

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INMISIÓN DE MATERIAL  
PARTICULADO 2.5 EN EL CONDOMINIO LOS ROBLES DEL  
DISTRITO DE EL AGUSTINO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**  
**AQUINO AYLAS, RAFAEL RICARDO**

**Villa El Salvador**  
**2019**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación lo dedico a las personas más importantes en mi vida; mis padres, mis hermanos, mi esposa, mis hijas y mis nietos, quienes con su apoyo y aliento impulsaron a seguir formándome en el mundo académico.

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo agradecer a mi asesor, por el tiempo dedicado, su enseñanza y exigencia me permitieron culminar este trabajo.

A SENAMHI por el apoyo brindado al proporcionarme la información de las concentraciones de material particulado PM 2.5 registrada en las 02 estaciones de calidad del aire.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática .....	4
1.2. Justificación del Problema .....	5
1.3. Delimitación del Proyecto .....	6
1.3.1 Teórica.....	6
1.3.2 Temporal .....	6
1.3.3 Espacial.....	6
1.4.    Formulación del Problema.....	8
1.4.1 Problema general.....	8
1.4.2 Problemas específicos.....	8
1.5. Objetivos del Trabajo de Suficiencia Profesional.....	8
1.5.1 Objetivo general... ..	8
1.5.2 Objetivos específicos... ..	8
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. Antecedentes .....	9
2.1.1 Antecedentes Nacionales .....	9
2.1.2 Antecedentes Internacionales.....	11
2.2. Bases Teóricas.....	13
2.3. Definición de términos básicos.....	17

## **CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS**

3.1. Modelo de solución propuesto.....	22
3.2. Resultados .....	31
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>34</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>38</b>
Anexo 1: Plano de Ubicación de la Estación de Monitoreo.....	39
Anexo 2: Estándares de calidad Ambiental para Aire .....	40
Anexo 3: Cadena de custodia.....	41
Anexo 4: Monitoreo.....	42
Anexo 5: Solicitud de Información a SENAMHI. ....	45
Anexo 6: Reporte Senamhi de calidad del aire PM 2.5.....	46
Anexo 7: Informes de Ensayo .....	48
Anexo 8: Certificado de Acreditación de Laboratorio - INACAL.....	49
Anexo 9: Certificados de Calibración del Equipo de Monitoreo .....	50
Anexo 10: Cotización del equipo en alquiler .....	51
Anexo 11: Constancia de participación en el programa.....	52

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del punto de muestreo de Calidad de Aire .....	7
Figura 2. Comparativa de tamaños de partículas finas.....	7

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 valores del Índice de Calidad del Aire.....	22
Tabla 2 Cuidados y Recomendaciones del Índice de Calidad del Aire .....	23
Tabla 3 Cálculo del índice de Calidad del Aire por contaminante .....	24
Tabla 4 Equipo de monitoreo.....	25
Tabla 5 Metodologías de análisis.....	25
Tabla 6 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Aire.....	26
Tabla 7 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Aire (derogado) .....	26
Tabla 8 Concentración de PM2.5 según zona (Microgramo por metro cúbico).....	32
Tabla 9 Comparación con el ECA.....	33
Tabla 10 Comparación de los tres puntos de referencia.....	33

## INTRODUCCIÓN

La contaminación en el aire está constituyéndose como una de las dificultades ambientales de más relevancia que perturban al planeta y se da al no existir una ponderación entre el ser humano y la naturaleza, obteniéndose como consecuencia la presencia en el aire de partículas nocivas producidos por el hombre, en cantidades inmensas como para producir efectos perjudiciales hacia el medio ambiente así como para el ser humano, este problema está presente en todo el planeta, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en las “Guías de calidad de aire” mencionan que principalmente son cuatro contaminantes los que ocasionan perjuicio a la salud, estos son: material particulado (PM, por sus siglas en inglés), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). La OMS menciona para el 2012 hubo 3 millones de muertes prematuras por año, de las cuales el 72% murió por cardiopatía isquémica y accidente cardiovascular, el 14% por neumonía obstructiva crónica o infección aguda de las vías respiratorias inferiores y el 14% murió de cáncer pulmonar debido a la exposición principal de PM 2.5.

Según la Resolución Ministerial 181-2016 MINAM establece el Índice de Calidad del Aire (INCA) donde indica valores óptimos que deben cumplirse de acuerdo a los estándares de calidad ambiental del Aire.

Lima es considerada como la ciudad más contaminada con más de 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM<sub>10</sub>. En el 2011 en Lima Este se superó los límites máximos permisibles en PM 2.5, siendo estos, de (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) obteniendo en algunos meses cantidades de 64.48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el mes de enero y de 77.68  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el

mes de marzo y teniendo en promedio ese año un valor de 52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en todo el año, manifiesta la Dirección de Salud V “DISA V”, además estadísticamente que la morbilidad en Lima Metropolitana en el año 2006 y 2007 se debe por afecciones respiratorias en un 25 %. Esto demuestra que tenemos una ciudad muy contaminada por el uso de los combustibles fósiles tradicionales.

En las últimas décadas en el Perú, es poco lo que se ha hecho para reducirla a niveles aceptables o permitidos. A principios de la presente década se emitieron normas legales substanciales que tienen como objetivo principal controlar los niveles de los contaminantes; sin embargo, hasta la fecha, no logran el real efecto para el que fueron dictaminadas: reducir la contaminación.

Como antecedente a nivel normativo, en el año 2001, se dictaminó la vigencia del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, por Decreto Supremo 074-2001-PCM, donde se limita la emisión de los contaminantes Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno, Ozono, PM10 y PM 2.5. Este reglamento tiene como objetivo principal, vigilar la contaminación crónica. En el año 2003, se dictaminó la vigencia del Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire, mediante el Decreto Supremo 009-2003-SA, este reglamento tiene como fin vigilar la contaminación aguda mediante la reducción de exposiciones de corta duración, estos se caracterizan por demandar medidas inmediatas para reducir la concentración de los contaminantes en el aire y disminuir la exposición de la población a dichos contaminantes. Esta norma fue posteriormente modificada a través del Decreto Supremo 012-2005-SA (publicada el 10 de mayo del 2005).

Actualmente, según el Ministerio del Ambiente los principales responsables de la contaminación en Lima Metropolitana se encuentran generados por el parque automotor (70%) y el porcentaje restante por la industria estacionaria (MINAM, 2012).

Una de las principales causas de la contaminación del aire suele ser el material particulado, el cual es muy perjudicial para la salud de la



población. Existen investigaciones que evidencian que este tipo de contaminación causa enfermedades asmáticas, enfermedades bronquiales, hasta la muerte prematura. De los cuatro principales contaminantes del aire, las partículas en suspensión suelen ser las más peligrosas.

La contaminación del aire se empeora en las ciudades más importantes del país debido a la mayor población que la habita. El principal problema de contaminación atmosférica en Lima Capital es la enorme concentración de PM 2.5, las enfermedades relacionadas a la contaminación del aire son aquellas que afectan a las vías respiratorias (ataques de asma, bronquitis aguda, bronquitis crónica, enfermedades que afectan a la anatomía sistema respiratorio, y demás asociadas).

El siguiente trabajo de investigación enmarca varios aspectos, uno de ellos es conociendo la peligrosidad del contaminante y el tipo de contaminante que más afecta a nuestra ciudad en cuanto a la salud de sus habitantes, determinar con certeza y aproximación su concentración a nivel local y temporal; el otro relacionado al grupo de personas según su localización si esta afecta a la población adyacente al lugar de monitoreo.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la Realidad Problemática**

Los niveles de concentración en el aire del material particulado 2.5, las cuales son partículas pequeñas que ingresan muy rápido por las vías respiratorias hacia los pulmones alojándose en los alveolos y llegando incluso al torrente sanguíneo, reduciendo el desempeño pulmonar y se relaciona con la aparición de la diabetes, preocupa por la alta actividad industrial y el parque automotor en las calles adyacente a la zona residencial recientemente construida como es la Urbanización Los Parques de El Agustino, donde queda el Condominio Los Robles (antes cuartel del ejército “La Pólvora” en el distrito de El Agustino).

Según data de DIGESA entre el 2012 y 2014 dicho contaminante respirable disminuyo de manera progresiva, de  $48.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $34.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo, superan los valores referenciales (VR) anual y estándares de calidad ambiental (ECA) de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Las partículas finas causan a la salud de las personas el incremento de enfermedades del tipo respiratorio, llamado también enfermedades bronquiales incluso se ha investigado y demostrado sus consecuencias sobre las dolencias cardiovasculares. La investigación científica infiere que esta forma de contaminación, sobre todo las partículas procedentes del parque automotor, son la causa del incremento en la muerte prematura por inmisión del material particulado, también al aumento de casos de alergias y asma en los niños.

El material particulado 2.5, por su dimensión tan diminuta, es 100% respirables y viaja a lo más profundo del sistema respiratorio, penetrando en los pulmones y depositándose en los alvéolos, llegando al torrente sanguíneo. El material particulado 2.5 está compuesto por elementos que son tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos).

Todo ello hace que la investigación científica determina que el material particulado 2.5 tiene efectos muy dañinos para la salud, sobre las de mayor tamaño. Asimismo, por sus características estas son muy ligeras haciendo que permanezcan prolongadamente por más tiempo en el ambiente mezclándose con el aire que respiramos. Esto facilita su transporte por el viento a grandes distancias prolongando sus efectos sobre la salud de la población.

El material particulado 2.5, se pueden almacenar en el sistema respiratorio asociándose, con numerosas consecuencias negativas para la salud, como el incremento de los males al sistema respiratorio y el decreimiento de la función pulmonar. Los más afectados serían los niños, ancianos y pacientes con enfermedades respiratorias y los que tengan problemas cardiacos.

## **1.2. Justificación del Problema**

Es importante en estos tiempos evaluar la calidad del aire, por motivo de la contaminación por material particulado 2.5, sabiendo que este es el contaminante más complicado para la salud humana y el riesgo al ser receptores directos de este contaminante, el Condominio Los Robles al encontrarse en una zona abierta recibe las descargas del material particulado en forma directa, sea esta del parque automotor o de las fuentes fijas como son las industrias próximas, es notorio a simple vista la alta carga de material particulado, en la viviendas y los objetos fijos o estacionados (vehículos) puesto que en menos de 12 horas son cubiertos de polvo con una capa fina y uniforme.

Los resultados de esta investigación nos brindaran una aproximación al volumen del contaminante Material Particulado 2.5 presente en el ambiente del Condominio Los Robles. con el fin de permitirnos recomendar a las autoridades del distrito que tomen medidas para minimizar y controlar las fuentes que generen la contaminación, quienes determinaran que medidas de control y prevención adoptaran para una óptima gestión en sus servicios a la ciudadanía que requiere de ellos.

