrig, R. & Buchmann, B. (2003).** Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations based on long-term Swiss monitoring data. *Atmospheric Environment*. 37: 2571-2580.

**Guía de calles de Lima y Callao (2017).** Recuperado de:

<http://www.guiacalles.com/calles/>

**Gutiérrez, H. (1997).** La Contaminación del Aire, riesgos para la Salud. México.

**Gobierno de Aragón (2017).** La calidad del aire en Aragón. Disponible en:

[http://www.aragonaire.es/particulatematter.php?n\\_action=measure](http://www.aragonaire.es/particulatematter.php?n_action=measure)

**Gutiérrez, H.** (1997). La Contaminación del Aire: Riesgos para la Salud. El Manual Moderno.

**Harrison, R. & Yin, J.** (2000). Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health? The Science of the Total Environment. 249: 85-101pp

**Hernández, C.** (2013). Biomecánica del sistema respiratorio. Universidad Popular del Cesar.

**Ho, K.F., Lee, S.C., Chan, C.K., Yu, J.C., Chow, J.C. & Yao, X.H.** (2003). Characterization of chemical species in PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> aerosols in Hong Kong. Atmospheric Environment. 37: 31–39.

**Ibañez, L.** (2008). Comparación entre las metodologías de muestreo equivalentes y de referencia del material particulado atmosférico, en la ciudad de Lima. Memoria para optar el título de Ingeniero Ambiental por la Universidad Agraria La Molina, 122pp.

**Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.** (2003). NTP 900.030:2003: Método de referencia para la determinación del material particulado respirable como PM<sub>10</sub> en la atmósfera. 1ª edición. 16pp.

**Inza, A., Sánchez, M.A., Menéndez, M., Ortega, L.Á. & Gil, J.I.** (2006). Estudio de los niveles de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en un área urbana con influencia industrial siderometalúrgica (Beasain, Guipúzcoa). España: Servicio de Geocronología y Geoquímica Isotópica. 124pp.

**IPCC.** (2001). Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, p. 94.

**Janssen, N., Van, D., Van, K., Harssema, H. & Hoe, G. (1997).** Mass Concentration and Elemental Composition of Airborne Particulate Matter at Street and Background Locations. *Atmospheric Environment*. 31:1173-1184.

**Jones, A., Yin, J. & Harrison, R. (2008).** The weekday–weekend difference and the estimation of the non-vehicle contributions to the urban increment of airborne particulate matter. *Atmospheric Environmental*. 42(19) 4467–4479.

**Lacy, R. & Pedroza, J. (2000).** Red de Vigilancia de la Calidad del Aire: Lima–Callao. Elaborado para el Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima y Callao.

**Li, Y., Chen, Q., Zhao, H., Wang, L. & Tao, R. (2015).** Variations in PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1.0</sub> in an Urban Area of the Sichuan Basin and Their Relation to Meteorological Factors. *Atmosphere*. 6: 150-163.

**Manahan, S. (2007).** Introducción a la Química Ambiental. Editorial Reverté. 725pp.

**Marr, L. & Harley, R. (2002).** Modeling the Effect of Weekday–Weekend Differences in Motor Vehicle Emissions on Photochemical Air Pollution in Central California. *Environmental Science Technologic*. 36 (19): 4099–4106.

**Maraziotis, E. & Marazioti, N. (2008).** Statistical analysis of inhalable (PM<sub>10</sub>) and fine particles (PM<sub>2.5</sub>) concentrations in urban region of Patras, Greece. *Global Nest Journal*. 10(2).

**Mészáros, E. (1999).** Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry. Akadémiai Kiado.

**Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2011).** Informe del Estado del Medio Ambiente. (1): 46-113.

**Ministerio del Ambiente** (2017). Prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire. Resolución Ministerial N°094-20017-MINAM. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/consultaspublicas/2017/04/08/resolucion-ministerial-n-094-2017-minam/>

**Miranda, K. & Ortiz, L.** (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 Tolviejo (Sucre). Memoria presentada para optar el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario por la Universidad de La Salle, 135 pp.

**Moldanova, J., Fridell, E., Popovicheva, O., Demirdjian, B., Tishkova, V., Faccineto, A., & Focsa, C.** (2009). Characterisation of particulate matter and gaseous emissions from a large ship diesel engine. *Atmospheric Environment*, 43: 2632-2641.

**Mugica, V., Maubert, M., Torres, J. & Muñoz, E.** (2002). Temporal and spatial variations of metal content in TSP and PM10 in Mexico City during 1996–1998. *Journal of Aerosol Science*: 33(1), 91–102

**Oberdörster, G., Gelein, RM., Ferin, J. & Weiss, B.** (2005). Association of particulate air pollution and acute mortality: involvement of ultrafine particles?. (7):111-124.

**Organización Mundial de la Salud** (2014). Comunicado de Prensa: 7 millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>

**Organización Mundial de la Salud** (2016). Nota descriptiva: Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

**Organización Mundial de la Salud** (2006). 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. Resumen de evaluación de los riesgos. 2006. Ginebra: Edición de la OMS, pág. 9.

**Organización Mundial de la Salud** (2004). Guías para la calidad del aire. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/fulltext/guiasaire.pdf>

**Pateraki, S., Asimakopoulos, D.N., Flocas, H.A., Maggos, T. & Vasilakos, C.** (2012). The role of meteorology on different sized aerosol fractions (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>2.5-10</sub>). Science of the Total Environment. 419:124–135.

**Perrino, C.** (2010). Atmospheric Particulate Matter. C.N.R. Institute of Atmospheric Pollution. Proceedings of a C.I.S.B. Minisymposium. 09pp.

**Préndez, M., Corvalán, R. & Cisternas, M.** (2007). Estudio Preliminar del Material Particulado de Fuentes Estacionarias: Aplicación al Sistema de Compensación de Emisiones en la Región Metropolitana, Chile. Información Tecnológica. 18(2): 93-103

**Prospero, J.M., Ginoux P., Torres O. & Nicholson S.** (2002). Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust derived from the NIMBUS7 TOMS absorbing aerosol product. Reviews of Geophysics 40(1), 2(1):2-27.

**PROTRANSPORTE.** (2005). Estudio Línea Base Ambiental de Corredores Segregados de Alta Capacidad, COSAC 1. Municipalidad de Lima.

**Quijano, A., Quijano, M. & Henao, J.** (2010). Caracterización fisicoquímica del material particulado fracción respirable PM<sub>2.5</sub> en Pamplona-Norte de Santander-Colombia. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, 8(1): 1-20.

- Richmond-Bryant**, J., Saganich, C., Bukiewicz, L., y Kalin, R. (2009). Associations of PM<sub>2.5</sub> and black carbon concentrations with traffic, idling, background pollution, and meteorology during school dismissals. *Science of the Total Environment*, 407: 3357-3364.
- Rojano**, R., Angulo, L. & Restrepo, G. (2013). Niveles de Partículas Suspendidas Totales (PST), PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> y su Relación en Lugares Públicos de la Ciudad Riohacha, Caribe Colombiano. *Información tecnológica*. 24(2): 37-46
- Romieu**, I. & Borja--Aburto, V.H. (1997). Particulate air pollution and daily mortality: Can results be generalized to Latin American countries?. *Salud Pública de México*, 39(5): 403-411.
- Sbarato**, V., Sbarato, D., Basan, R., Manzo, P., Ortega, J., Campos, M & Salort, M.R. (2000). Análisis y Caracterización del Material Particulado Atmosférico. Ciudad de Córdoba, Argentina. 27pp. Disponible en: <http://www.monitoreoambiental.com/download/16.%20An%C3%A1lisis%20del%20Material%20Particulado-paper24.pdf>
- Schachter**, E., Moshier, E., Habre, R., Rohr, A., Godbold, J., Nath, A., Grunin, A., Coull, B., Koutrakis, P. & Kattan, M. (2016). Outdoor air pollution and health effects in urban children with moderate to severe asthma. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 9 (3): 251–263.
- SENAMHI** (2013). Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana 2011. Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. 69pp.
- SENAMHI** (2015). Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana 2014. Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. 73pp.



**SENAMHI** (2015). Boletín Climatológico de la estación meteorológica “Campo de Marte”. Boletín N°10. Disponible en:

<http://www.senamhi.gob.pe/load/file/02232SENA-7.pdf>

**SENAMHI** (2016). Boletín Mensual Vigilancia de la Calidad del Aire Lima Metropolitana. Vigilancia de la calidad del aire en la zona metropolitana de Lima y Callao – agosto 2016. Vol. 16 – N°8. 18pp.

**SENAMHI** (2016). Boletín Mensual Vigilancia de la Calidad del Aire Lima Metropolitana. Vigilancia de la calidad del aire en la zona metropolitana de Lima y Callao – noviembre 2016. Vol. 16 – N°11. 18pp.

**Shakhashiri, B** (2007). Gases of the air. Chemical of the week. Disponible en: <http://scifun.chem.wisc.edu/CHEMWEEK/PDF/airgas.pdf>

**Szretter, M.** (2017). Apunte de Regresión Lineal. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. 1-245pp.

**Rupprecht & Patashnick CO** (2002). Operating manual TEOM series 1400a ambient particulate (PM10) monitor. 556pp.

**Tollefson, J.** (2013). Soot a major contributor to climate change. Nature Publishing Group.

**Toro, M., Ramírez, J., Quiceno, R., & Zuluaga, C.** (2001). Cálculo de la emisión vehicular de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Medellín mediante factores de emisión CORINAIR. Grupo de Investigaciones Ambientales – GIA. Universidad Pontificia Bolivariana. Revista Acodal, 191: 42-49.

**Uribazo, P., Tito, D. & Ochoa, J.** (2006). Influencia de las calderas sobre el medio ambiente. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. 1-13.

**U.S. Environmental Protection Agency** (2003). Particle Pollution and Your Health. Office of Air and Radiation. Disponible en:

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P1001EX6.txt>

**U.S. Environmental Protection Agency** (2004). Air Quality Criteria for Particulate Matter. Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division. Volume I of II. EPA/600/P-99/002Af.

**U.S. Environmental Protection Agency** (2005). Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter, pag. 2-6.

**Viana, B.** (2003). Niveles, composición y origen del material particulado atmosférico en los sectores norte y este de la península Ibérica y Canarias. Memoria presentada para optar el título de Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Barcelona. 375pp.

**Vega, E., Reyes, E., Ruiz, H., García, J., Sánchez, G., Martínez-Villa, G., González, U., Chow, J. & Watson, J.** (2012). Analysis of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in the Atmosphere of Mexico City during 2000-2002. Journal of the Air & Waste Management Association. 54 (7):2004.