### **1.3. Delimitación del Proyecto**

#### **1.3.1 Teórica**

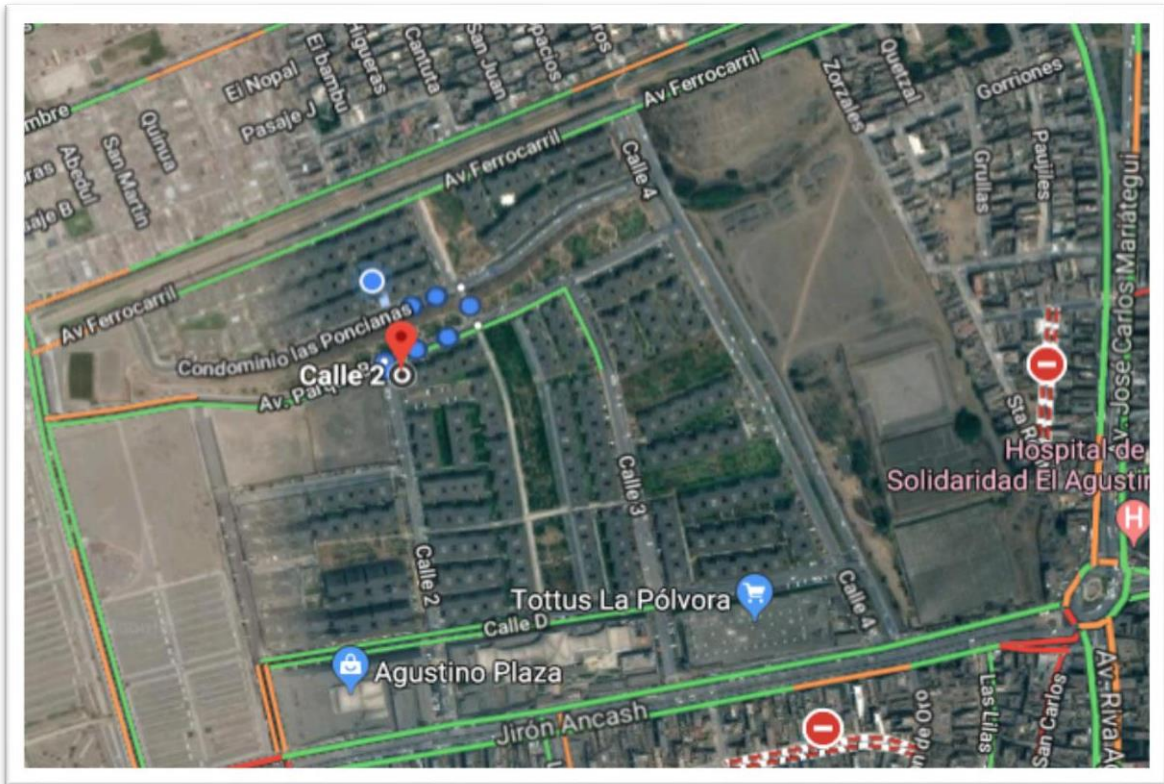
El siguiente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar si existe riesgo por inmisión de material particulado 2.5, el cual puede ser útil en la gestión de sitios contaminados, a la vez ayuda a entender como la contaminación convierte en un riesgo a la salud del hombre y del medio ambiente.

#### **1.3.2 Temporal**

Comprende el periodo desde de enero a marzo del 2019.

#### **1.3.3 Espacial**

El presente proyecto de investigación se desarrollará en las intersecciones de la Calle 2 con la Avenida Parque B (paralela dos cuadras de la Av. Placido Jiménez, zona de alto transito e industrial) torre 4 del Condominio Los Robles, Urbanización los Parque de El Agustino



**Figura 1.** Ubicación del punto de muestreo de Calidad de Aire.



**Figura 2.** Comparativa de tamaños de partículas finas.

## **1.4. Formulación del Problema**

### **1.4.1 Problema general**

¿Puede afectar a la salud humana la inmisión de material particulado 2.5 vertidos a la atmosfera, en el Condominio Los Robles del distrito de El Agustino?

### **1.4.2 Problemas específicos**

¿Cuáles son las concentraciones de material particulado 2.5 en el Condominio los Robles del distrito de El Agustino?

¿Las concentraciones del material particulado 2.5 sobrepasan los ECA's?

## **1.5. Objetivos del Trabajo de Suficiencia Profesional**

### **1.5.1 Objetivo general**

Evaluar si existe riesgo a la salud la inmisión de material particulado 2.5.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

Determinar mediante el método de referencia, las concentraciones del material particulado 2.5 en la estación de monitoreo establecida en el Condominio Los Robles del distrito de El Agustino.

Comparar los resultados de los parámetros de calidad de aire con el D.S. N°003-2008 MINAM (derogado), y el D.S. N° 003-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para Aire, vigente desde el 07 de junio del 2017.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1 Antecedentes Nacionales**

La Dirección General de Salud Ambiental según el “programa de vigilancia sanitaria de Calidad de Aire 2014”, comunica que los años 2012 , 2013 se excedieron respecto a los valores permitidos aceptados en el 2014, establecido en  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en febrero del 2012 fue ( $62.08 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ), septiembre ( $74.68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), octubre ( $54.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), noviembre ( $82.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y el 2013 en marzo fue ( $51.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ), abril ( $82.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ), mayo ( $82.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ), junio ( $59.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), julio( $56.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )” (DIGESA, 2014).

La Dirección General de Salud Ambiental en el informe 116/2015 “La calidad del aire en Lima y su impacto en la salud y la vida de sus habitantes”, indica que en la ciudad de Lima la calidad del aire no obedece a lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental, determinándose que el material particulado de 2.5 es el contaminante más peligroso debido a sus niveles de concentración y sus efectos negativos para la salud., posiblemente que por su forma las concentraciones del contaminante son arrastrados hacia las micro cuencas atmosféricas del distrito de El Agustino, donde no se ha efectuado una investigación y determinar la composición del material particulado fino 2.5 (DIGESA, 2015).

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, según el estudio realizado “Boletín Vigilancia de Calidad del Aire en Lima Metropolitana y Callao”, informa que, en mayo del 2016, se presenta una inversión térmica debido al anticiclón del pacífico suroriental. Por eso en verano y otoño se incrementa la cantidad de material particulado provocando mayor incidente a la salud en los distritos de Lima este (SENAMHI, 2016).

En el estudio científico “Evaluación del grado de contaminación del aire en el Centro Histórico de Lima” las concentraciones de los contaminantes de material particulado PM10 y PM 2.5 muestran comportamientos diferentes en las horas de ocurrencia de las máximas bimodales, las de PM 10 llegan a superar el valor límite indicado en el ECA nacional ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y el PM 2.5 al valor referencial ( $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En la determinación de los modelos de relación entre contaminantes y factores de dispersión, se logró determinar relaciones para los contaminantes (García y Tantaleán, 2008).

En el estudio “La contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático en la salud de la población peruana”. Indica que el material particulado 2.5, es el de mayor incidencia en Lima, causante de aproximadamente 2300 muertes prematuras (1910 por problemas cardiovasculares, 230 por problemas cerebro-vasculares y 190 por cáncer pulmonar), concluyendo que en el Perú existe un riesgo ambiental producto de la actividad del parque automotor, así como la quema de madera como combustible en las zonas rurales, asociándolo a la contaminación del aire (Gonzales, 2014).

El trabajo de investigación “La influencia de las variables meteorológicas en la contaminación por material particulado 2.5 en Ate en abril de 2015”. Da como resultado que no existe relación entre las variables meteorológicas y la contaminación por material particulado 2.5 (Ortiz, 2015).



### 2.1.2 Antecedentes Internacionales

(Angulo, 2008), realizó la “Medición y Evaluación de la calidad de aire en los sectores de Fertiza y Trinidad en Guayaquil a causa del material particulado menor a 10 y 2.5 $\mu\text{g}$ ”. En el cual determinó que las concentraciones de material particulado 2.5 en el rango de un año, está por encima de los Límites Máximos Permisibles debido principalmente al tránsito de vehículos en el sector y, por el uso de combustibles fósiles (diésel) que general (PM 2.5).

(Marcano, 2016), en la “Correlación entre las inmisiones y las emisiones de contaminantes”. Indica como conclusión, que las variaciones atmosféricas influyen respecto a la contaminación del aire por la alta concentración de material particulado 2.5 en el ambiente en un determinado lugar en los intervalos de horas y días, si las emisiones permanecen constantes. La calidad de aire recibe una influencia de las variables meteorológicas que son el convectivo horizontal que actúa como transporte de acuerdo de la dirección, velocidad del viento y el transporte conectivo vertical como es el fenómeno de la inversión térmica.

(Martin, 2005), en la investigación “Contaminación del aire por material particulado en Buenos Aires”. Durante los meses de invierno, determina que las concentraciones superan los 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  al límite establecido por la Ley 1356, de la Ciudad de Buenos aires y, las concentraciones medias anuales llegan a superar en 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dicho límite, poniendo en riesgo a la salud de un 51.6 % de la población de la ciudad.

(Salinas, 2012), manifiesta en la “Contaminación atmosférica por material particulado y consultas de urgencia por morbilidad respiratoria en menores de 5 años en la ciudad de Valdivia, periodo mayo-julio del año 2010”. Obteniendo como resultado que la exposición

a distintos niveles de PM 2.5 es decir el aumento de su concentración no guarda relación con el incremento de casos por atención de enfermedades respiratorias. No pudiendo probar la hipótesis planteada, recomendando de ser necesario seguir evaluando los efectos de las variables atmosféricas y meteorológicas en la salud de la población.

(Muñoz, 2000), en el “Análisis de datos de PM 2.5 registrados con el equipo TEOM en las estaciones Azcapotzalco (AZC) y Santa Úrsula (Sur) de la red automática de monitoreo atmosférico (Rama)” concluyo que los números de correlación respecto a los datos del material particulado 2.5 en la estación AZC no guarda relación importante directa, sin embargo si existe entre el descenso de material particulado 2.5 y la humedad relativa, siendo así asociado a las reacciones ya que pueden formar cristales higroscópicos, conocido como absorción de humedad.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1 Características del Material Particulado**

#### **Tamaño**

Un relevante aspecto característico del material Particulado está en la distribución por dimensión o tamaño que suelen diferenciar sus efectos relacionados a la salud y del bienestar. Las dimensiones diametrales de las partículas atmosféricas recorren 5 órdenes de la magnitud, prolongándose de 0,001 micrómetros a 100 micrómetros  $\mu\text{m}$ . Por otra parte, tanto el tamaño, así como la composición asociada de partículas son determinantes en su comportamiento principalmente en el sistema respiratorio, tomando en cuenta inclusive en cómo las partículas son capaces de penetrar, donde se alojan, así como también la eficacia de los mecanismos de defensa del cuerpo humano para desalojarlas. En adición a ello, el tamaño del material Particulado se considera uno de los parámetros más relevantes al definir el tiempo de residencia, así como también la distribución de las partículas en el medio ambiente. A nivel de tamaño del material particulado es considerado también un elemento importante de la disminución de visibilidad.

#### **Origen**

Las denominadas partículas finas (PM 2.5) son ocasionadas en procesos de combustión y de transformación atmosféricos de gases precursores. Los orígenes de la combustión del combustible de procedencia fósil también consideran los vehículos de motor, las instalaciones de generación de energía, instalaciones y depósitos fabriles e industriales, combustión de madera en las residencias, quemas en las zonas agrícolas, e incendios forestales. Las partículas pueden clasificarse, desde el punto de vista de su origen, en polvo, humo, cenizas volantes, niebla y aerosoles (las primeras tres partículas son sólidas y las dos últimas partículas son líquidas).

## **Efectos sobre la Salud Humana y Ambiental**

Considerando los efectos o consecuencias en la salud humana y ambiental, la contaminación del aire con partículas son las siguientes: irritación de los ojos, dolencias del sistema respiratorio ocasionada por la penetración por vías respiratorias, así como su depósito en los alvéolos pulmonares, pudiendo ocasionar cuadros de asma y tumores de los bronquios, alteración de la fotosíntesis de plantas, pudiendo ocasionar algunas perturbaciones en el intercambio de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera al obstaculizar el ingreso de la luz solar, ocasionando un oscurecimiento de edificios y bienes, impulsando el efecto de otros contaminantes de naturaleza gaseosa, etc. Las consecuencias son diversas, que incluyen lesiones al aparato respiratorio, muerte de células de plantas, y el aniquilamiento de brotes más recientes con apariencia de haberse carbonizado o quemado, derivando en plantas inservibles para la alimentación.

Recapitulando lo anterior, el tamaño de una partícula en el aire es un aspecto que determina efectos en la salud, por la influencia, y compromiso negativo que tienen en el sistema respiratorio. Las partículas de diámetro inferior a 5µm, están consideradas de mayor probabilidad de alojarse en bronquiolos y alveolos en la medida que disminuye el su diámetro. De acuerdo al tamaño y la composición de la partícula ocasiona los efectos siguientes:

- Incremento en la frecuencia de cáncer pulmonar
- Muertes prematuras con síntomas respiratorios severos
- Irritación de ojos y nariz de las personas con agravamiento en cuadros de asma y las enfermedades cardiovasculares.

Por otra parte, los efectos de los contaminantes pueden producir lo siguiente:

- Daños a bienes y propiedades
- Cambios en la apariencia o aspecto en los edificios e instalaciones físicas.
- Decoloración de imprimantes y pinturas de los edificios etc.
- Deterioro de las construcciones en general

- Efectos corrosivos en los metales
- Efectos destructivos a materiales orgánicos (Piel, papel, textiles, etc.).
- Daños materiales o desgastes (corrosión de metales, edificios, mercancías, pérdidas agrícolas, etc.).
- Inutilización de plantas para la alimentación.

De acuerdo a la OMS, es imprescindible implementar estándares o normas de calidad ambiental para mantener la calidad del aire. Considera además que el tener buena salud física implica un estado completo de bienestar tanto físico, mental y social.

### **La Atmósfera**

La atmósfera terrestre es una capa de aire que se encuentra alrededor del planeta, la cual es muy compleja y dinámica, por lo que su composición química y la meteorología dependen de la altitud de la misma, variando condiciones de temperatura y la presión, de acuerdo a la capa atmosférica en la que se encuentre.

### **Contaminación atmosférica**

La contaminación atmosférica se denomina cuando existen sustancias y formas de energía con niveles de concentración superiores, afectando la calidad, causando daños a las personas y bienes.

Como manifiesta la OMS, la contaminación del aire está relacionada a la carga de morbilidad derivada de enfermedades cardiovasculares, cáncer al pulmón e infecciones pulmonares.

### **Altura de mezcla**

Se define como altura de la mezcla como la altura en la atmósfera hasta donde los contaminantes llegan a ser mezclados y dispersados. En cuanto más alta sea la altura de la capa de mezcla, se encontrará un mayor volumen para la dilución de los contaminantes. Esta altura será dependiendo de la rugosidad superficial, así como también de la velocidad del viento y radiación solar, entre otros.

## **Fuentes de emisiones**

Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA), las fuentes de contaminación atmosféricas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Fuentes fijas puntuales**

Se denominan a las fuentes estacionarias que se encuentran ubicadas en una zona geográfica determinada, por ejemplo, actividades industriales.

- **Fuentes áreas**

Se denominan a las fuentes pequeñas, numerosas y dispersas, agrupándose con fuentes similares, por ejemplo, chimeneas de fábricas industriales, pollerías, restaurantes, etc.

- **Fuentes móviles**

Se denominan a las fuentes que se encuentran en movimiento, por ejemplo, vehículos motorizados, aviones, ferrocarriles embarcaciones, etc.

## **Viento y dispersión de contaminantes**

La dispersión de contaminantes en la atmosfera está asociada principalmente por las fluctuaciones de velocidad y dirección del viento. El viento se denomina al flujo general del aire sobre la superficie, este se produce por sistemas de presión a gran escala, la fuerza y dirección del viento en cualquier punto están determinados por la posición, intensidad y movimiento de estos sistemas, existen factores locales que inciden a la dirección y velocidad del viento, Los cambios de velocidad y dirección de viento pueden expresarse gráficamente en forma de rosa de vientos.

## **Estándares de calidad ambiental para aire**

Los estándares de calidad ambiental (ECA) establecen concentraciones de sustancias presentes en el ambiente que no van a generar daño a la salud y el ambiente.

### 2.3. Definición de términos básicos

**Altura de capa de mezcla:** Es la máxima altura en la que una porción de aire puede subir. En diagramas adiabáticos, corresponde al punto en la cual el gradiente vertical adiabático de la porción de aire se intersecta con la gradiente vertical ambiental. La capa de mezcla es directamente proporcional a la dilución de contaminantes atmosféricos.

**Ambiente:** Todo lo que nos rodea; el ambiente está conformado por todas las condiciones externas que tiene influencia sobre la vida, desarrollo y supervivencia de los organismos.

**Antropogénico:** Está relacionada a efectos, procesos o materiales provenientes de actividades humanas, diferentes a aquellas que tienen causas naturales en la cual no tenga influencia humana.

**Aspecto ambiental:** Elemento de las actividades de una organización que interactúa con el ambiente.

**Cadenas de custodia:** Procedimiento documentado de la obtención de muestras, lo cual incluye el procedimiento de traslado, preservación y entrega al laboratorio con el fin de someterlo a pruebas de análisis físico - químico, ejecutado por el personal responsable.

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

**Calidad ambiental:** Presencia de factores que le da una propiedad específica al ambiente y ecosistemas.

**Caudal:** Cantidad de fluido o gas que pasa por una determinada área en una unidad de tiempo.

**Combustión:** Proceso químico de oxidación de materiales y compuestos orgánicos con la presencia de oxígeno, el cual ocasiona liberación de calor.

**Contaminante:** Cualquier sustancia química que no corresponde o ajeno a la naturaleza del medio en que se ubica, o también se refiere cuando los niveles de concentración existente exceden los estándares permisibles, y es susceptible de ocasionar efectos adversos para la salud de las poblaciones o el medio ambiente.

**Contaminante del aire:** Cualquier sustancia que en determinados niveles de concentración o presencia en el aire ocasiona grave riesgo a la salud y a las personas.

**Contaminantes Primarios:** Aquellos emitidos en la atmosfera a partir de un origen identificable, por ejemplo, CO, NOx, SO<sub>2</sub>, y partículas.

**Emisión:** Salida de los contaminantes al ambiente a partir de una fuente fija o móvil.

**Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Medida que señala el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que se encuentran presentes en el aire, agua o en el suelo, en su condición de cuerpo receptor, cuyo nivel no representa riesgo inminente para la salud de las personas ni al medio ambiente. De acuerdo al parámetro en particular a que esté relacionado, el nivel de concentración o grado podrá ser señalado en máximos, mínimos o rangos.

**Estación meteorológica:** Con el propósito de facilitar las mediciones de calidad de aire se sugiere incluir una estación meteorológica con el fin de apoyar en la lectura, así como en la predicción de la dispersión de contaminantes.



**Evaluación:** Consiste en la determinación sistemática del mérito, el valor y/o significado de algo o alguien de acuerdo a criterios relacionado a un conjunto de reglamentos y/o normas.

**Exposición:** Es el grado de exposición entre un agente toxico y un sistema biológico. También se refiere al contacto existente de un agente químico con los límites exteriores del organismo. Es la cantidad de un agente químico o físico específico que llega al receptor.

**Fuentes de emisión:** Se refiere a todas aquellas fuentes capaces de emitir contaminantes a la atmosfera, los mismos que pueden tener un origen natural o antropogénico.

**Fuentes fijas:** Fuentes de emisión que no se mueven independientemente o en forma autónoma en el tiempo, tales como las chimeneas industriales.

**Fuentes móviles:** Vehículos o medios de transporte, como los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias no fijas con motores de combustión y similares, los cuales, debido a su operatividad producen o pueden producir emisiones contaminantes al medio ambiente.

**Inmisión:** Transferencia de contaminantes del aire, desde la atmósfera libre a un elemento receptivo, como por ejemplo un ser humano, planta o edificio. El total de las inmisiones en un intervalo de tiempo proporciona la dosis de inmisión, es decir, la cantidad total de contaminantes del aire admitido, aspirado, absorbido o ingerido por el elemento receptivo.

**Laboratorio acreditado:** También conocido como un Organismo de Evaluación de la Conformidad (OEC) que tiene todas las competencias técnicas y que es reconocida por el Instituto Nacional de Defensa de la

Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), a fin de llevar a cabo tareas específicas relacionadas con la evaluación de conformidad. Por lo tanto, los resultados que proporciona tienen un mayor grado de confiabilidad, no solo en función con el análisis efectuado, sino también en función con el sistema de gestión que todo reconocido laboratorio acreditado deberá tener incorporado.

**Límite de cuantificación:** Concentración mínima que puede establecerse con un nivel aceptable de exactitud y/o precisión. Se determina examinando una muestra o material de referencia.

**Límite Máximo Permisible (LMP):** Dispositivo de gestión ambiental que mide la concentración o grado de elementos, sustancias y/o parámetros físicos, químicos y biológicos, que son característicos de un efluente o una emisión, que al exceder los límites ocasiona o puede ocasionar daños a la salud, a las poblaciones y al medio ambiente.

**Método de referencia:** Método de medición de los niveles de un contaminante específico del aire que ha sido probado exhaustivamente, cumple con los requisitos establecidos en los objetivos de la calidad de los datos y tiene fuerza legal.

**Monitoreo:** Proceso de carácter sistemático de recolección, análisis y utilización de información para hacer seguimiento a las emisiones o inmisiones del proceso.

**Muestreador de bajo volumen (Low-Vol.):** Equipo elegido por la US EPA para la medición de PM10 y PM 2.5 de bajo volumen. Las partículas son clasificadas mediante un separador aerodinámico (cabezal) y posteriormente colectadas en un filtro de cuarzo a fin de ser posteriormente cuantificadas y análisis pertinente.