**Wark, K. & Warner, C.** (2010). Contaminación del aire: origen y control. Editorial Limusa. 650pp.

**Wayne, D.** (2007). Bioestadística "Base para el análisis de las ciencias de la salud". 4ta edición. Editorial Limusa.

**World Meteorological Organization (WMO).** (2008). Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Seventh edition. 681pp.

**Wurzler, S., Reisin, T. & Levin, Z.** (2000). Modification of mineral dust particles by cloud processing and subsequent effects on drop size distributions. Journal of Geophysical Research. 105: 4501-4512.

**Yang, L.,** Quanliang, Chen., Hujia, Z., Lin, W. & Ran, T. (2015). Variations in PM10, PM2.5 and PM1.0 in an Urban Area of the Sichuan Basin and Their Relation to Meteorological Factors. *Atmosphere*. 6: 150-163.

**Yao, Q.,** Cai, Z.Y. & Zhang, C.C. (2010). Variety characteristics and influence factors of aerosol mass concentrations in Tianjin City. *Ecology and Environmental Science*. 19: 2225–2231.

**Zanobetti, A.,** Dominici, F., Wang, Y. & Schwartz, JD. (2014). A national case-crossover analysis of the short-term effect of PM2.5 on hospitalizations and mortality in subjects with diabetes and neurological disorders. *Environmental Health*. 13(1):38.

**Zhou, X.,** Cao, Z., Ma, Y., Wang, L., Wu, R. & Wang, W. (2016). Concentrations, correlations and chemical species of PM2.5/PM10 based on published data in China: Potential implications for the revised particulate standard. *Chemosphere*. 10(144): 518- 526.

## IX. GLOSARIO

**Aerosol:** Partículas de diámetro pequeño que pueden encontrarse en estado sólido, líquido o mezclas. Estas partículas poseen distinta composición química, se encuentran suspendidas en la atmósfera y tienen relaciones sinérgicas con algunos contaminantes atmosféricos.

**Alvéolo pulmonar:** Cavidad pulmonar que poseen todos los seres humanos (3000 millones aproximadamente) y su función principal es recibir el oxígeno proveniente del aire y derivarlo al torrente sanguíneo. También, los alvéolos eliminan el dióxido de carbono de la sangre.

**Emisión:** Contaminación liberada a la atmósfera por actividades antropogénicas como fábricas y vehículos, y algunas actividades naturales.

**Fracción inhalable:** Fracción de la masa de las partículas que ingresa al cuerpo humano a través de la nariz y la boca.

**Inversión térmica:** Proceso que ocurre en la atmósfera, en donde una capa de aire cálido detiene la subida del aire frío, reteniendo contaminantes debajo de ella.

**Muestreador:** Dispositivo que separa las partículas del aire y las retiene en un elemento filtrante.

**Partícula Suspendida:** Partícula con diámetro menor a 60  $\mu\text{m}$ .

**Smog fotoquímico:** Proviene de las palabras en inglés “smoke” (humo) y “fog” (neblina). Es la contaminación del aire causada por reacciones químicas entre diferentes contaminantes atmosféricos.

## X. ANEXOS

### Anexo 1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire aprobados mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

Parámetro	Período	Valor [ug/m <sup>3</sup> ]	Criterios de evaluación	Método de análisis
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	Quimioluminiscencia (Método automático)
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM <sub>2.5</sub> )	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 <sub>10</sub> )	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 anual	
Ozono (O <sub>3</sub> )		100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año.	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)

Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>	Mensual	1.5	NE mpas de 4 veces al año	Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0.5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	150	Media aritmética anual	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

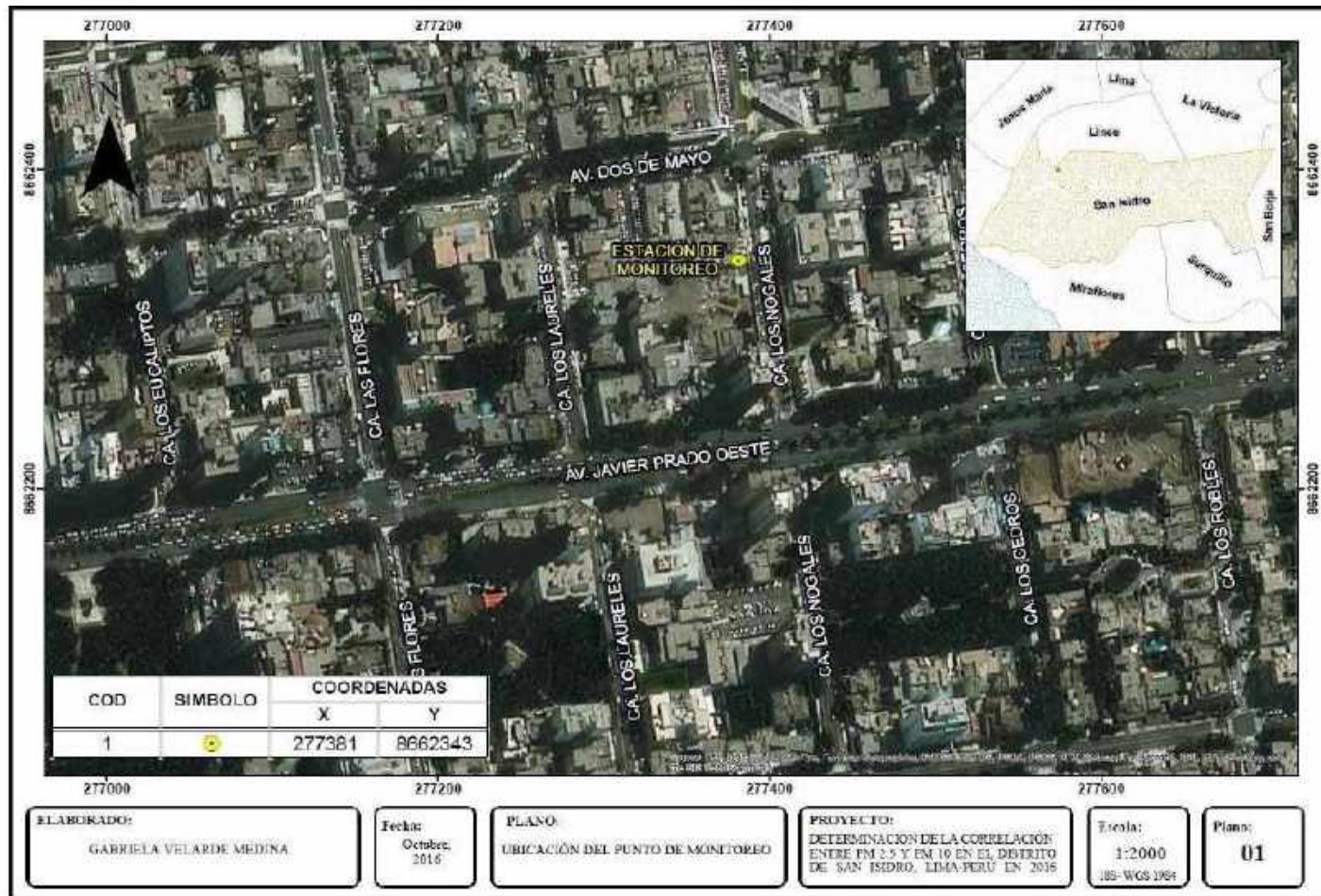
Fuente: El Peruano (2017)

### Anexo 2. Comparación de estándares de calidad de ambiental para material particulado

Contaminante	Perú		Brasil		Chile		México		OMS	USEPA	UE
	Norma	Nivel Máx. (ug/m3)	Norma	Nivel Máx. (ug/m3)	Norma	Nivel Máx. (ug/m3)	Norma	Nivel Máx. (ug/m3)	Estándar (ug/m3)	Estándar (ug/m3)	Estándar (ug/m3)
<b>PM<sub>10</sub></b>	DS-003-2017-MINAM	100 (24h) 50 (anual)	Res. 3/1990 CONAMA	150 (24 hrs)	DS 20/2013	150 (24hrs)	NOM 025	75 (24hrs)	50 (24 hrs) 20 (anual)	150 (24 hrs)	50 (24 hrs) 40 (anual)
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	DS-003-2017-MINAM	50 (24 hrs) 25 (Anual)	N/A	N/A	DS 12/2011	50 (24hrs)	NOM 025	45 (hrs)	25 (24 hrs) 10 (anual)	35 (24 hrs)	25 (anual)

Fuente: Adaptado de Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (2016)


Anexo 3. Plano de ubicación de la estación de monitoreo



Fuente: Elaboración propia



**Anexo 4. Certificado de calibración de equipo Hivol 3000 - Ecotech**



**Calibración de Monitor Automático de Material Particulado**

---

Certificado de Calibración  
**1517341012016**  
Muestreador de Alto Volumen

Datos Generales

Lugar: San Isidro, Lima  
Fecha: 06/05/2016  
Muestreador: HIVOL3000 PM10/PM2.5 (según pendiente)  
Marca: ECOTECH  
# de Serie: 15-1734

Datos del Patrón de Flujo

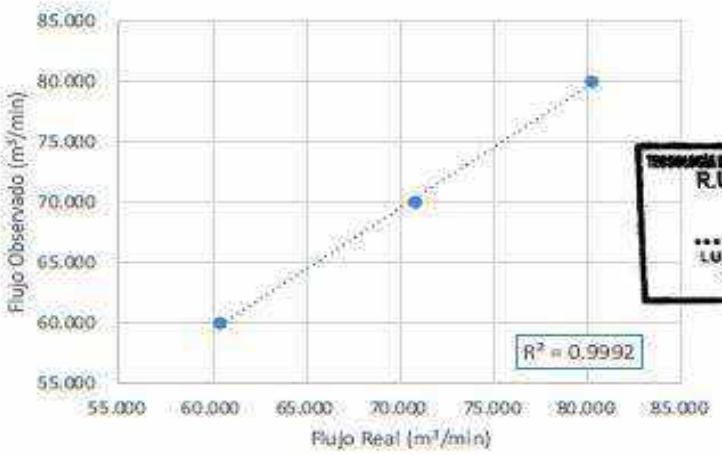
Modelo: TE-5028A  
# de Serie: 2122  
Intercepto (b): -0.019810  
Calibrado: 13/04/2016

Procedimiento Conforme a método 2.11, sección 2.3.2/QA Handbook Volume II, Appendix D

Ta (K): 292	También se realizó el ajuste de los sensores de temperatura y presión ambiental	Pa (atm): 0.988
Ta (°C): 19		Pa (mm Hg): 751

N°	Presión Calibrado	Flujo Real Calibrador	Flujo Observado Equipo	Diferencia
	"H2O	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	
1	2.75	60.390	60.000	0.65
2	3.80	70.789	70.000	1.11
3	4.90	80.231	80.000	0.29
<b>RESULTADO PROMEDIO FINAL</b>				<b>0.68</b>

Siendo el resultado promedio final de la diferencia porcentual entre el flujo observado y el flujo real es 0.93% < 10%, se concluye que el equipo muestreador de alto volumen con número de serie --- se encuentra correctamente calibrado y cumple satisfactoriamente las recomendaciones del manual del fabricante, las normas técnicas a nivel Nacional y la USEPA (US Environmental Protection Agency).