**Peligro:** Acción, fuente o circunstancia que puede generar riesgo o posibles daños a la salud.

**Partes por millón (ppm):** Es una unidad de medida con la que se mide la concentración, refiriéndose a la cantidad de unidades de una determinada sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.

**PM 2.5:** Denominación aplicada a las partículas de diámetros inferiores a 2.5 micras ( $\mu\text{m}$ ) que permanece suspendido en el aire atmosférico. (OEFA, 2015).

**Polvo:** Partículas sólidas de tamaños reducidos con diámetros inferiores a 75 micras ( $\mu\text{m}$ ) que se sedimentan por gravedad pero que permanecen suspendidas en el aire por cierto tiempo.

**Procedimiento:** Documento o instructivos que detalla la manera de cómo se debe seguir una función determinada.

**Protocolo:** Es un documento fuente o de referencia que contiene instrucciones, directivas y procedimientos dirigidos para desarrollar una actividad específica.

**Riesgo:** Posibilidad de que se produzca un efecto adverso o no planeado, con la probabilidad de que alguien o algo sufra algún perjuicio o daño

**Viento:** Movimiento del aire ocasionado por diferentes presiones barométricas.

## CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS

### 3.1. Modelo de solución propuesto

Realizar un Monitoreo Ambiental por 24 horas según el protocolo de calidad de aire y comparar los resultados que obtendremos en el mismo periodo con dos estaciones meteorológicas automáticas de SENAMHI, las estaciones de Ate y San Juan de Lurigancho, luego evaluar si las concentraciones de MP 2.5 ocasionan riesgo a la salud humana aplicando lo normando en el Índice de Calidad del Aire — INCA, que se divide en 4 categorías o calificaciones de la calidad del aire. La banda de color verde de 0 a 50 y significa que la calidad del aire es buena, la banda de color amarillo de 51 a 100 e indica una calidad moderada del aire; la banda de color anaranjado entre los 101 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC), lo que nos indica que la calidad del aire es mala; finalmente el color rojo de la cuarta banda nos indica que la calidad del aire es mayor al valor umbral del estado de cuidado del contaminante.

**Tabla 1**

*Valores del Índice de Calidad del Aire*

CALIFICACIÓN	VALORES DEL INCA	COLORES
Buena	0-50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	101-VUEC*	Anaranjado
VUEC*	>VUEC*	Rojo

\*VUEC: Valor Umbral del Estado de Cuidado

Fuente: R. M.181-2016 MINAM Índice de Calidad del Aire (INCA)

**Tabla 2***Cuidados y Recomendaciones del Índice de Calidad del Aire*

CALIFICACIÓN	CUIDADO	RECOMENDACIONES
Buena	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre.
Moderada	La población sensible (niños, tercera edad, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares) podrían experimentar algunos problemas de salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para la población sensible.
Mala	La población sensible podría experimentar problemas de salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.
Umbral de cuidado	La concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población sensible, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares.	Reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de Estados de Alerta de acuerdo al D.S. N 009-2003-SA y su modificatoria D.S. N 012-2005-SA.

Fuente: R. M.181-2016 MINAM Índice de Calidad del Aire (INCA)

**Tabla 3***Cálculo del Índice de Calidad del Aire por contaminante*

Material Particulado (PM2.5) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ecuación
0-50	0-12.5	$I(\text{PM}_{2.5}) = [\text{PM}_{2.5}] * 100 / 25$
51-100	12.6-25	
101-500	25.1-125	
>500	>125	

Fuente: R. M.181-2016 MINAM Índice de Calidad del Aire (INCA)

Para determinar las concentraciones del material particulado debemos de contar con un equipo de medición de parámetros de campo que nos permite conocer varios datos en el mismo momento, para el cual utilizaremos un equipo Muestreador de Material Particulado PM 2.5 Thermo Scientific Partisol 2000i Air Sampler de Bajo volumen, que provee el muestreo de partículas PM 2.5, así como el monitoreo de parámetros meteorológicos como, temperatura Ambiente. Presión atmosférica.

Este equipo cuenta con un poderoso motor que puede muestrear de manera continua durante 24 horas, lo cual le permite un trabajo de muestreo continuo y sin demoras o pérdidas de tiempo. Además, puede registrar digitalmente parámetros como temperatura, presión barométrica y el volumen acumulado el cual también es corregido automáticamente por el microprocesador a condiciones estándares. Toda esta información puede ser visualizada estos datos en la pantalla del Equipo.

Según los resultados obtenidos determinar si existe riesgo en la inmisión de material particulado en la zona de monitoreo.

### 3.1.2 Recursos a emplear

Equipo a utilizarse

**Tabla 4**

*Equipo de monitoreo*

Equipo	N de Serie	Marca/Modelo	Fecha de Calibración
Muestreador de bajo volumen	200FB206260401	THERMO SCIENTIFIC PARTISOL FRM 2000	21 de octubre del 2018

Fuente: elaboración propia

Parámetro de Monitoreo,

En la siguiente tabla se muestra la metodología a usar para la determinación del parámetro a monitorear.

**Tabla 5**

*Metodologías de análisis*

Parámetros de Medición	Unidad	Metodología
Material Particulado PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	EPA CFR 40 Part 50 Appendix L 2006. Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM <sub>2.5</sub> in the Atmosphere.
Bajo Volumen		Separación inercial / filtración (Gravimetría)

Fuente: elaboración propia

## NORMATIVA DE COMPARACIÓN

En las siguientes tablas se muestran las normativas de comparación aplicables.

**Tabla 6**

*Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Aire*

Contaminante	Periodo	Forma del estándar	
		Valor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Formato
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM2.5).	24 horas	50	NE más de 7 veces al año
	Anual	25	Media aritmética anual

D.S. N°003-2017-MINAM "Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para aire y establecen disposiciones complementarias"  
NE: No Exceder

**Tabla 7**

*Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Aire (derogado)*

Parámetro	Periodo	Valor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Vigencia	Formato	Método de análisis
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM 2.5)	24 horas	50	1 de enero del 2010	Media aritmética	Separación inercial filtración gravimetría
	24 horas	25	1 de enero del 2014	Media aritmética	Separación inercial filtración gravimetría

D.S. N°003-2008 MINAM (derogado) Estándar de calidad ambiental para Material Particulado con diámetro menos a 2.5 micras (PM 2.5).



### 3.1.3 Procedimientos

- **Metodología de monitoreo**

Procedimiento para el uso y programación del muestreador thermo scientific partisol 2000I- PM 2.5 de bajo volumen, el uso de guantes de nitrilo es obligatorio durante todas las etapas de manipulación del filtro, el filtro es pre pesado (peso inicial) para fines de cálculo de partículas, luego se coloca el filtro dentro de un cassett de poliestireno, ya en el momento del muestreo y en un ambiente cerrado, el filtro es colocado en el portafiltro con una pinza y se fija dentro del Muestreador de Material Particulado PM2.5 Thermo Scientific Partisol 2000i Air Sampler de Bajo volumen, se programa el equipo p o r 24 horas y Se toma las lecturas correspondientes a las condiciones físicas del Ambiente, al completar el periodo de muestreo, se deben registrar los datos de retiro de filtro en la hoja de campo, finalmente se retira el filtro en un cassett de poliestireno (con su respectiva hoja de campo) hacia el laboratorio para su post pesado, con la hoja de campo llena entregar el filtro al área de análisis.

La concentración de las partículas suspendidas totales ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se calcula determinando el peso gravimétrico de la masa recolectada y el volumen del aire muestreado. Las mediciones de calidad de aire consideran como base metodológica los lineamientos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (US EPA).

Para realizar los muestreos de contaminantes presentes en el aire a nivel del suelo (inmisiones) se considera el Código Federal de Regulaciones, Título 40, Parte 50 (40 CFR 50 - 2001), llamado " National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards" (NAAQS) desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA) así como lo indicado en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones según el Ministerio de Energía y Minas y la Normativa Ambiental vigente en el cual señala los métodos y/o lineamientos para la determinarla siguiente inmisión: Partículas en Suspensión menores a 2.5 micras.

- **Determinación de partículas PM 2.5**

El método corresponde al EPA CFR 40 Appendix L to Part 50 Reference Method for the determination of fine Particulate matter as PM 2.5 in the atmosphere. El equipo a utilizar para el monitoreo corresponde al Muestreador de Bajo Volumen (LOW-VOL) con control de flujo volumétrico a 16.7 L/min. Este método proporciona la medición de la concentración de masa de materia particulada fina que tiene un diámetro aerodinámico menor o igual a 2.5 micrómetros nominales (PM 2.5) en el aire al ambiente durante un período de 24 horas con el fin de determinar se cumplen los estándares calidad del aire para partículas finas. El proceso de medición se considera no destructivo, y la muestra de PM 2.5 obtenida se puede someter a análisis físicos o químicos posteriores. *Mediante un* muestreador de aire alimentado eléctricamente se extrae el aire del ambiente a un caudal volumétrico constante en una entrada de forma especial y a través de un separador de tamaño de partícula inercial donde la materia particulada suspendida en el rango de tamaño de PM 2.5 se separa para su recolección en un filtro de politetrafluoroetileno (PTFE) conocido como Teflón, durante un período de 24 horas. El filtro se pesa antes y después de la recolección de la muestra para determinar la ganancia neta debida al PM 2.5 recolectado. Se llega a determina el volumen total de aire muestreado a partir del caudal medido a la temperatura y presión ambiente real y el tiempo de muestreo. La concentración de masa de PM 2.5 en el aire ambiente se calcula como la masa total de partículas recolectadas en el rango de tamaño de PM 2.5 dividida por el volumen real de aire muestreado, y se expresa en microgramos por metro cúbico de aire ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ).

- **Periodo de muestra**

El período de muestra requerido para las mediciones de concentración de PM 2.5 por este método será de 1,380 a 1500 minutos (23 a 25 horas). Sin embargo, cuando un período de muestra es inferior a 1,380 minutos, la concentración medida (determinada por la masa PM 2.5

recolectada dividida por el volumen de aire muestreado real), multiplicada por el número real de minutos en el período de muestra y dividida por 1,440, puede ser usado como si fuera una medida de concentración válida para el propósito específico de determinar una violación del NAAQS. Este valor asume que la concentración de PM 2.5 es cero para la porción restante del período de muestra y, por lo tanto, representa la concentración mínima que podría haberse medido para el período de muestra completo de 24 horas. En consecuencia, si el valor así calculado es lo suficientemente alto como para ser una superación, tal excedencia sería una superación válida para el período de la muestra. Cuando se informa a AIRS, este valor de datos debe recibir un código especial para identificarlo como para que no se mezcle con las mediciones de concentración normal o se use para otros fines (NAAQS, 2011).

- **Exactitud**

Debido a que el tamaño y la volatilidad de las partículas que componen las partículas en el ambiente varían en un amplio rango y la concentración en masa de las partículas varía con el tamaño de las partículas, es difícil definir la precisión de las mediciones de PM 2.5 en un sentido absoluto. Por lo tanto, la precisión de las mediciones de PM 2.5 se define en un sentido relativo, en referencia a las mediciones proporcionadas por este método de referencia. Por consiguiente, la precisión se definirá como el grado de acuerdo entre un muestreador de PM 2.5 del campo del sujeto y un muestreador de auditoría del método de referencia del PM 2.5 colocado que opera simultáneamente en la ubicación del sitio de monitoreo del muestreador del sujeto e incluye tanto aleatorio (precisión) como sistemático (sesgo) errores.

- **Filtro para la recolección de muestras PM 2.5**

Deberá cumplir con todas las siguientes especificaciones de diseño y rendimiento: *Tamaño* circular, 46.2mm de diámetro  $\pm 0.25$  mm, *de*

Politetrafluoroetileno (PTFE Teflón), con anillo de soporte integral, de Polimetilpenteno (PMP),  $0,38 \pm 0,04$  mm de espesor, diámetro exterior  $46,2 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$  y ancho de  $3,68 \text{ mm} (\pm 0,00, -0,51 \text{ mm})$ , *Tamaño del poro*.  $2 \text{ }\mu\text{m}$  según lo medido por ASTM F 316-94, *Espesor del filtro*. 30 a  $50 \text{ }\mu\text{m}$ , *Máxima caída de presión (filtro limpio)*. Columna de H<sub>2</sub>O de 30 cm a  $16,67 \text{ l / min}$ . Flujo de aire limpio, *Máxima captación de humedad*. No más de  $10 \text{ }\mu\text{g}$  de aumento de peso después de 24 horas de exposición al aire de 40 por ciento de humedad relativa, en relación con el peso después de 24 horas de exposición al aire de 35 por ciento de humedad relativa, *eficacia de la recogida*. Más del 99.7 por ciento, con partículas de  $0.3 \text{ }\mu\text{m}$  a la velocidad de la cara operativa del muestreador, *Estabilidad del peso del filtro*. La pérdida de peso del filtro debe ser inferior a  $20 \text{ }\mu\text{g}$ .

#### ▪ **Muestreador de PM 2.5**

El muestreador consistirá en una entrada de aire de muestra, tubo descendente, separador de tamaño de partículas (impactador), conjunto de portafiltro, bomba de aire y sistema de control de caudal, dispositivo de medición de caudal, sistema de monitoreo de temperatura ambiente y filtro, sistema de medición de presión barométrica, temporizador recinto ambiental al aire libre, y capacidad adecuada de control mecánico, eléctrico o electrónico para cumplir o exceder el diseño y el rendimiento funcional. Las especificaciones de rendimiento requieren que la muestra:

Proporcionar control automático del caudal volumétrico de la muestra y otros parámetros operativos. Monitoree estos parámetros operativos, así como la temperatura ambiente y la presión. Proporciona esta información al operador del muestreador al final de cada período de muestra en forma digital.

### 3.2. Resultados

Se evaluó según el Índice de Calidad del Aire (INCA), donde el nivel máximo recomendado de PM 2.5 es  $25 \mu\text{g} / \text{m}^3$ , media de 24 horas, determinándose que la concentración de material particulado de  $28.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a una exposición prolongada, si existe riesgo a la salud. Estos datos indicarían que Lima tiene un problema por resolver con respecto a la contaminación del aire con PM 2.5, si además tomamos como referencia las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que establece que al superar las concentraciones del material particulado 2.5 de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  media de 24 horas y de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  media anual, se incrementa el riesgo a la salud.

Como resultado del muestreo realizado desde 26 de marzo del 2019 a las 15.00 horas hasta el 27 de marzo del 2019 a las 15 horas haciendo un total de 24 horas, en el ingreso al estacionamiento del Condominio los Robles esquina de la calle 2 con Av. Parque B de la urbanización los Parques de El Agustino , así como para hallar la concentración de partículas (PM2.5) se puede visualizar en el informe de ensayo del laboratorio LABECO acreditado por INACAL en el (Anexo 7), así como los cálculos según la (tabla 8), se evaluó que la concentración promedio es de  **$28.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Unidad de medida: microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Se procedió a la comparar la información de las estaciones de Ate ( $27.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y San Juan de Lurigancho ( $26.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), proporcionado por SENAMHI, del Condominio los Robles ( $28.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y con los ECA's de aire referente al PM 2.5. El monitoreo realizado se obtuvo una concentración de material particulado 2.5 por debajo de los límites máximos permisibles (PM 2.5 =  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) establecidos según el ECA D.S. N° 003-2017-MINAM vigente desde el 07 de junio del 2017, si comparamos con el ECA D.S. N°003-2008 MINAM (derogado) donde establecía una concentración de material particulado 2.5 por debajo de los límites máximos permisibles (PM 2.5 =  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) el promedio superaría los Límites Máximos Permisibles.

**Tabla 8**

Concentración de PM 2.5 según zona (Microgramo por metro cúbico)

26 de marzo del 2019 (de 15 horas a 00)

27 de marzo del 2019 (de 1 a 15 horas)

Zona	Promedio	15	16	17	18	18	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
S.J.Lurigancho	<b>26.13</b>	13.58	12.49	10.13	13.66	25.08	27.82	24.95	29.79	32.53	25.30	28.27	23.03	37.20	35.82	24.02	27.02	31.93	45.89	72.24	35.62	21.11	19.09	19.98	15.50	14.71
Ate	<b>27.99</b>	TRABAJOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS EN LA ESTACIÓN																				34.93	30.36	25.09	21.58	
Los Robles *	<b>28.18</b>																									

Fuente: Senamhi (Anexo 6)

Nota: (PM2.5) Material particulado con diámetro menor o igual a 2.5 micrómetros.

\* según calculo del informe de ensayo, laboratorio LABECO (Anexo 7)

FILTRO	FECHA DE INICIO	TIEMPO INICIO		FECHA DE TÉRMINO	TIEMPO FINAL		TIEMPO TOTAL (min)	TEMPERATURA AMBIENTAL I (°C)	TEMPERATURA AMBIENTAL F (°C)	PRESIÓN AMBIENTAL I (mmHg)	PRESIÓN AMBIENTAL F (mmHg)	Flujo Inicial (l/m)	Flujo Final (l/m)	Flujo Promedio (l/m)	VOLUMEN ACTUAL (m³)	VOLUMEN ESTÁNDAR (m³ std)	PESO FILTRO INICIAL (g)	PESO FILTRO FINAL (g)	PESO PM2.5 (ug)	CONC PM2.5 (ug/m³ std)
		HORA	MIN		HORA	MIN														
(PM2.5)	26-mar-19	15	0	27-mar-19	15	0	1440	29.8	31.3	743.0	744.0	16.7	16.7	16.7	24.00	16.820	0.143114	0.143588	474	<b>28.18</b>

**1: Cálculo de Caudal estandarizado**

$$Q_{std} = Q_a \times (P_{av}/T_{av}) (T_{std}/P_{std})$$

Donde

Q<sub>std</sub> = Flujo promedio a condiciones de referencias indicadas (25 °C, 101,3 kPa), m³ std/min;

Q<sub>a</sub> = Flujo promedio a condiciones ambientales, m³/min;

P<sub>av</sub> = Presión barométrica promedio durante el período de muestreo o

presión barométrica promedio para el lugar de muestreo, kPa (ó mm de Hg);

T<sub>av</sub> = Temperatura ambiente promedio durante el período de muestreo o temperatura ambiente estacional promedio para el lugar de muestreo, K;

T<sub>std</sub> = Temperatura estándar, definida como 298 K;

P<sub>std</sub> = Presión estándar, definida como 101.3 kPa (ó 760 mm de Hg).

**2: Cálculo de Volumen estandarizado**

$$V_{std} = Q_{std} \times t$$

Donde:

V<sub>std</sub> = Total de aire muestreado en unidades

patrón de volumen, m3 std;

t = Tiempo de muestreo, min.

**3: Cálculo de Concentraciones**

$$PM\ 2.5 = (W_f - W_i) \times 10^6 / V_{std}$$

Donde:

PM 2.5 = Concentración máscica de MP2.5 en ug/m³ std;

W<sub>f</sub>, W<sub>i</sub> = Peso final, peso inicial del filtro colector de partículas de PM2.5 en g.

10<sup>6</sup> = Conversión de g a ug.

**Tabla 9**

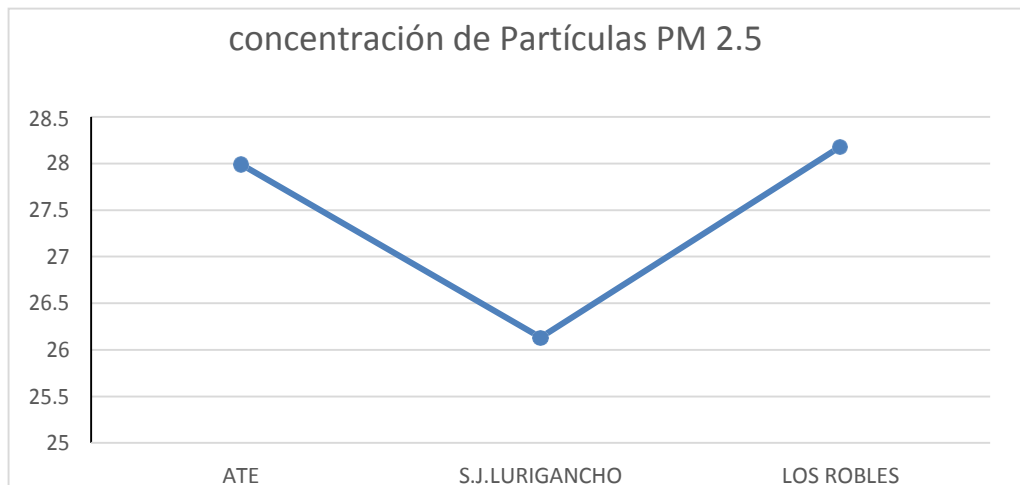
*Comparación con el ECA*



ECA	50
ATE	27.99
S.J.LURIGANCHO	26.13
LOS ROBLES	28.18

**Tabla 10**

*Comparación de los tres puntos de referencia*



ATE	27.99
S.J.LURIGANCHO	26.13
LOS ROBLES	28.18

## CONCLUSIONES

1. Tomando en cuenta las recomendaciones del Índice de Calidad del Aire y aplicando la fórmula del cálculo para el **Intervalo del INCA**;  $I(\text{PM}_{2.5}) = [\text{PM}_{2.5}] * 100 / 25$  (Tabla 3) donde  $28.18 \times 100 / 25 = 113$  se puede determinar que existe riesgo a la salud de las personas del Condominio los Robles por inmisión de MP 2.5 y la calificación de aire sería de **MALA**, además la Organización Mundial de la Salud (OMS) fundamenta que la exposición diaria no debe sobrepasar los  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tal como establecía el ECA del 2014. Como se aprecia en el material fotográfico (Anexo 4), el filtro usado para el monitoreo se encuentra con un color oscuro con una alta carga de material particulado, se puede determinar que la zona residencial recibe una continua descarga de las partículas emitidas a la atmosfera principalmente del parque automotor, puesto que este lugar está próximo a vías del alto tránsito vehicular, principal generador de material particulado 2.5.
2. De acuerdo al resultado obtenido, se ha determinado que la concentración de material particulado 2.5 es aproximado del orden de  **$28.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$**  teniendo en cuenta un sesgo o error de  $\pm 2 \%$ . El promedio de las concentraciones en esta parte de la capital (Lima este) es de  $27.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dato obtenido sumando lo obtenido en las estaciones de monitoreo de Ate, San Juan de Lurigancho y el Condominio Los Robles dividiendo entre el número de estaciones a comparar.
3. Según los resultados la concentración de material particulado 2.5 no excede lo normado en el D.S. N°003-2017-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias” el cual dispone que las concentraciones diarias no deben sobrepasar los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pero si superarían lo establecido en el ECA D.S. N°003-2008 MINAM (derogado) donde establecía una concentración máxima de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



## RECOMENDACIONES

Es fundamental exigir al estado que cumplan lo normado en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, Artículo I del Título Preliminar donde señala “Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente,(...)” , siendo los combustibles fósiles usados muy ampliamente por el parque automotor en nuestro país, la principal fuente de contaminación, responsable del deterioro de la salud en nuestra capital, sobre todo la utilización del Diesel 2, el cual se debe reducir su alto contenido de azufre, mediante una adecuada refinación, siendo este el principal combustible responsable de la emisión de material particulado 2.5, y así reducir los impactos en la salud.