REGISTRADO DE ENTIDAD AMBIENTAL DEL PERU S.A.S.  
R.U.C. 20557717073  
*[Firma]*  
LUIS IBÁÑEZ GUERRERO  
GERENTE TÉCNICO  
DNI: 42378343

### Anexo 5. Certificado de calibración de equipo BGI PQ200



Calibración de Monitor Automático de Material Particulado

Certificado de Calibración de Flujo  
17782016  
Muestreador de Material Particulado - Bajo Volumen

Datos Generales	Datos del Patrón de Flujo
Lugar: San Isidro, Lim	Modelo: deltaCal
Fecha: 06/05/2016	# de Serie: 1228
Equipo: PQ200	Calibrado: 14/12/2015
Marca: BGI	
# de Serie: 1778	

CALIBRACIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA Y PRESION AMBIENTAL / CHEQUEO DE FUGA

VARIABLE	REAL	OBSERVADO	DIFERENCIA	LIMITE
Tambiental (°C)	18.00	18.70	0.70	2.00
Tfiltro (°C)	18.00	17.90	0.10	2.00
Pambiental (mmHg)	744.00	751.00	7.00	10.00
Chequeo de Fuga	PASÓ (ningún indicador de fuga)			

CALIBRACIÓN DE FLUJO

VARIABLE	REAL	OBSERVADO	DIFERENCIA	LIMITE
Flujo 1 (lpm)	15.57	15.50	0.45%	2.00%
Flujo 2 (lpm)	16.80	16.67	0.77%	2.00%
Flujo 3 (lpm)	18.16	18.00	0.88%	2.00%

Se concluye que el Muestreador de Material Particulado PQ200 (número de serie: 1778), se encuentra correctamente calibrado y cumple satisfactoriamente las recomendaciones del manual del fabricante, las normas a nivel nacional y a nivel de la USEPA (US Environmental Protection Agency).

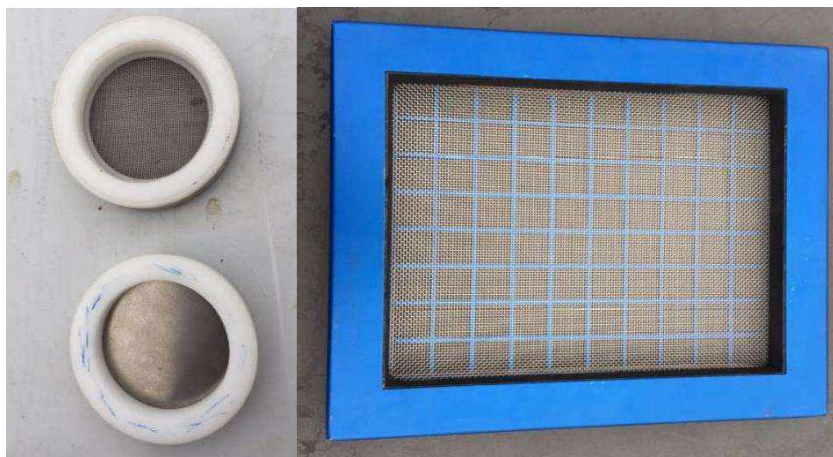


Dirección: Jr. Cuzco N° 350 – dpto. 404 – Magdalena del Mar, Lima  
 Celular: +51-950876268 // +51-992142691  
 Correo Electrónico: [informes@tdaperu.com.pe](mailto:informes@tdaperu.com.pe) // Sitio web: <http://tdaperu.com.pe/>

**Anexo 6. Filtros utilizados para cada equipo. La imagen izquierda corresponde a los filtros Whatman de fibra de teflón de 46.2mm, mientras que la imagen derecha corresponde a los filtros Whatman de fibra de cuarzo de 203mm x 254mm.**



**Anexo 7. Portafiltros utilizados para cada equipo. La imagen izquierda corresponde al portafiltro para los filtros Whatman de fibra de teflón de 46.2mm, mientras que la imagen derecha corresponde al portafiltro para los filtros Whatman de fibra de cuarzo de 203mm x 254mm.**



**Anexo 8. Informes del laboratorio Corplab SAC**

**INFORME DE ENSAYO: 27364/2016**

**SANDOVAL GAMARRA EFRAIN DANIEL**

**Av. Pedro Venturo Nro. 298 Urb. Higuiereta Lima - Lima - Santiago de Surco**

**PESAJE EN FILTRO**

**Emitido por: Karin Zelada Trigoso**

**Impreso el 25/11/2016**



**Quím. Karin Zelada Trigoso**

**CQP: 830**

**Sup. Emisión Informes – Lima**

“Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA.”  
División - Medio Ambiente

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

### RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del item: 1

N° ALS - CORPLAB				286370/2016-1.1	286371/2016-1.1	286372/2016-1.1
Fecha de Muestreo				05/08/2016	05/08/2016	05/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				1a	2a	3a
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
003 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	460952	460953	460954
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4106	4,4024	4,4248

N° ALS - CORPLAB				286373/2016-1.1	286374/2016-1.1	286375/2016-1.1
Fecha de Muestreo				05/08/2016	05/08/2016	05/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				4a	5a	6a
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
003 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	460955	460956	460957
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4138	4,4083	4,4052

N° ALS - CORPLAB				286378/2016-1.1	286379/2016-1.1	286380/2016-1.1
Fecha de Muestreo				05/08/2016	05/08/2016	05/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				7a	8a	9a
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
003 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	460958	460959	460960
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4087	4,4182	4,4066

N° ALS - CORPLAB				286381/2016-1.1	286382/2016-1.1	286383/2016-1.1
Fecha de Muestreo				05/08/2016	05/08/2016	05/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				10a	11a	BK-PM10
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
003 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	460961	460962	460951
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4045	4,4076	4,4239

N° ALS - CORPLAB				286390/2016-1.1	286394/2016-1.1	286395/2016-1.1
Fecha de Muestreo				05/08/2016	05/08/2016	05/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				1b	2b	3b
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	---	---	010508060	010508058	010508054
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,016030	0,160183	0,162469

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

Muestras del ítem: 2

N° ALS - CORPLAB				286396/2016-1.1	286397/2016-1.1	286398/2016-1.1
Fecha de Muestreo				05/08/2016	05/08/2016	05/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				4b	5b	6b
Parámetro	Ref.	Unidad	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	010508052	010508055	010508056
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo	16755	g	---	0,160728	0,162198	0,160901

N° ALS - CORPLAB				286399/2016-1.1	286400/2016-1.1	286401/2016-1.1
Fecha de Muestreo				05/08/2016	05/08/2016	05/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				7b	8b	9b
Parámetro	Ref.	Unidad	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	010508061	010508062	010508059
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo	16755	g	---	0,159963	0,161948	0,160629

N° ALS - CORPLAB				286402/2016-1.1	286403/2016-1.1	286404/2016-1.1
Fecha de Muestreo				05/08/2016	05/08/2016	05/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				10b	11b	BK-PM10-02
Parámetro	Ref.	Unidad	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	010508057	010508051	010508053
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo	16755	g	---	0,159987	0,160927	0,158731

N° ALS - CORPLAB				286405/2016-1.1	286406/2016-1.1	286407/2016-1.1
Fecha de Muestreo				05/08/2016	05/08/2016	05/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				1c	2c	3c
Parámetro	Ref.	Unidad	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160508059	160508060	160508061
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo	16756	g	---	0,143712	0,144661	0,141011

N° ALS - CORPLAB				286408/2016-1.1	286409/2016-1.1	286410/2016-1.1
Fecha de Muestreo				05/08/2016	05/08/2016	05/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				4c	5c	6c
Parámetro	Ref.	Unidad	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160508062	160508063	160508064
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo	16756	g	---	0,141119	0,143004	0,143051

N° ALS - CORPLAB				286411/2016-1.1	286412/2016-1.1	286413/2016-1.1
Fecha de Muestreo				05/08/2016	05/08/2016	05/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				7c	8c	9c
Parámetro	Ref.	Unidad	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160508065	160508066	160508067

Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo	16756	g	---	0,142470	0,144785	0,143593
--	-------	---	-----	----------	----------	----------



## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

Muestras del ítem: 3

N° ALS - CORPLAB				314440/2016-1.0	314441/2016-1.0	314442/2016-1.0
Fecha de Muestreo				26/08/2016	26/08/2016	26/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire b1	Calidad de Aire b2	Calidad de Aire b3
Identificación						
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
003 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	461124	461125	461126
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4138	4,3946	4,4058

N° ALS - CORPLAB				314443/2016-1.0	314444/2016-1.0	314445/2016-1.0
Fecha de Muestreo				26/08/2016	26/08/2016	26/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire b4	Calidad de Aire b5	Calidad de Aire b6
Identificación						
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
003 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	461127	461128	461129
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,3971	4,4059	4,4031

N° ALS - CORPLAB				314446/2016-1.0	314447/2016-1.0	314448/2016-1.0
Fecha de Muestreo				26/08/2016	26/08/2016	26/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire b7	Calidad de Aire b8	Calidad de Aire b9
Identificación						
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
003 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10 Peso	13584	---	---	461130	461131	461132
Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4381	4,4055	4,4031

N° ALS - CORPLAB				314449/2016-1.0	314450/2016-1.0	342506/2016-1.0
Fecha de Muestreo				26/08/2016	26/08/2016	16/09/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire b10	Calidad de Aire b11	Calidad de Aire B1
Identificación						
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
003 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10 Peso	13584	---	---	461133	461134	461193
Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4244	4,4041	4,5681

N° ALS - CORPLAB				342507/2016-1.0	342512/2016-1.0	342518/2016-1.1
Fecha de Muestreo				16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire B2	Calidad de Aire B3	Calidad de Aire B4
Identificación						
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD			
003 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10 Peso	13584	---	---	461194	461195	461196
Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,5309	4,4222	4,4452

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

N° ALS - CORPLAB				342521/2016-1.0	342526/2016-1.0	342527/2016-1.0
Fecha de Muestreo				16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire B6	Calidad de Aire B7	Calidad de Aire B8
Identificación						
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	-	---	461198	461199	461200
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,5074	4,5658	4,5557