Uno de los principales inconvenientes para realizar el monitoreo de campo, fue el de conseguir el equipo adecuado, el cual es muy difícil para un alumno que no cuenta con la garantía monetaria frente al alto costo de un muestreador de partículas, y a las exigencias de las consultoras que dan el servicio de alquiler , más de una empresa no respondió a mi requerimiento, para lo cual tuve que presentar una carta de presentación solicitada y emitida por la universidad, gracias a ello pude conseguir rentar dicho equipo además de coordinar con bastante anticipación con el laboratorio donde analizar los filtros y que sean de un material adecuado, para que los resultados sean lo más óptimo, en este caso use un filtro de teflón que es el recomendado por el fabricante del muestreador Partisol 2000.

En una futura investigación, hacer por lo menos cuatro monitoreos anuales, uno en cada estación del año, así comparar con el ECA y determinar el comportamiento de dispersión del material particulado 2.5 de acuerdo a cada fecha monitoreada.

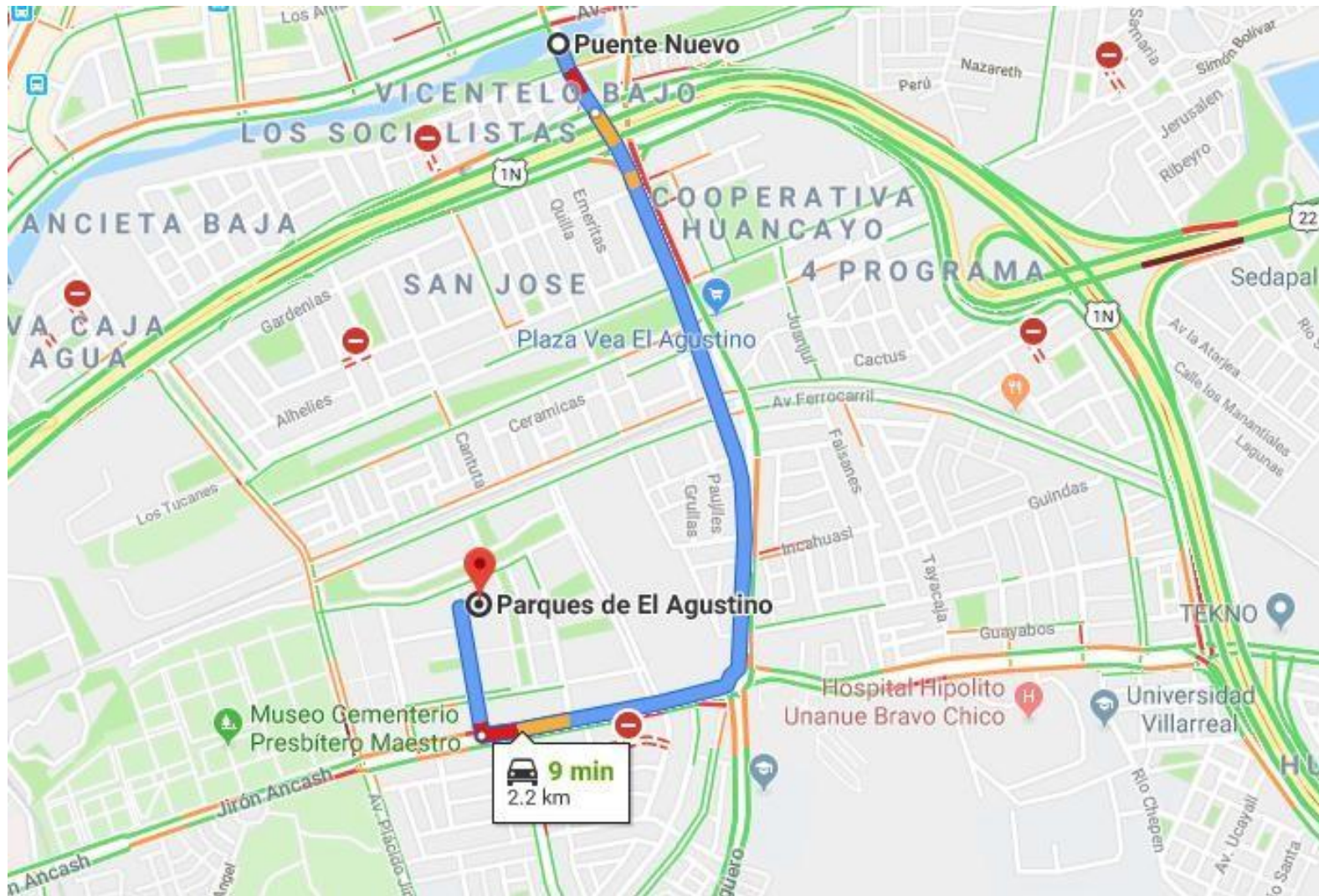
## BIBLIOGRAFÍA

- Angulo R. (Ecuador 2008) "Medición y Evaluación de la calidad de aire en los sectores de Fertiza y Trinidad en Guayaquil a causa del material particulado menor a 10 y 2.5  $\mu\text{g}$ ". recuperado de:  
<https://docplayer.es/89507451-Universidad-nacional-de-loja.html>
- Dirección General de Salud Ambiental Decreto Supremo N° 074-2001-PCM reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire. Recuperado de: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/DS-074-2001-PCM.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/DS-074-2001-PCM.pdf)
- Dirección Regional de Salud Lima este (2015) análisis de situación de salud de la dirección de salud iv lima Este-2015. recuperado de:  
[http://www.limaeste.gob.pe/Virtual2/Direcc\\_Oficinas/OEP/Situacion\\_Salud/Analisis\\_Situac\\_Salud/ASIS%202015%20FINAL.pdf](http://www.limaeste.gob.pe/Virtual2/Direcc_Oficinas/OEP/Situacion_Salud/Analisis_Situac_Salud/ASIS%202015%20FINAL.pdf)
- Dirección General de Salud Ambiental. (2005). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Aire y Gestión de Datos. Recuperado de:  
<http://www.digesa.minsa.gob.pe/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf>
- Fernández R (2008) Metodología de evaluación de la calidad del aire. Recuperado de:  
<https://www.analesranf.com/index.php/mono/article/viewFile/606/623>
- García y Tantaleán (2008) Evaluación del grado de contaminación del aire en el Centro Histórico de Lima. Recuperado de:  
<http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/992>
- Gonzales G. (Lima 2014). "la contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático en la salud de la población peruana recuperado de:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4351992/>
- Linares C (2008) "¿Qué son las PM-2.5 y cómo afectan a nuestra salud?" Recuperado de: <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=17842>
- Organización Mundial de la Salud "Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre".
- Marcano J. (Chile 2016) "Correlación entre las inmisiones y las emisiones de contaminantes".

- Martin P. (Argentina 2005) “Contaminación del aire por material particulado en Buenos Aires”. Recuperado de:  
[https://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n3931\\_Martin.pdf](https://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/tesis_n3931_Martin.pdf)
- Ministerio del Ambiente “Resolución Ministerial 181-2106 MINAM. Índice de Calidad del Aire — INCA” Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-181-2016-MINAM.pdf>
- Ministerio del Ambiente Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire. Recuperado de:  
<http://www.minam.gob.pe/decreto-supremo-n-003-2008-minam/>
- Ministerio del Ambiente Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. - Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. Recuperado de:  
<http://www.minam.gob.pe/decreto-supremo-n-003-2017-minam/>
- Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial “Protocolo Para El Monitoreo Y Seguimiento De La Calidad Del Aire”. Recuperado de:  
<http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391>
- Muñoz R. (México 2000) “Análisis de datos de PM 2.5 registrados con el equipo TEOM en las estaciones Azcapotzalco (AZC) y Santa Úrsula (Sur) de la red automática de monitoreo atmosférico (Rama)” recuperado de:  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliaire/mexicona/R-0205.pdf>
- Ortiz O. (Lima 2015) “La influencia de las variables meteorológicas en la contaminación por material particulado 2.5 en Ate en abril de 2015”.
- Pacsi S. (2016) “Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado pm10 y pm 2.5 en Lima metropolitana”.  
 Recuperado de:  
<http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/699>
- Salinas P. (Chile 2012) “Contaminación atmosférica por material particulado y consultas de urgencia por morbilidad respiratoria en menores de 5 años en la ciudad de Valdivia, periodo mayo-julio del año 2010”. Recuperado de:  
<file:///F:/fms165c.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (2015) recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=calidad-del-aire>

# ANEXOS

### Anexo 1: Plano de Ubicación de la Estación de Monitoreo





## Anexo 2: Estándares de calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m <sup>3</sup> ]	Criterios de evaluación	Método de análisis <sup>(1)</sup>
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	
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) <sup>(2)</sup>	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman.  (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O <sub>3</sub> )	8 horas	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 más 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	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

NE: No Exceder.

<sup>(1)</sup> o método equivalente aprobado.

<sup>(2)</sup> El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

### Guías Organización Mundial de la Salud

PM 2.5	10 µg /m <sup>3</sup> , media anual
	25 µg /m <sup>3</sup> , media de 24 horas
PM 10	20 µg /m <sup>3</sup> , media anual
	50 µg /m <sup>3</sup> , media de 24 horas



## Anexo 4 A: Monitoreo



Instalación del equipo (Partisol 2000)



Filtro de teflón



Instalación del filtro en el impactador



Equipo en funcionamiento



## Anexo 4 B



Registrando a la 00 horas



Verificando a las 6.00 horas (27/03/2019)

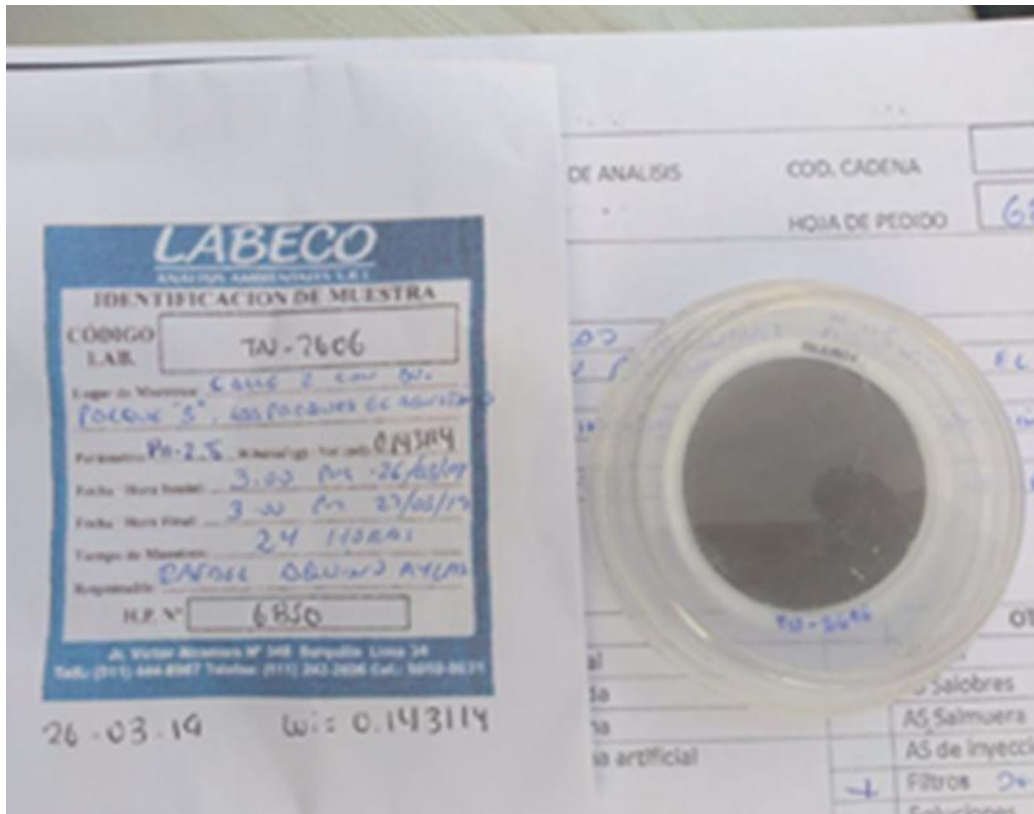


Apagado del equipo



Retiro del filtro

## Anexo 4 C



Filtro listo para el laboratorio

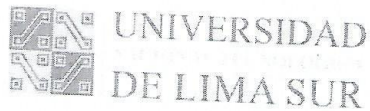


Filtro impactado con PM 2.5



Desinstalación del equipo

## Anexo 5: Solicitud de información a SENAMHI



"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

Villa El Salvador, 28 de marzo de 2019

CARTA N°018-2019-UNTELS-CO-V.ACAD-FIG-EIA

Señor:

**Dr. Ken Takahashi**

Presidente ejecutivo

**Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI**

Presente. -

**Asunto: Solicitud de Información Meteorológica de las Estaciones de San Juan de Lurigancho, Ate y Campo de Marte del 26 y 27 de marzo del 2019.**

De mi especial consideración para dirigirme a usted y expresarle mis cordiales saludos a nombre de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, asimismo, para hacer de su conocimiento que en nuestra universidad se forman profesionales íntegros en lo científico, académico, tecnológico y humanístico.

Conocedores de su voluntad hacia el desarrollo de investigación, consideramos conveniente presentar a nuestro (a) alumno (a) **AQUINO AYLAS RAFAEL RICARDO**, egresado, de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL, a fin de facilitar el acceso de la información al siguiente correo: [rafoaquino@gmail.com.pe](mailto:rafoaquino@gmail.com.pe), sobre la Información Meteorológica de material particulado 2.5 de las Estaciones de San Juan de Lurigancho, Ate y Campo de Marte del 26 y 27 de marzo del 2019, requerida para la realización de su trabajo de suficiencia profesional titulado: "RIESGOS POR INMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO 2.5 EN EL CONDOMINIO LOS ROBLES DEL DISTRITO DE EL AGUSTINO".

Sin otro en particular le reiteramos el agradecimiento por el apoyo brindado a nuestra Institución.

Atentamente,



**ING. MAG. DR. GUILLERMO VILCHEZ OCHOA**

Responsable de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental  
EIA

P.J. Villa El Salvador Mz. A, Sub lote 3, Grupo 1, Sector 3 (cruce Av. Central y Av. Bolivar) - Villa El Salvador  
[www.untels.edu.pe](http://www.untels.edu.pe)



## Anexo 6 A: Reporte Senamhi de calidad del aire PM 2.5

Estimado Sr. Rafael Aquino Aylas,

En respuesta al expediente N° 2019-0002294 mediante el cual solicita información de material particulado menor a 2.5 micrómetros (PM2.5) correspondiente al período 26 y 27 de marzo del año en curso, se envía adjunto el archivo de datos.

Por favor confirmar la recepción.

Atte,

--

	<b>Rosalinda Aguirre Almeyda</b> Asistente en Computación e Informática Subdirección de Evaluación Ambiental Atmosférica Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica SENAMHI - PERÚ	D: Jr. Cahuide 785 - Lima - Perú T: (511) 6141414 Anexo 444 C: 945116934 / RPM: *500581 E: <a href="mailto:roaguirre@senamhi.gob.pe">roaguirre@senamhi.gob.pe</a> W: <a href="http://www.senamhi.gob.pe">www.senamhi.gob.pe</a>

**Estación:** ATE

**Dirección:** Palacio Municipal Ate, Carretera Central Km 7.5

**Coordenadas:** Lat.: 12°1'34" S Long.: 76°55'7" W - Alt.: 362 msnm.

VER FICHA		CONCENTRACIONES			ESTADOS		ESTADISTICOS
Fecha	Hora	PM 2,5 µg / m <sup>3</sup>	PM 10 µg / m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> µg / m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg / m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> µg / m <sup>3</sup>	CO µg / m <sup>3</sup>
28/03/2019	06:00	26.44		4.24	28.97	5.61	2,493.20
28/03/2019	05:00	28.98		4.44	28.39	5.53	2,569.10
28/03/2019	04:00	33.35		4.69	28.93	5.64	2,633.50
28/03/2019	03:00	27.94		4.95	29.29	5.37	2,642.70
28/03/2019	02:00	25.96		5.35	28.07	5.71	2,674.90
28/03/2019	01:00	22.61		4.98	29.38	5.66	2,725.50
28/03/2019	00:00	21.08		5.31	28.93	5.40	2,688.70
27/03/2019	23:00	17.82		5.23	32.15	5.68	2,589.80
27/03/2019	22:00	14.61		4.79	32.34	5.37	2,470.20
27/03/2019	21:00	15.34		3.97	32.84	5.22	2,439.15
27/03/2019	20:00	16.48		5.27	34.99	5.48	2,441.45
27/03/2019	19:00	21.40		5.50	39.48	5.74	2,326.45
27/03/2019	18:00	14.27		5.97	45.55	7.40	2,323.00
27/03/2019	17:00	10.11		4.90	55.25	14.36	2,260.90
27/03/2019	16:00	24.43		5.28	56.81	24.01	2,258.60
27/03/2019	15:00	21.58		4.65	53.71	31.46	2,248.25
27/03/2019	14:00	25.09		6.96	62.79	36.67	2,326.45
27/03/2019	13:00	30.36		8.17	69.64	41.65	2,488.60
27/03/2019	12:00	34.93		9.30	78.72	35.24	2,669.15

## Anexo 6 B

**Estación:** SAN JUAN DE LURIGANCHO

**Dirección:** Universidad Cesar Vallejo de S.J.L, Av. Del Parque cdra. 06, Urb. Canto Rey

**Coordenadas:** Lat.: 11°58'53.89" S Long.: 76°59'57.29" W - Alt.: 240 msnm.

VER FICHA		CONCENTRACIONES			ESTADOS		ESTADISTICOS
Fecha	Hora	PM 2,5 µg / m <sup>3</sup>	PM 10 µg / m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> µg / m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg / m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> µg / m <sup>3</sup>	CO µg / m <sup>3</sup>
27/03/2019	21:00	15.51		4.59	17.54	0.65	2,786.45
27/03/2019	20:00	13.03		4.49	17.16	0.68	2,718.60
27/03/2019	19:00	29.72		5.26	19.76	0.49	2,862.35
27/03/2019	18:00	24.46		6.27	27.99	0.79	2,618.55
27/03/2019	17:00	20.95		5.47	27.15	0.91	2,379.35
27/03/2019	16:00	19.82		9.04	21.02	1.60	2,204.55
27/03/2019	15:00	14.71		6.80	13.26	2.62	2,121.75
27/03/2019	14:00	15.50		7.06	17.13	5.63	2,148.20
27/03/2019	13:00	19.98		8.52	21.75	4.93	2,225.25
27/03/2019	12:00	19.02		9.90	31.06	4.62	2,309.20
27/03/2019	11:00	21.11		7.91	51.29	2.48	2,521.95
27/03/2019	10:00	35.62		9.80	72.06	1.50	2,885.35
27/03/2019	09:00	72.24		15.33	78.55	1.24	3,314.30
27/03/2019	08:00	45.89		11.87	56.74	1.06	3,459.20
27/03/2019	07:00	31.93		9.45	23.27	1.20	3,207.35
27/03/2019	06:00	27.01		7.08	14.27	1.01	2,708.25
27/03/2019	05:00	24.02		6.36	15.01	0.90	2,424.20
27/03/2019	04:00	35.82		6.31	17.07	0.89	2,458.70
27/03/2019	03:00	37.20		7.71	17.77	0.92	2,734.70
27/03/2019	02:00	23.03		7.95	16.96	0.93	2,843.95
27/03/2019	01:00	28.27		8.57	16.68	0.68	2,801.40
27/03/2019	00:00	25.30		9.00	16.94	0.83	2,843.95
26/03/2019	23:00	32.53		7.30	16.32	0.76	2,892.25
26/03/2019	22:00	29.79		6.53	16.96	0.87	3,055.55
26/03/2019	21:00	24.95		5.44	21.36	0.78	2,818.65
26/03/2019	20:00	27.82		4.58	23.27	0.69	2,730.10
26/03/2019	19:00	25.08		5.21	20.53	0.75	2,958.95
26/03/2019	18:00	13.66		4.44	24.48	0.62	2,745.05
26/03/2019	17:00	10.13		3.80	25.38	0.76	2,406.95
26/03/2019	16:00	12.49		4.13	19.27	1.00	2,285.05
26/03/2019	15:00	13.58		3.95	17.07	1.83	2,218.35
26/03/2019	14:00	22.27		5.18	22.30	2.31	2,268.95
26/03/2019	13:00	14.81		7.04	24.42	2.71	2,239.05
26/03/2019	12:00	10.63		12.32	32.43	2.84	2,349.45
26/03/2019	11:00	18.85		9.64	44.20	2.10	2,463.30

## Anexo 7: Informes de Ensayo

# LABECO

ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.