N° ALS - CORPLAB				342528/2016-1.0	342529/2016-1.0	342530/2016-1.0
Fecha de Muestreo				16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire B9	Calidad de Aire B10	Calidad de Aire B11
Identificación						
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	-	---	461201	461202	461203
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,5473	4,5507	4,5374

N° ALS - CORPLAB				342531/2016-1.0
Fecha de Muestreo				16/09/2016
Hora de Muestreo				00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire B BLANCO
Identificación				
Parámetro	Ref.	Unid	L	
003 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS - Alto Volumen				
Código del Filtro PM10	13584	-	---	461204
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,5725

### Muestras del ítem: 4

N° ALS - CORPLAB				314451/2016-1.0	314452/2016-1.0	314453/2016-1.0
Fecha de Muestreo				26/08/2016	26/08/2016	26/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire a1	Calidad de Aire a2	Calidad de Aire a3
Identificación						
Parámetro	Ref.	Uni	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509026	10509027	10509028
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509042	160509043	160509044
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo	16755	g	---	0,160778	0,161617	0,160626
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo	16756	g	---	0,139605	0,142055	0,146218

N° ALS - CORPLAB				314454/2016-	314455/2016-	314456/2016-
Fecha de Muestreo				26/08/2016	26/08/2016	26/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire a4	Calidad de Aire a5	Calidad de Aire a6
Identificación						
Parámetro	Ref.	Uni	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509029	10509030	10509031
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509045	160509046	160509047
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo	16755	g	---	0,161849	0,161611	0,161640
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo	16756	g	---	0,143297	0,142665	0,143109

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

N° ALS - CORPLAB				314457/2016-	314458/2016-	314459/2016-
Fecha de Muestreo				26/08/2016	26/08/2016	26/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				a7	a8	a9
Parámetro	Ref.	Uni	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509032	10509033	10509034
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509048	160509049	160509050
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo	16755	g	---	0,159368	0,161009	0,162051
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo	16756	g	---	0,143542	0,143909	0,143441

N° ALS - CORPLAB				314460/2016-	314461/2016-	342481/2016-
Fecha de Muestreo				26/08/2016	26/08/2016	16/09/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				a10	a11	A1
Parámetro	Ref.	Uni	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509035	10509036	10509084
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509051	160509052	160509191
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo	16755	g	---	0,161207	0,161903	0,160887
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo	16756	g	---	0,142071	0,142197	0,141795

N° ALS - CORPLAB				342482/2016-	342483/2016-	342486/2016-
Fecha de Muestreo				16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				A2	A3	A4
Parámetro	Ref.	Uni	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509085	10509086	10509087
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	16050919	160509193	160509194
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo	16755	g	---	0,161069	0,162706	0,161037
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo	16756	g	---	0,142147	0,144252	0,144046

N° ALS - CORPLAB				342489/2016-	342490/2016-	342493/2016-
Fecha de Muestreo				16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de	Calidad de	Calidad de
Identificación				Aire A5	Aire A6	Aire A7
Parámetro	Ref.	Uni	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	105090	10509089	10509090
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509	160509196	160509197
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo	16755	g	---	0,16154	0,160852	0,161441
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo	16756	g	---	0,14650	0,143318	0,143445

N° ALS - CORPLAB				342494/2016-	342495/2016-	342498/2016-
Fecha de Muestreo				16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				A8	A9	A10
Parámetro	Ref.	Uni	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509091	10509092	10509093
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509198	160509199	160509200
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo	16755	g	---	0,160736	0,160576	0,161097
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo	16756	g	---	0,142468	0,141841	0,142552

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

N° ALS - CORPLAB				342499/2016-	342500/2016-
Fecha de Muestreo				16/09/2016	16/09/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				A11	A BLANCO
Parámetro	Ref.	Unid	L		
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS					
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509094	10509095
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509201	160509202
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo	16755	g	---	0,161239	0,160979
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo	16756	g	---	0,142618	0,144934

### Muestras del ítem: 5

N° ALS - CORPLAB				322389/2016-	322390/2016-	322391/2016-
Fecha de Muestreo				16/08/2016	17/08/2016	18/08/2016
Hora de Muestreo				16:40:00	16:35:00	16:37:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				E1	E1	E1
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	-	---	460952	460953	460954
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4718	4,4549	4,4937

N° ALS - CORPLAB				322392/2016-	322393/2016-	322398/2016-
Fecha de Muestreo				19/08/2016	20/08/2016	21/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				E1	E1	E1
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	-	---	460955	460956	460961
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4987	4,4939	4,4841

N° ALS - CORPLAB				322399/2016-	322400/2016-	322401/2016-
Fecha de Muestreo				22/08/2016	23/08/2016	24/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				E1	E1	E1
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	-	---	460958	460959	460960
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4732	4,4845	4,4696

N° ALS - CORPLAB				322402/2016-	322403/2016-	322404/2016-
Fecha de Muestreo				25/08/2016	26/08/2016	26/08/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				E1	E1	E1
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	-	---	460957	460962	460951
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4652	4,4696	4,4239

N° ALS - CORPLAB				365002/2016-	365003/2016-	365004/2016-
Fecha de Muestreo				22/09/2016	23/09/2016	24/09/2016
Hora de Muestreo				17:00:00	17:00:00	17:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				SAN ISIDRO	SAN ISIDRO	SAN ISIDRO
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	-	---	461124	461125	461126
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4649	4,4536	4,4691

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

<b>N° ALS – CORPLAB</b>				<b>365005/2016-1.0</b>	<b>365006/2016-1.0</b>	<b>365007/2016-1.0</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				25/09/2016	26/09/2016	27/09/2016
<b>Hora de Muestreo</b>				17:00:00	17:00:00	17:00:00
<b>Tipo de Muestra</b>				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
<b>Identificación</b>				SAN ISIDRO	SAN ISIDRO	SAN ISIDRO
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>			
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	461131	461132	461133
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4605	4,4610	4,4701

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>365008/2016-1.0</b>	<b>365009/2016-1.0</b>	<b>365012/2016-1.0</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				28/09/2016	29/09/2016	30/09/2016
<b>Hora de Muestreo</b>				17:00:00	17:00:00	17:00:00
<b>Tipo de Muestra</b>				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
<b>Identificación</b>				SAN ISIDRO	SAN ISIDRO	SAN ISIDRO
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>			
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	461127	461128	461129
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4536	4,4649	4,4483

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>365013/2016-1.0</b>	<b>365014/2016-1.0</b>	<b>382486/2016-1.0</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				01/10/2016	01/10/2016	03/10/2016
<b>Hora de Muestreo</b>				17:00:00	00:00:00	00:00:00
<b>Tipo de Muestra</b>				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
<b>Identificación</b>				SAN ISIDRO	BLANCO	SAN ISIDRO
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>			
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	461130	461134	461193
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4884	4,4041	4,6217

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>382487/2016-1.0</b>	<b>382489/2016-1.0</b>	<b>382490/2016-1.0</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				04/10/2016	05/10/2016	06/10/2016
<b>Hora de Muestreo</b>				00:00:00	00:00:00	00:00:00
<b>Tipo de Muestra</b>				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
<b>Identificación</b>				SAN ISIDRO	SAN ISIDRO	SAN ISIDRO
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>			
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	461194	461195	461196
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,5894	4,4825	4,5028

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>382491/2016-1.0</b>	<b>382492/2016-1.0</b>	<b>382493/2016-1.0</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				07/10/2016	08/10/2016	09/10/2016
<b>Hora de Muestreo</b>				00:00:00	00:00:00	00:00:00
<b>Tipo de Muestra</b>				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
<b>Identificación</b>				SAN ISIDRO	SAN ISIDRO	SAN ISIDRO
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>			
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	461198	461199	461200
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,5603	4,6103	4,6095

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>382494/2016-1.0</b>	<b>382495/2016-1.0</b>	<b>382496/2016-1.0</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				10/10/2016	11/10/2016	12/10/2016
<b>Hora de Muestreo</b>				00:00:00	00:00:00	00:00:00
<b>Tipo de Muestra</b>				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
<b>Identificación</b>				SAN ISIDRO	SAN ISIDRO	SAN ISIDRO
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>			
003 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	461201	461202	461203
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,6058	4,6030	4,5849

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>382499/2016-</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>13/10/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>00:00:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>SAN ISIDRO</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref.</b>	<b>Unid</b>	<b>L</b>	
003 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS - Alto Volumen				
Código del Filtro PM10	13584	-	---	461204
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,6423

### Muestras del ítem: 6

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>322405/2016-</b>	<b>322406/2016-</b>	<b>322407/2016-</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>16/08/2016</b>	<b>17/08/2016</b>	<b>18/08/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>16:40:00</b>	<b>16:35:00</b>	<b>16:37:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>E1</b>	<b>E1</b>	<b>E1</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref.</b>	<b>Unid</b>	<b>L</b>			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10508060	10508058	10508054
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160508059	160508060	160508061
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,161181	0,160845	0,163396
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,143781	0,144953	0,141398

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>322408/2016-</b>	<b>322409/2016-</b>	<b>322410/2016-</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>19/08/2016</b>	<b>20/08/2016</b>	<b>21/08/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>00:00:00</b>	<b>00:00:00</b>	<b>00:00:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>E1</b>	<b>E1</b>	<b>E1</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref.</b>	<b>Unid</b>	<b>L</b>			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10508052	10508055	10508056
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160508062	160508063	160508068
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,161951	0,163253	0,161801
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,141559	0,143748	0,142057

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>322411/2016-</b>	<b>322412/2016-</b>	<b>322413/2016-</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>22/08/2016</b>	<b>23/08/2016</b>	<b>24/08/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>00:00:00</b>	<b>00:00:00</b>	<b>00:00:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>E1</b>	<b>E1</b>	<b>E1</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref.</b>	<b>Unid</b>	<b>L</b>			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10508061	10508062	10508059
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160508065	160508066	160508067
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,160801	0,162562	0,161162
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,142946	0,145239	0,143913

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>322414/2016-</b>	<b>322415/2016-</b>	<b>322416/2016-</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>25/08/2016</b>	<b>26/08/2016</b>	<b>26/08/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>00:00:00</b>	<b>00:00:00</b>	<b>00:00:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>E1</b>	<b>E1</b>	<b>E1</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref.</b>	<b>Unid</b>	<b>L</b>			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10508057	10508051	10508053
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160508064	160508069	160508070
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,160507	0,161431	0,158731
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,143275	0,143048	0,141682

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

N° ALS - CORPLAB				365019/2016-	365020/2016-	365021/2016-
Fecha de Muestreo				22/09/2016	23/09/2016	24/09/2016
Hora de Muestreo				17:00:00	17:00:00	17:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				SAN ISIDRO	SAN ISIDRO	SAN ISIDRO
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509026	10509027	10509029
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509049	160509051	160509047
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,161471	0,162461	0,162729
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,144281	0,142446	0,143656

N° ALS - CORPLAB				365022/2016-	365023/2016-	365024/2016-
Fecha de Muestreo				25/09/2016	26/09/2016	27/09/2016
Hora de Muestreo				17:00:00	17:00:00	17:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				SAN ISIDRO	SAN ISIDRO	SAN ISIDRO
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509033	10509034	10509035
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509044	160509043	160509052
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,161710	0,162834	0,161834
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,146501	0,142300	0,142446

N° ALS - CORPLAB				365025/2016-	365033/2016-	365034/2016-
Fecha de Muestreo				28/09/2016	29/09/2016	30/09/2016
Hora de Muestreo				17:00:00	17:00:00	17:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				SAN ISIDRO	SAN ISIDRO	SAN ISIDRO
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509036	10509032	10509031
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509042	160509048	160509050
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,162631	0,160052	0,162183
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,139890	0,143790	0,143441

N° ALS - CORPLAB				365035/2016-	365036/2016-	382528/2016-
Fecha de Muestreo				01/10/2016	01/10/2016	03/10/2016
Hora de Muestreo				17:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				SAN ISIDRO	BLANCO	SAN ISIDRO
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509028	10509030	10509088
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509046	160509045	160509199
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,161033	0,161611	0,162231
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,142897	0,143308	0,142085

N° ALS - CORPLAB				382529/2016-	382530/2016-	382531/2016-
Fecha de Muestreo				04/10/2016	05/10/2016	06/10/2016
Hora de Muestreo				00:00:00	00:00:00	00:00:00
Tipo de Muestra				Calidad de Aire	Calidad de Aire	Calidad de Aire
Identificación				SAN ISIDRO	SAN ISIDRO	SAN ISIDRO
Parámetro	Ref.	Unid	L			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509095	10509094	10509089
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509201	160509200	160509202
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,161744	0,161802	0,161650
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,142863	0,142846	0,145186

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>382532/2016-</b>	<b>382538/2016-</b>	<b>382542/2016-</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>07/10/2016</b>	<b>08/10/2016</b>	<b>09/10/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>00:00:00</b>	<b>00:00:00</b>	<b>00:00:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>SAN ISIDRO</b>	<b>SAN ISIDRO</b>	<b>SAN ISIDRO</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref.</b>	<b>Unid</b>	<b>L</b>			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509091	10509090	10509093
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509198	160509197	160509196
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,161385	0,162004	0,161748
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,142771	0,143711	0,143639

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>382543/2016-</b>	<b>382544/2016-</b>	<b>382545/2016-</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>10/10/2016</b>	<b>11/10/2016</b>	<b>12/10/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>00:00:00</b>	<b>00:00:00</b>	<b>00:00:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>SAN ISIDRO</b>	<b>SAN ISIDRO</b>	<b>SAN ISIDRO</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref.</b>	<b>Unid</b>	<b>L</b>			
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509092	10509087	10509086
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509193	160509194	160509191
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,161303	0,161521	0,163307
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,144987	0,144301	0,142056

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>382546/2016-</b>	<b>382547/2016-</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>13/10/2016</b>	<b>14/10/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>00:00:00</b>	<b>00:00:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>SAN ISIDRO</b>	<b>SAN ISIDRO</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref.</b>	<b>Unid</b>	<b>L</b>		
003 ANALISIS FISICOQUIMICOS					
Código de Filtro Cuarzo	16755	-	---	10509084	10509085
Código de Filtro Teflón	16756	-	---	160509195	160509192
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,161767	0,161069
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,146870	0,142147

LD = Límite de detección

### DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
1a	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
2a	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
3a	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
4a	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
5a	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
6a	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
7a	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
8a	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
9a	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente



## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
10a	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
11a	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
BK-PM10	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
1b	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
2b	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
3b	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
4b	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
5b	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
6b	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
7b	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
8b	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
9b	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
10b	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
11b	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
BK-PM10-02	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
1c	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
2c	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
3c	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
4c	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
5c	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
6c	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
7c	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
8c	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
9c	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
10c	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
11c	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
BK-PM2.5	Cliente	Calidad de Aire	05/08/2016	05/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
b1	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
b2	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
b3	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
b4	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
b5	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
b6	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
b7	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
b8	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
b9	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
b10	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
b11	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
B1	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
B2	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
B3	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
B4	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
B6	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
B7	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
B8	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
B9	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
B10	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
B11	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
B BLANCO	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
a1	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
a2	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
a3	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
a4	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
a5	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
a6	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
a7	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
a8	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
a9	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de
a10	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
a11	Cliente	Calidad de Aire	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A1	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A2	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A3	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A4	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A5	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A6	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A7	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A8	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A9	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A10	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A11	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
A BLANCO	Cliente	Calidad de Aire	16/09/2016	16/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	16/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	17/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	18/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	19/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	20/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	21/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	22/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	23/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	24/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	25/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	22/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	23/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	24/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	25/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	26/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	27/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	28/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	29/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	30/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	01/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
BLANCO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	01/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	03/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	04/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	05/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	06/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	07/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	08/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	09/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	10/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	11/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	12/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	13/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	16/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	17/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	18/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	19/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	20/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	21/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	22/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	23/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	24/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	25/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

Estación de Muestreo	Resp.del Muestre	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	02/09/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	22/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	23/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	24/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	25/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	26/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	27/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	28/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	29/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	30/09/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	01/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
BLANCO	Cliente	Calidad de Aire	04/10/2016	01/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	03/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	04/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	05/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	06/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	07/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	08/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	09/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	10/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	11/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	12/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	13/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
SAN ISIDRO	Cliente	Calidad de Aire	18/10/2016	14/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

### REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref	Sede	Paráme	Método de Referencia	Descripción
13584	LME	Determinación de Peso: PM 10 Alto Volumen	EPA/625/R-96/010a- Compendium Method IO-3.1; Ítem 4 y 5 (excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999 – (Validado para pesaje) - No incluye muestreo.	Pesaje de Filtró: Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material.
16755	AQP	Pesaje de filtros PM10 Bajo Volumen	EPA, 40 CFR 50 Appendix J Item 7.2; 11.3; 1987 (validado) No incluye	Method for the determination of particulate Matter as PM 10 in the atmosphere (Validado) No Incluye Muestreo
16756	AQP	Pesaje de filtros PM2.5 Bajo Volumen	EPA, 40 CFR 50 Appendix L Item 6 y 8 2006 (validado) No incluye Muestreo	Method for the determination of fine particulate Matter as PM 2.5 in the atmosphere (Validado) No Incluye Muestreo

### CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 27364/2016, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS, visitar el sitio Web [www.corplab.net](http://www.corplab.net) e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS - CORPLAB	Código único de Autenticidad
1a	286370/2016-1.1	moqtolo&2073682
2a	286371/2016-1.1	noqtolo&2173682
3a	286372/2016-1.1	ooqtolo&2273682
4a	286373/2016-1.1	poqtolo&2373682
5a	286374/2016-1.1	qoqtolo&2473682
6a	286375/2016-1.1	soqtolo&2573682
7a	286378/2016-1.1	toqtolo&2873682
8a	286379/2016-1.1	uoqtolo&2973682
9a	286380/2016-1.1	lpqtolo&2083682
10a	286381/2016-1.1	mpqtolo&2183682
11a	286382/2016-1.1	npqtolo&2283682
BK-PM10	286383/2016-1.1	opqtolo&2383682
1b	286390/2016-1.1	ppqtolo&2093682
2b	286394/2016-1.1	qpqtolo&2493682
3b	286395/2016-1.1	rpqtolo&2593682
4b	286396/2016-1.1	spqtolo&2693682
5b	286397/2016-1.1	upqtolo&2793682
6b	286398/2016-1.1	lqqtolo&2893682
7b	286399/2016-1.1	oqqtolo&2993682
8b	286400/2016-1.1	pqqtolo&2004682
9b	286401/2016-1.1	qqqtolo&2104682
10b	286402/2016-1.1	rqqtolo&2204682
11b	286403/2016-1.1	sqqtolo&2304682
BK-PM10-02	286404/2016-1.1	tqqtolo&2404682
1c	286405/2016-1.1	lrqtolo&2504682
2c	286406/2016-1.1	nrqtolo&2604682
3c	286407/2016-1.1	orqtolo&2704682
4c	286408/2016-1.1	prqtolo&2804682
5c	286409/2016-1.1	qrqtolo&2904682
6c	286410/2016-1.1	urqtolo&2014682
7c	286411/2016-1.1	lsqtolo&2114682
8c	286412/2016-1.1	msqtolo&2214682
9c	286413/2016-1.1	nsqtolo&2314682
10c	286414/2016-1.1	osqtolo&2414682
11c	286415/2016-1.1	psqtolo&2514682
BK-PM2.5	286416/2016-1.1	qsqtolo&2614682
b1	314440/2016-1.0	nmtuplo&3044413
b2	314441/2016-1.0	omtuplo&314441

Estación de Muestreo	N° ALS - CORPLAB	Código único de Autenticidad
b3	314442/2016-1.0	pmtuplo&3244413
b4	314443/2016-1.0	qmtuplo&3344413
b5	314444/2016-1.0	rmtuplo&3444413
b6	314445/2016-1.0	smtuplo&3544413
b7	314446/2016-1.0	tmtuplo&3644413
b8	314447/2016-1.0	umtuplo&3744413
b9	314448/2016-1.0	lntuplo&3844413
b10	314449/2016-1.0	mntuplo&3944413
b11	314450/2016-1.0	nntuplo&3054413
B1	342506/2016-1.0	nrolulo&3605243
B2	342507/2016-1.0	orolulo&3705243
B3	342512/2016-1.0	prolulo&3215243
B4	342518/2016-1.1	msmlono&3815243
B6	342521/2016-1.0	srolulo&3125243
B7	342526/2016-1.0	trolulo&3625243
B8	342527/2016-1.0	urolulo&3725243
B9	342528/2016-1.0	lsolulo&3825243
B10	342529/2016-1.0	msolulo&3925243
B11	342530/2016-1.0	nsolulo&3035243
B BLANCO	342531/2016-1.0	osolulo&3135243
a1	314451/2016-1.0	pntuplo&3154413
a2	314452/2016-1.0	qntuplo&3254413
a3	314453/2016-1.0	rntuplo&3354413
a4	314454/2016-1.0	sntuplo&3454413
a5	314455/2016-1.0	tntuplo&3554413
a6	314456/2016-1.0	untuplo&3654413
a7	314457/2016-1.0	lotuplo&3754413
a8	314458/2016-1.0	motuplo&3854413
a9	314459/2016-1.0	notuplo&3954413
a10	314460/2016-1.0	ootuplo&3064413
a11	314461/2016-1.0	potuplo&3164413
A1	342481/2016-1.0	qotuplo&3184243
A2	342482/2016-1.1	nmtmno&3284243
A3	342483/2016-1.0	sotuplo&3384243
A4	342486/2016-1.1	nnqulno&3684243
A5	342489/2016-1.0	uotuplo&3984243
A6	342490/2016-1.0	lptuplo&3094243
A7	342493/2016-1.0	mptuplo&3394243

## INFORME DE ENSAYO: 27364/2016

Estación de Muestreo	N° ALS - CORPLAB	Código único de Autenticidad
A8	342494/2016-1.0	nptuplo&3494243
A9	342495/2016-1.0	optuplo&3594243
A10	342498/2016-1.0	pptuplo&3894243
A11	342499/2016-1.0	qptuplo&3994243
A BLANCO	342500/2016-1.0	rpuplo&3005243
E1	322389/2016-1.0	tpuplo&3983223
E1	322390/2016-1.0	uptuplo&3093223
E1	322391/2016-1.0	lqtuplo&3193223
E1	322392/2016-1.0	mqtuplo&3293223
E1	322393/2016-1.0	nqtuplo&3393223
E1	322398/2016-1.0	oqtuplo&3893223
E1	322399/2016-1.0	pqtuplo&3993223
E1	322400/2016-1.0	qquplo&3004223
E1	322401/2016-1.0	rquplo&3104223
E1	322402/2016-1.0	squplo&3204223
E1	322403/2016-1.0	tquplo&3304223
E1	322404/2016-1.0	uqtuplo&3404223
SAN ISIDRO	365002/2016-1.0	pummomo&3200563
SAN ISIDRO	365003/2016-1.0	qummomo&3300563
SAN ISIDRO	365004/2016-1.0	rummomo&3400563
SAN ISIDRO	365005/2016-1.0	summomo&3500563
SAN ISIDRO	365006/2016-1.0	tummomo&3600563
SAN ISIDRO	365007/2016-1.0	uummomo&3700563
SAN ISIDRO	365008/2016-1.0	llnmomo&3800563
SAN ISIDRO	365009/2016-1.0	mlnmomo&3900563
SAN ISIDRO	365012/2016-1.0	nlnmomo&3210563
SAN ISIDRO	365013/2016-1.0	olnmomo&3310563
BLANCO	365014/2016-1.0	plnmomo&3410563
SAN ISIDRO	382486/2016-1.0	tsspqmo&3684283
SAN ISIDRO	382487/2016-1.0	usspqmo&3784283
SAN ISIDRO	382489/2016-1.0	ltsppqmo&3984283
SAN ISIDRO	382490/2016-1.0	mtspqmo&3094283
SAN ISIDRO	382491/2016-1.0	ntspqmo&3194283
SAN ISIDRO	382492/2016-1.0	otspqmo&3294283
SAN ISIDRO	382493/2016-1.0	qtspqmo&3394283
SAN ISIDRO	382494/2016-1.0	rtspqmo&3494283
SAN ISIDRO	382495/2016-1.0	stspqmo&3594283
SAN ISIDRO	382496/2016-1.0	ttspqmo&3694283

Estación de Muestreo	N° ALS - CORPLAB	Código único de Autenticidad
SAN ISIDRO	382499/2016-1.0	utspqmo&3994283
E1	322405/2016-1.0	lrtuplo&3504223
E1	322406/2016-1.0	mrtuplo&3604223
E1	322407/2016-1.0	nrtuplo&3704223
E1	322408/2016-1.0	ortuplo&3804223
E1	322409/2016-1.0	prtuplo&3904223
E1	322410/2016-1.0	qrtuplo&3014223
E1	322411/2016-1.0	rrtuplo&3114223
E1	322412/2016-1.0	srtuplo&3214223
E1	322413/2016-1.0	trtuplo&3314223
E1	322414/2016-1.0	urtuplo&3414223
E1	322415/2016-1.0	lstuplo&3514223
E1	322416/2016-1.0	mstuplo&3614223
SAN ISIDRO	365019/2016-1.0	nstuplo&3910563
SAN ISIDRO	365020/2016-1.0	ostuplo&3020563
SAN ISIDRO	365021/2016-1.0	qstuplo&3120563
SAN ISIDRO	365022/2016-1.0	sstuplo&3220563
SAN ISIDRO	365023/2016-1.0	ustuplo&3320563
SAN ISIDRO	365024/2016-1.0	mttuplo&3420563
SAN ISIDRO	365025/2016-1.0	ottuplo&3520563
SAN ISIDRO	365033/2016-1.0	qttuplo&3330563
SAN ISIDRO	365034/2016-1.0	sttuplo&3430563
SAN ISIDRO	365035/2016-1.0	tttuplo&3530563
BLANCO	365036/2016-1.0	uttuplo&3630563
SAN ISIDRO	382528/2016-1.0	lutuplo&3825283
SAN ISIDRO	382529/2016-1.1	pssttmo&3925283
SAN ISIDRO	382530/2016-1.0	musppqmo&3035283
SAN ISIDRO	382531/2016-1.0	nusppqmo&3135283
SAN ISIDRO	382532/2016-1.0	ousppqmo&3235283
SAN ISIDRO	382538/2016-1.0	pusppqmo&3835283
SAN ISIDRO	382542/2016-1.0	qusppqmo&3245283
SAN ISIDRO	382543/2016-1.0	rusppqmo&3345283
SAN ISIDRO	382544/2016-1.0	susppqmo&3445283
SAN ISIDRO	382545/2016-1.0	tusppqmo&3545283
SAN ISIDRO	382546/2016-1.0	uusppqmo&3645283
SAN ISIDRO	382547/2016-1.0	ltpqmo&3745283

ALS asegurando la marca y prestigio de su empresa.

### COMENTARIOS

**AQP:** Av. Dolores 167 - Jose Luis Bustamante y Rivero - Arequipa.

**LME:** Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima.

**"EPA":** U.S. Environmental Protection Agency.

**"SM":** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**"ASTM":** American Society for Testing and Materials.

El presente documento es redactado íntegramente en Corporación de Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C, su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de Corporación de Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

## INFORME DE ENSAYO: 38880/2016

SANDOVAL GAMARRA EFRAIN DANIEL

Av. Pedro Venturo Nro. 298 Urb. Higuiereta Lima - Lima - Santiago de Surco

### **Pesaje en Filtro**

**Emitido por: Karin Zelada Trigoso**

**Impreso el 16/11/2016**



Quím. Karin Zelada Trigoso

CQP: 830

Sup. Emisión Informes – Lima

“Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL - DA.”  
División - Medio Ambiente



## INFORME DE ENSAYO: 38880/2016

### RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del item: 1

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>399499/2016-1.0</b>	<b>399500/2016-1.0</b>	<b>399501/2016-1.0</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>15/10/2016</b>	<b>16/10/2016</b>	<b>17/10/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>16:00:00</b>	<b>16:30:00</b>	<b>16:45:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>E1</b>	<b>E1</b>	<b>E1</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>			
003 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	461286	461272	461271
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4699	4,4992	4,5053
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4169	4,4458	4,4485

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>399502/2016-1.0</b>	<b>399503/2016-1.0</b>	<b>399504/2016-1.0</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>18/10/2016</b>	<b>19/10/2016</b>	<b>20/10/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>16:34:00</b>	<b>17:10:00</b>	<b>17:10:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>E1</b>	<b>E1</b>	<b>E1</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>			
003 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS - Alto Volumen						
Código del Filtro PM10	13584	---	---	461270	461269	461312
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,5065	4,5167	4,5369
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4434	4,4380	4,4880

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>399505/2016-1.0</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>21/10/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>17:00:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>E1</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>	
003 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS - Alto Volumen				
Código del Filtro PM10	13584	---	---	461311
Peso Final del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,5469
Peso Inicial del Filtro PM10	13584	g	0,0001	4,4864

Muestras del item: 2

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>399506/2016-1.1</b>	<b>399512/2016-1.1</b>	<b>399514/2016-1.1</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>15/10/2016</b>	<b>16/10/2016</b>	<b>17/10/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>16:00:00</b>	<b>16:30:00</b>	<b>16:45:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>E1</b>	<b>E1</b>	<b>E1</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>			
003 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS						
Código de Filtro Cuarzo	16755	---	---	10510044	10510042	10510043
Código de Filtro Teflón	16756	---	---	160510032	160510033	160510018
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,144239	0,144101	0,143145
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,147423	0,148688	0,143523
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,143548	0,143526	0,142481
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,147213	0,148371	0,143187

## INFORME DE ENSAYO: 38880/2016

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>399515/2016-1.2</b>	<b>399520/2016-1.2</b>	<b>399521/2016-1.1</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>19/10/2016</b>	<b>18/10/2016</b>	<b>20/10/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>16:34:00</b>	<b>17:10:00</b>	<b>17:10:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>	<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>E1</b>	<b>E1</b>	<b>E1</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>			
<b>003 ANALISIS FISICOQUIMICOS</b>						
Código de Filtro Cuarzo	16755	---	---	10510045	10510046	10510003
Código de Filtro Teflón	16756	---	---	160510019	160510020	160510078
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,143006	0,144256	0,143144
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,144963	0,143988	0,146039
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,141929	0,143533	0,142472
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,144639	0,143569	0,145652

<b>N° ALS - CORPLAB</b>				<b>399522/2016-1.1</b>
<b>Fecha de Muestreo</b>				<b>21/10/2016</b>
<b>Hora de Muestreo</b>				<b>17:00:00</b>
<b>Tipo de Muestra</b>				<b>Calidad de Aire</b>
<b>Identificación</b>				<b>E1</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Ref. Mét.</b>	<b>Unidad</b>	<b>LD</b>	
<b>003 ANALISIS FISICOQUIMICOS</b>				
Código de Filtro Cuarzo	16755	---	---	10510002
Código de Filtro Teflón	16756	---	---	160510079
Peso Final Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,142729
Peso Final Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,147015
Peso Inicial Filtro Cuarzo PM 10 Bajo Volumen	16755	g	---	0,141796
Peso Inicial Filtro Teflón PM 2,5 Bajo Volumen	16756	g	---	0,146759

LD = Límite de detección

### DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	15/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	16/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	17/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	18/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	19/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	20/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	21/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	15/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	16/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	17/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	19/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	18/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	20/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro
E1	Cliente	Calidad de Aire	28/10/2016	21/10/2016	---	Proporcionado por el cliente	Azotea - San Isidro

## INFORME DE ENSAYO: 38880/2016

### REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
13584	LME	Determinación de Peso: PM 10 Alto Volumen	EPA/625/R-96/010a - Compendium Method IO-3.1; Ítem 4 y 5 (excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999 – (Validado para pesaje) - No incluye muestreo.	Pesaje de Filtros: Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material.
16755	AQP	Pesaje de filtros PM10 Bajo Volumen	EPA, 40 CFR 50 Appendix J Item 7.2; 11.3; 1987 (validado) No incluye Muestreo	Method for the determination of particulate Matter as PM 10 in the atmosphere (Validado) No Incluye Muestreo
16756	AQP	Pesaje de filtros PM2.5 Bajo Volumen	EPA, 40 CFR 50 Appendix L Item 6 y 8 2006 (validado) No incluye Muestreo	Method for the determination of fine particulate Matter as PM 2.5 in the atmosphere (Validado) No Incluye Muestreo

### CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 38880/2016, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS, visitar el sitio Web [www.corplab.net](http://www.corplab.net) e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS - CORPLAB	Código único de Autenticidad
E1	399499/2016-1.0	rqlsqmo&3994993
E1	399500/2016-1.0	sqlsqmo&3005993
E1	399501/2016-1.0	tqlsqmo&3105993
E1	399502/2016-1.0	uqlsqmo&3205993
E1	399503/2016-1.0	lrqlsqmo&3305993
E1	399504/2016-1.0	mrlsqmo&3405993
E1	399505/2016-1.0	nrlsqmo&3505993

Estación de Muestreo	N° ALS - CORPLAB	Código único de Autenticidad
E1	399506/2016-1.1	ppnqlno&3605993
E1	399512/2016-1.1	rpnqlno&3215993
E1	399514/2016-1.1	tpnqlno&3415993
E1	399515/2016-1.2	qqrlmno&3515993
E1	399520/2016-1.2	tqrlmno&3025993
E1	399521/2016-1.1	nqnqlno&3125993
E1	399522/2016-1.1	oqnqlno&3225993

ALS asegurando la marca y prestigio de su empresa.

### COMENTARIOS

**AQP:** Av. Dolores 167 - Jose Luis Bustamante y Rivero - Arequipa.

**LME:** Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima.

**"EPA":** U.S. Environmental Protection Agency.

**"SM":** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**"ASTM":** American Society for Testing and Materials.

El presente documento es redactado íntegramente en Corporación de Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C, su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de Corporación de Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**Anexo 9. Registro de la información diaria del monitoreo**

N°	Dia de muestra	Hora Inicial	Hora Final	Toma de datos		TSDM	TDA		VT	VT	BCI TEMP. °C	Presión	VT	ANUL	
				Dia	Hora		W	VT						TEMP	Presión
1	23/09	17:00	17:00	24/09	19:05	15.4	778895	8102478	23.57	10.3	748	757220	21.37	753	
2	24/09	16:58	17:00	25/09	19:05	-	8022478	8302772	23.86	10.3	748	773770		753	
3	25/09	17:00	17:00	26/09	17:05	24.7	8305772	8586665	25.72	10.3	747	7902730		753	
4	26/09	16:57	17:02	27/09	17:08	3.1	8586665	8846007	25.39	10.3	747	8025500	19.8	753.65	
5	27/09	17:00	17:02	28/09	17:05	10.9	8846007	9106344	25.75	10.4	749	82240	20.28	753.65	
6	28/09	17:00	17:00	29/09	17:07	4.2	9106344	9370748	25.84	10.0	747	83360	21.346	753.65	
7	29/09	17:00	17:00	30/09	17:05	6.2	9370748	962447	23.69	20.9	748	85468	21.75	753.65	
8	30/09	17:00	17:00	01/10	17:05	8.4	962447	989616	23.72	20.8	748	89097	23.25	753.65	
9	01/10	17:00	17:00	02/10	17:05	6.1	989616	1016100	16.40	21	747	88708	20.28	753.65	
10	02/10	16:58	17:10	03/10	17:05	6.7	1016100	1043737	16.70	17.9	748	90308	23.042	753.62	
11	03/10	17:00	17:10	04/10	17:05	-19.3	1043737	1070115	23.79	17.5	748	91920	21.480	753.63	
12	04/10	16:59	17:10	05/10	17:05	-29.9	1070115	1096644	23.80	17.3	748	933400	20.481	753.65	
13	05/10	17:13	17:30	06/10	17:30	-5.5	1096644	1123388	23.89	18.3	747	95165	22.158	753.65	
14	06/10	17:00	17:10	07/10	17:05	-17.3	1123388	1149836	23.53	18.9	747	96761	22.269	750.45	
15	07/10	16:45	16:55	08/10	16:50	5.7	1149836	1176166	23.39	18.5	747	98346	22.355	751.41	
16	08/10	16:55	17:25	09/10	16:50	6.9	1176166	1203185	24.00	18.3	748	9992	20.78	753.65	
17	09/10	17:25	17:25	10/10	17:13	M.D	1203185	1229762	23.76	18.4	748	101607	21.92	753.65	
18	10/10	17:00	17:00	11/10	17:05	8.5	1229762	1256170	23.62	18.1	748	103210	21.26	753.65	
19	11/10	17:08	17:08	12/10	17:05	10.00	1256170	1283964	23.48	19.01	748	104821	22.15	753.65	
20	12/10	17:15	17:08	13/10	17:05	8.8	1283964	1310952	23.63	18.5	748	106436	21.69	752.49	
21	13/10	17:20	17:00	14/10	17:00	14.4	1310952	1337355	23.73	18.2	748	108049	22.49	753.65	
22	14/10	16:50	16:50	15/10	16:00	9.2	1337355	1362200	23.95	18.4	748	109680	20.75	753.65	
23	15/10	16:30	16:42	16/10	16:45	8.9	1362200	1386900	24.02	21.3°C	747	111321	24.800	752.94	
24	16/10	16:42	16:38	17/10	16:29	9.6	1386900	141277	23.67	20.0	748	112929	24.168	753.65	
25	18/10	16:34	17:00	19/10	16:30	14.4	141277	143788	23.80	21.3	749	114555	22.51	753.65	
	19/10	17:10	17:10	20/10	17:10	11.7	143788	146452	23.85	19.9	747	116182	23.4	751.30	
	20/10	17:10	16:54	21/10	16:54	18.5	146452	1489125	23.61	19.5	747	11782	28.35	753.10	
	21/10	17:00	17:10	22/10	17:05	10.3	1489125	151487	24.01	19.7	749	119472	22.18	753.65	

### Anexo 10. Bitácora de campo del monitoreo

N°	Día de muestra	TDA	BGI	HIVOL
1	16/08/2016	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros. El equipo se encontró desenchufado	Luis H. cambió los filtros
2	17/08/2016	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros
3	18/08/2016	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros
4	19/08/2016	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros
5	20/08/2016	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros
6	21/08/2016	Efraín S. cambió los filtros	Efraín S. cambió los filtros. El equipo se encontró desenchufado	Efraín S. cambió los filtros
7	22/08/2016	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros
8	23/08/2016	Luis H. cambió los filtros. Hubieron inconvenientes en el traslado	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros
9	24/08/2016	Luis H. cambió los filtros. Hubieron inconvenientes en el traslado	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros
10	25/08/2016	Luis H. cambió los filtros. Hubieron inconvenientes en el traslado	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros
11	26/08/2016	Luis H. cambió los filtros. Hubieron inconvenientes en el traslado	Luis H. cambió los filtros	Luis H. cambió los filtros

- \* Luis H. es el encargado por parte del MINAM.
- \* Efraín Sandoval es uno de los testigos.
- \* Gabriela Velarde es uno de los testigos.
- \* Gabriela Cirro es uno de los testigos.

N°	Día de muestra	TDA	BGI	HIVOL
12	22/09/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
13	23/09/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
14	24/09/2016	Gabriela V. cambió los filtros.	Gabriela V. cambió los filtros.	Gabriela V. cambió los filtros.
15	25/09/2016	Gabriela C. cambió los filtros.	Gabriela C. cambió los filtros.	Gabriela C. cambió los filtros.
16	26/09/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
17	27/09/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
18	28/09/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
19	29/09/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
20	30/09/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros. No se encendió el equipo.	Luis H. cambió los filtros.
21	01/10/2016	Luis H. cambió los filtros. NO SE comparan filtro adecuadamente (se corto mal el equipo)	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
22	03/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.

- \* Luis H. es el encargado por parte del HINAM.
- \* Gabriela Velarde es uno de los testistas.
- \* Gabriela Arrieta es uno de los testistas.
- \* Esteban Sandoval es uno de los testistas.

N°	Día de muestra	TDA	BGI	HIVOL
23	04/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
24	05/10/2016	Luis H. cambió los filtros. El filtro estaba dañado cuando se llegó al equipo.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
25	06/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
26	07/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
27	08/10/2016	Efraín S. cambió los filtros.	Efraín S. cambió los filtros.	Efraín S. cambió los filtros.
28	09/10/2016	Efraín S. cambió los filtros.	Efraín S. cambió los filtros.	Efraín S. cambió los filtros.
29	10/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros. Se encontró un insecto en el filtro.	Luis H. cambió los filtros.
30	11/10/2016	Luis H. Cambió los filtros. No se comprobó. Filtros adecuadamente (se puso vol al equipo)	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
31	12/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
32	13/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
33	15/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.

\* Luis H. es el encargado por parte del MINAH.

\* Efraín Sandoval es uno de los testigos.

\* Gabriela Velarde es uno de los testigos.

\* Gabriela Camino es uno de los testigos.

N°	Día de muestra	TDA	BGI	HIVOL
34	16/10/2016	Efraín S. cambió los filtros.	Efraín S. cambió los filtros.	Efraín S. cambió los filtros.
35	17/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
36	18/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
37	19/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
38	20/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
39	21/10/2016	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.	Luis H. cambió los filtros.
40				
41				
42				
43				
44				

\* Luis H. es el encargado por parte del MINAM.  
 \* Efraín Sandoval es uno de los técnicos.  
 \* Gabriela Velarde es uno de los técnicos.  
 \* Gabriela Caimo es uno de los técnicos.



N°	Día de muestreo	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Presión	HIVOL 3000-ECOTECH						BGI PQ200			
					Volumen Inicial (m³)	Volumen Final (m³)	Diferencial de volumen (m³)	Caudal	Peso (mg)	PM 10	Volumen (m³)	Caudal	Peso (mg)	PM 2.5
1	16.08.2016	1410	16.09	748	47304	48871	1589.791596	1.127511771	61200	38.496	23.8	16.87943262	69	2.899
2	17.08.2016	1395	16.34	747	48871	50426	1574.146651	1.128420539	52500	33.351	23.58	16.90322581	292	12.383
3	18.08.2016	1395	16.4	747	50426	51990	1582.929218	1.134716286	68900	43.527	23.22	16.64516129	387	16.667
4	19.08.2016	1380	15.9	748	52007	53547	1563.426427	1.132917701	84900	54.304	22.7	16.44927536	440	19.383
5	20.08.2016	1415	15.78	749	53547	55125	1604.812788	1.134143313	85600	53.340	23.28	16.45229682	744	31.959
6	21.08.2016	1420	16.71	748	55125	56711	1605.624427	1.130721427	79600	49.576	24.25	17.07746479	270	11.134
7	22.08.2016	1425	16.93	748	56711	58304	1611.48731	1.130888288	64500	40.025	23.41	16.42807018	476	20.333
8	23.08.2016	1450	16.43	748	58304	59920	1637.578325	1.129384362	66300	40.487	23.84	16.44137931	454	19.044
9	24.08.2016	1420	16.65	749	59920	61504	1606.076154	1.131039545	63000	39.226	23.32	16.42253521	320	13.722
10	25.08.2016	1415	16.75	749	61504	63086	1603.494682	1.13321179	60000	37.418	23.62	16.69257951	224	9.483
11	26.08.2016	1425	16.22	749	63086	64686	1624.71111	1.140148148	62000	38.161	23.41	16.42807018	329	14.054
12	22.09.2016	1440	16.7	748	74154	75772	1638.076922	1.137553418	51100	31.195	23.57	16.36805556	372	15.783
13	23.09.2016	1442	17.5	748	75772	77399	1642.65245	1.139148717	59000	35.918	23.86	16.54646325	375	15.717
14	24.09.2016	1440	16.7	747	77399	79013	1631.842759	1.133224138	63300	38.791	23.72	16.47222222	547	23.061
15	25.09.2016	1445	17.5	749	79013	80630	1634.738808	1.131307133	55000	33.645	23.79	16.46366782	283	11.896
16	26.09.2016	1443	17.42	749	80630	82240	1628.110377	1.12828162	57900	35.563	23.75	16.45876646	245	10.316
17	27.09.2016	1440	17.37	749	82240	83860	1638.504956	1.137850664	45700	27.891	23.84	16.55555556	249	10.445
18	28.09.2016	1440	17.4	748	83860	85468	1624.028708	1.127797714	56500	34.790	23.69	16.45138889	285	12.030
19	29.09.2016	1440	17.53	748	85468	87097	1644.501883	1.142015183	59000	35.877	23.72	16.47222222	248	10.455
20	30.09.2016	1440	17.8	747	87097	88708	1622.648348	1.12683913	45200	27.856	16.4	11.38888889	0	0.000
21	01.10.2016	1452	17.9	748	88708	90308	1613.171464	1.110999631	50300	31.181	16.7	11.50137741	232	13.892
22	03.10.2016	1450	17.5	748	90308	91920	1627.508144	1.12241941	53800	32.934	23.79	16.40889655	244	10.256
23	04.10.2016	1451	17.7	748	91920	93534	1628.406279	1.122264837	58500	35.925	23.8	16.40248105	245	10.294

24	05.10.2016	1457	18.3	747	93534	95165	1639.973196	1.125582153	60300	36.769	23.89	16.39670556	294	12.306
25	06.10.2016	1450	18.9	747	95165	96761	1601.482014	1.104470355	57600	35.967	23.53	16.22758621	252	10.710
26	07.10.2016	1450	18.5	747	96761	98346	1592.626659	1.098363213	52900	33.216	23.39	16.13103448	303	12.954
27	08.10.2016	1470	18.3	748	98346	99992	1657.271325	1.127395459	44500	26.851	24	16.32653061	266	11.083
28	09.10.2016	1430	18.4	748	99992	101607	1625.50103	1.136714007	53800	33.097	23.76	16.61538462	321	13.510
29	10.10.2016	1420	18.1	748	101607	103210	1615.085755	1.137384334	58500	36.221	23.62	16.63380282	735	31.118
30	11.10.2016	1435	18.2	748	103210	104831	1632.660606	1.137742582	52300	32.034	23.78	16.57142857	255	10.723
31	12.10.2016	1433	18.5	748	104831	106436	1614.881827	1.126923815	47500	29.414	23.63	16.48988137	261	11.045
32	13.10.2016	1430	18.2	748	106436	108049	1624.603058	1.136086055	69800	42.964	23.73	16.59440559	364	15.339
33	15.10.2016	1430	17.5	748	108049	109678	1644.671691	1.150120064	53000	32.225	23.95	16.74825175	210	8.768
34	16.10.2016	1452	18.48	747	109678	111321	1651.019019	1.13706544	53400	32.344	24.02	16.54269972	317	13.197
35	17.10.2016	1426	18.07	748	111321	112929	1620.290435	1.136248552	56800	35.055	23.67	16.59887798	336	14.195
36	18.10.2016	1466	18.27	747	112929	114555	1635.114083	1.115357492	63100	38.591	23.8	16.23465211	324	13.613
37	19.10.2016	1480	18.6	747	114555	116182	1634.268112	1.104235211	78700	48.156	23.85	16.11486486	419	17.568
38	20.10.2016	1424	18.16	747	116182	117782	1609.576214	1.130320375	48900	30.381	23.61	16.58005618	387	16.391
39	21.10.2016	1450	17.5	749	117782	119412	1647.88142	1.136469945	60500	36.714	24.01	16.55862069	256	10.662

## Anexo 12. Prueba de normalidad y prueba de homogeneidad

Se realizó la prueba de normalidad para ambas variables ( $p > 0.05$ ). Los resultados mostraron una distribución normal de los datos de la variable  $PM_{10}$ , lo cual no ocurrió con los datos de uno de los grupos de la variable  $PM_{2.5}$ . Se aplicó Logaritmo Neperiano (Ln) a todos los datos de la variable  $PM_{2.5}$ , a fin de cumplir con la prueba de normalidad y la prueba de homocedasticidad con ambas variables. Finalmente, los resultados de la prueba de normalidad se muestran a continuación.

**Prueba de normalidad**

Meses		Shapiro-Wilk					
		PM <sub>2.5</sub>			PM <sub>10</sub>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CANTIDAD POR MESES	Agosto	.971	9	<b>.900</b>	.859	9	<b>.093</b>
	setiembre	.844	8	<b>.083</b>	.929	8	<b>.509</b>
	Octubre	.965	18	<b>.708</b>	.912	18	<b>.092</b>

Los datos de las variables  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  cuentan con una distribución normal durante los tres meses monitoreados ( $p > 0.05$ ). Se evaluaron los datos obtenidos de cada variable por meses debido a que la cantidad de material particulado varía en función al tiempo, lo que podría afectar la distribución normal de los datos si se comparan las variables de manera general.

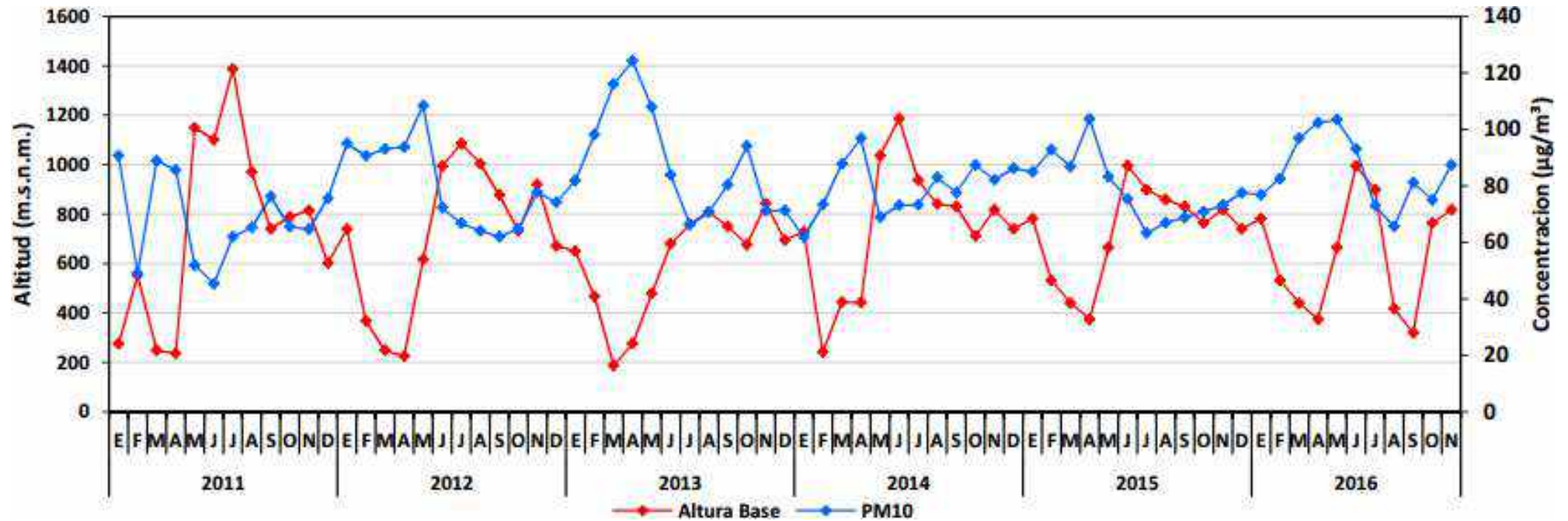
Contando con una distribución normal de los datos, se realizó la prueba de homocedasticidad ( $p > 0.05$ ), los resultados se observan en la siguiente tabla.

**Test de Homogeneidad de varianza**

CANTIDAD POR MESES	PM <sub>2.5</sub>				PM <sub>10</sub>			
	Estadístico Levene	gl1	gl2	Sig.	Estadístico Levene	gl1	gl2	Sig.
	1.965	2	32	<b>.157</b>	1.785	2	32	<b>.184</b>

La prueba de homocedasticidad indica igualdad de varianza para las variables  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  ( $p > 0.05$ ), en función a los meses monitoreados. Finalmente, los datos obtenidos durante el monitoreo muestran distribución normal de los datos e igualdad de varianza para cada variable, mediante la distribución mensual de los datos, por lo que se procedió a realizar las siguientes pruebas estadísticas.

Anexo 13. Capa de inversión Térmica Histórica vs. PM10 Mensual – Lima Metropolitana



Fuente: SENAMHI (2016)