### INFORME DE ENSAYO N° 0467-19<sup>1</sup>

Solicitante : RAFAEL RICARDO AQUINO AYLA  
Dirección del Solicitante : Calle 2 con Av. Parque "3" Los Robles - El Agustín  
Atención : Proyecto de Investigación  
Proyecto : Evaluación por Inmisión de PM-2.5, en el Condominio Los Robles  
Lugar de Muestreo : Estacionamiento del Condominio Los Robles  
Tipo de Muestra : Aire  
Fecha de Monitoreo : 26/03/19  
Fecha de Recepción de Muestra : 27/03/19  
Fecha de Inicio de Análisis : 27/03/19  
Fecha de Término de Análisis : 28/03/19

#### CALIDAD DE AIRE

Código de Laboratorio	Código de Cliente	Peso Inicial PM-2.5 g	Peso Final PM-2.5 g
0467-1	TN-2608	0,143114	0,143508

- Muestra tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.

#### Método de Análisis:

PM-2.5: Según EPA 40 CFR Appendix L, to part 60 2010, Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as PM2.5 in Atmosphere. Válidos. (LB-PM)-13).

  
  
Ing. Pedro Torreal Talavera  
CIP 144914  
Supervisor de Emisión de Informes de Ensayo C/CA

Lima, 29 de Marzo de 2019.

- Nota 1: El presente documento solo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.  
Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".  
Nota 3: La(s) muestra(s) y correspondiente se mantendrá por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.  
Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el periodo de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.  
Nota 5: Toda consulta o ampliación hecha al presente Informe de Ensayo será emitida con la declaración "Suplemento al Informe de Ensayo".  
Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.  
Nota 7: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.  
Nota 10: El superíndice "1" perteneciente al título de Informe de Ensayo se está considerando para los parámetros que no están dentro del Alcance Acreditado.

—seeDoc—

LB-F-14

Página 1 de 1  
Revisión: 20

Av. Victor Alzamora 340, Urb. Barrio Médico  
Sunguillo - Lima  
Teléfonos: 242-2895 / 444-5987  
web: www.labecoperu.com  
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

## Anexo 8: Certificado de Acreditación de Laboratorio - INACAL

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE, OTORGA la presente Renovación de la Acreditación a:

**LABECO ANALISIS AMBIENTALES S.R.L.**

En su calidad de Laboratorio de Ensayo

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2008 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-177, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

Sede Acreditada: Av. Victor Alzamora N° 348 - Surquillo - Lima, provincia de Lima y departamento de Lima.

Fecha de Renovación: 23 de septiembre de 2016  
Fecha de Vencimiento: 23 de septiembre de 2020

Registro N° LE - 034  
Fecha de emisión: 26 de octubre de 2016  
DA-acr-05P-02M Ver. 00

  
Augusto Nello Paredes  
Director - Dirección de Acreditación



## Anexo 9: Certificados de Calibración del Equipo de Monitoreo



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 493-18

<b>EQUIPO</b>	INSTRUMENTO DE PARTICULAS BAG VOLUMEN	<b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b>	21 de Octubre del 2018
<b>PERTENECIENTE A</b>	SAC S.P.A.	<b>LUGAR DE CALIBRACIÓN</b>	Laboratorio ECOSISTEM
<b>FABRICANTE</b>	THERMO SCIENTIFIC	<b>TEMPERATURA</b>	20°C
<b>MODELO</b>	PARTICOL 2000	<b>HUMEDAD</b>	70%
<b>SERI N°</b>	201820240001		

**TRAZABILIDAD:** Se a utilizado el calibrador de Marca: AP BUCK modelo M30 SN: 221345 que cuenta con Trazabilidad NIST con certificado vigente hasta 03/2019

### PROCEDIMIENTO:

Calibración multipunto de flujo comparado con calibrador según indicaciones del fabricante.

Parámetro	Diferencia Máx Permisible +	Valor del Equipo	Valor Calibrador	Diferencia	Observaciones
Flujo 1 (l/min)	5%	23.05	23.02	-0.03	-----
Temp. Fluo. 1 (°C)	±0°C	27.6	27.7	0.10	-----
Pres. Fluo.1(mmHg)	±0.00mmHg	75.0	75.0	-0.00	-----
Flujo 2 (l/min)	5%	20.72	20.76	0.04	-----
Temp. Fluo. 2 (°C)	±0°C	28.7	28.8	0.10	-----
Pres. Fluo.2(mmHg)	±0.00mmHg	75.0	74.8	-0.20	-----
Flujo 3 (l/min)	5%	1.7	1.75	0.05	-----
Temp. Amb(°C)	±0°C	28.3	28.1	-0.20	-----
Pres. Amb(mmHg)	±0.00mmHg	75.0	75.0	0.00	-----

\* según indicado en el manual del equipo

CALIBRACION	VALOR REQUERIDO	VALOR EQUIPO	VALOR CALIBRADOR	BIENES	CALIBRACION FLUJO PM10	
FLUJO 01	13.50	13.53	13.50	0.03	ALPH	1.01
FLUJO 02	13.00	13.02	13.00	0.02	INTERCEPT	-0.08
FLUJO 03	18.50	18.51	18.50	0.01		

CALIBRACION	VALOR REQUERIDO	VALOR EQUIPO	VALOR CALIBRADOR	BIENES	CALIBRACION FLUJO PM2.5	
FLUJO 01	1.50	1.50	1.50	0.00	ALPH	0.00
FLUJO 02	1.67	1.68	1.67	-0.01	INTERCEPT	0.11
FLUJO 03	1.80	1.80	1.81	-0.01		

### OBSERVACIONES:

El equipo está dentro de los rangos aceptables siendo la diferencia en caudal de aspiración de 0,66% a 0,00% para PM10 y de 1,74% a 0,00% para PM2,5 la diferencia de la temperatura ambiental es de 0,1°C a 2,00°C y la diferencia de presión Ambiental de 0,00mmHg a 10,00mmHg - Ecosistem SAC certifica que el instrumento ha sido inspeccionado y calibrado por nuestros ingenieros calificados y cumple con las especificaciones de calidad establecidas por la norma nacional vigente.

Valió

ECOSISTEM S.A.C.  
MARCELO TUARCAYA TAPE  
JEFE DE LABORATORIO



## Anexo 10: Cotización del equipo en alquiler



RUC: 20602343155

GINUS SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C.  
 Jr. Los Huertos N° 1015 Urb. San Hilarión - Lima 30 - Perú  
 Teléfonos: (0511) 621-6642 / 980-330-106  
 info@ginus.pe - proyectos@ginus.pe  
 www.ginus.pe

**COTIZACIÓN**  
 N° Cotización: R.E. 228-03-2019  
 Fecha: 25/03/2019

EMPRESA: **Rafael Ricardo Aquino Aylas** PROYECTO: **TESIS TITULACIÓN**  
 DIRECCIÓN: **El aguafino - condominio los robles (calle 2 con avenida parque B)** ATENCIÓN: **Rafael Aquino**  
 RUC: **10205762111** E-MAIL: [rafaelac@msn.com](mailto:rafaelac@msn.com)  
 TELEFONO: CELULAR: **980 334 344**

Estimado (a): Por intermedio de la presente permitamos presentarle la cotización solicitada para:

### RENTA DE EQUIPOS PARA MONITOREO AMBIENTAL - OCUPACIONAL

#### PROPUESTA ECONOMICA

DESCRIPCION	N° EQUIPOS	N° DIAS	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
<b>RENTA DE EQUIPOS PARA MONITOREO AMBIENTAL</b>				
1.00 Renta de equipos				
1.10 MUESTREADOR DE PARTICULAS THERMO SCIENTIFIC LOWLOL PM2.5	1	1	S/180.00	S/180.00
			<b>SUB TOTAL:</b>	<b>S/180.00</b>
			<b>IGV(18%):</b>	<b>S/32.40</b>
			<b>TOTAL:</b>	<b>S/212.40</b>

#### CONDICIONES GENERALES

- El pago por el servicio: **100% adelantado**
- De ser aceptada la Propuesta Económica, agradeceremos remitirnos la aceptación del servicio.
- El cliente asume la responsabilidad sobre los daños o pérdida parcial o total del equipo
- Se otorga días de tránsito al recibo y devolución de los equipos
- Puede ser cancelada mediante depósito en nuestra cuenta indicada a continuación

ENTIDAD BANCARIA	MONEDA	CUENTA CORRIENTE	CODIGO DE CUENTA INTERBANCARIA
BCP	SOLES	191-2451803-0-85	002-29100245180306553

- El pago de la deducción deberá efectuarse en nuestra cuenta bancaria, siempre y cuando el monto supere los S/.700.00 Soles

ENTIDAD BANCARIA	MONEDA	CUENTA DE DETRACCIONES
BANCO DE LA NACION	SOLES	00-004-121502

- Después de realizado el pago por el servicio, deberá enviar el comprobante de pago incluyendo el pago de deducciones (escaneado vía e-mail) a la dirección de correo electrónico: [info@ginus.pe](mailto:info@ginus.pe) - [renta@ginus.pe](mailto:renta@ginus.pe)

#### CONSIDERACIONES A TOMAR EN CUENTA

- Remitir la aceptación del servicio al siguiente correo [info@ginus.pe](mailto:info@ginus.pe) - [renta@ginus.pe](mailto:renta@ginus.pe)



TRABAJAMOS PARA UN MUNDO MEJOR

## Anexo 11: Constancia de participación en el programa



### **CONSTANCIA DE PARTICIPACIÓN AL II PROGRAMA DE LA MODALIDAD DE TITULACIÓN POR TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

*N° 002-2019-UNTELS-CO-V-ACAD-II PTTSP*

*El Presidente del II Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional, hace constar que el señor:*

***Bach. AQUINO AYLAS, RAFAEL RICARDO***

*Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental con D.N.I N° 20576211; se encuentra actualmente participando en el II Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional, desde el inicio del programa siendo el día viernes 08 de enero del 2019 hasta la fecha de sustentación con fecha sábado 01 y domingo 02 de junio del presente; con el proyecto titulado: "EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO 2.5 (PM 2.5), EN EL CONDOMINIO LOS ROBLES DE EL AGUSTINO DURANTE EL VERANO 2019".*

*Se expide la presente CONSTANCIA a solicitud del interesado, para los fines que estime convenientes.*

*Villa El Salvador, 28 de febrero de 2019*



**Dr. VALENZUELA ANDRADE, WILDER ESPIRITU**  
*Presidente del II Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional*