

**UNIVERSIDAD PERUANA DE LAS AMÉRICAS**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



Evaluación de la contaminación ambiental para mejorar la  
calidad de vida de la población de la zona del Cercado de Lima,  
2019.

Dra. Consuelo Negrón Martínez  
Ing. Manuel Herrera Martínez  
Alumno: Leonardo Inga Domínguez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Gestion de operaciones, producción industrial y de  
servicios

LIMA, PERU

Noviembre, 2019

<b>Caratula</b>	
<b>Tabla de contenidos</b>	
<b>Capítulo I: Problema de la Investigación</b>	3
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	4
1.2 Planteamiento del Problema	5
1.2.1. Problema general	8
1.2.2. Problemas específicos	8
1.3 Objetivos de la Investigación	9
1.3.1 Objetivo general.	10
1.3.2 Objetivos específicos.	10
1.4. Justificación e Importancia	10
<b>Capítulo II: Marco Teórico</b>	13
2.1 Antecedentes del Problema	13
2.1.1 Internacionales	13
2.1.2 Nacionales	17
2.2. Definición de términos básicos	19
<b>Capítulo III: Metodología de la Investigación</b>	29
3.1 Protocolo de monitoreo de la calidad del aire	29
3.1.1 Toma de datos	31
3.1.2 Selección de parámetros a muestrear	35
3.2 Muestreadores Pasivos	35
3.3 Listado de equipos de medición	36
<b>Capítulo IV: Resultados</b>	39
<b>Capítulo V : Conclusiones</b>	42
<b>Referencias bibliográficas</b>	44
<b>Anexos</b>	

## RESUMEN

La ciudad de Lima presenta cada día mayor contaminación, siendo esta la causa del incremento de las enfermedades respiratorias. La OMS advierte sobre el daño en el desarrollo neurológico, psíquico y motor que genera la contaminación del aire, asimismo el 93% de la población mundial de niños está expuesta a niveles de partículas finas PM2.5 por encima de lo permitido. El 40% de la población mundial está expuesta a elevados niveles de contaminación de aire en su hogar debido a la quema de leña, carbón y otros desechos sólidos. La contaminación del aire y del entorno de los pobladores de Lima Cercado está generando el aumento de enfermedades cerebrovasculares, cánceres de pulmón, neuropatías crónicas y agudas, como el asma. La contaminación del aire no solo se da por la contaminación de partículas sino también por la presencia de Dióxido y Monóxido de Carbono, Nitratos, Sulfatos, Radiación electromagnética, Radiación UV, ruido y otras sustancias. En esta investigación se hace un diagnóstico en base a mediciones sistémicas que se realizan en Lima Cercado, determinándose que la contaminación sobrepasa largamente los porcentajes contemplados por la OMS. Concluyendo que es necesario desarrollar políticas públicas que contribuyan en mejorar las condiciones del aire que se respira en Lima Cercado, estas políticas deben involucrar a los diferentes ministerios para un trabajo conjunto, el Ministerio de la Mujer y Poblaciones vulnerables sensibilizando a las familias para el uso de combustibles no contaminantes en la elaboración de sus alimentos, el Ministerio del Ambiente para promover políticas de sostenibilidad ambiental, el Ministerio de Educación para que reubique a los niños que van a colegios cercanos a lugares con mayor exposición a la contaminación, que se difunda en todos los niveles educativos el Ministerio de Energía y Minas para promover la normatividad del uso de combustibles no contaminantes y energías renovables, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para trabajar en vehículos eléctricos de transporte masivo. También los Municipios tienen un papel importante, pues son los encargados de gestionar los residuos sólidos, como la basura, que muchas veces es quemada generando muy alta contaminación además de la existente, el Serenazgo en los distritos interviene cuando hay contaminación sonora, los vecinos deben estar sensibilizados de la importancia de la sostenibilidad del medio ambiente en lo concerniente a la contaminación de aire que respiramos. La contaminación ambiental también se da también en el interior de las viviendas, debido a que las familias utilizan el carbón o la quema de residuos sólidos para cocinar sus alimentos, mujeres embarazadas están respirando humo de tabaco lo que les causa partos prematuros y/o problemas respiratorios a niños entre pocos meses y 5 años. En el caso de Lima Cercado es común la venta ambulante y en restaurantes de alimentos cocinados al carbón o a la leña que estarían contribuyendo a contaminar el aire o poner en peligro a la gente que trabaja en esos lugares, en el caso del aire doméstico, se debe tener cuidado en usar tecnologías limpias para cocinar teniendo en cuenta las horas que pasan las personas en la cocina cuando preparan los alimentos. La celebración de fiestas quemando pólvora, para fuegos artificiales, también contribuye a contaminar altamente el aire que respiramos, propiciando enfermedades bronquiales. En suma se trata de sensibilizar, proponer que la sostenibilidad ambiental es vital para la salud de toda la población peruana. Las emisiones de sulfuros y nitratos en Lima Metropolitana es alta debido a la gran cantidad de autos con mucho tiempo de antigüedad, la política de gravar con impuestos a los autos nuevos, debe ser al revés, debería exonerarse a los autos nuevos y poner impuestos a los autos más antiguos. La política de pico y placa debe extenderse hasta sábados y domingos, pues es en estos días que hay gran cantidad de tráfico y congestión vehicular contaminando la ciudad. Los materiales particulado son tan pequeños que pueden traspasar las mucosas y dañar nuestros pulmones, corazón y cerebro. En suma los principales contaminantes son : las partículas, que son una mezcla de líquido y sólido procedente principalmente de la quema de combustibles, el dióxido de nitrógeno procedente del tránsito rodado, el ozono a nivel del suelo, causado por la reacción de la luz solar con los contaminantes de los establecimientos industriales y los gases emitidos por vehículos a petróleo o diésel; el dióxido de azufre que es un gas invisible procedente

de la quema de combustible fósil como el carbón. La población más vulnerable son los niños, quienes están más expuestos a las enfermedades respiratorias, pues en Lima Cercado no hay lluvias y vientos que purifiquen el ambiente por lo que la contaminación del aire, los ambientes con poca ventilación y la alta humedad crean condiciones propicias para el desarrollo del moho ambiental y la presencia de ácaros. Cáncer y disfunción cognitiva en lactantes, niños y adolescentes son la consecuencia de respirar aire contaminado. En el Perú se deben proponer políticas ambientales a partir de todos los ministerios, con medidas paralelas.

Palabras clave: Contaminación del aire, nitratos, sulfatos, monóxidos, dióxidos, radiación UV, radiación electromagnética, sostenibilidad, sensibilización

## ABSTRACT

The city of Lima is increasingly polluted, this being the cause of the increase in respiratory diseases. The WHO warns about the damage to the neurological, psychic and motor development caused by air pollution, and 93% of the world's population of children is exposed to PM2.5 fine particle levels above what is allowed. 40% of the world's population is exposed to high levels of air pollution in their home due to burning wood, coal and other solid waste. The pollution of the air and the environment of the inhabitants of Lima Cercado is generating the increase in cerebrovascular diseases, lung cancers, chronic and acute neuropathies, such as asthma. Air pollution is not only due to particle contamination but also by the presence of Carbon Dioxide and Monoxide, Nitrates, Sulfates, Electromagnetic Radiation, UV Radiation, noise and other substances. In this investigation, a diagnosis is made based on systemic measurements carried out in fenced Lima, determining that the contamination greatly exceeds the percentages contemplated by the WHO. Concluding that it is necessary to develop public policies that contribute to improving the conditions of the air that is breathed in fenced Lima, these policies should involve the different ministries for joint work, the Ministry of Women and Vulnerable Populations sensitizing families for use of non-polluting fuels in the preparation of their food, the Ministry of Environment to promote environmental sustainability policies, the Ministry of Education to relocate children who go to schools close to places with greater exposure to pollution, which is disseminated in all educational levels the Ministry of Energy and Mines to promote the regulation of the use of non-polluting fuels and renewable energy, the Ministry of Transportation and Communications, to work in electric vehicles of mass transport. Municipalities also have an important role, as they are responsible for managing solid waste, such as garbage, which is often burned generating very high pollution in addition to the existing one, the Serenazgo in the districts intervene when there is noise pollution, neighbors must be aware of the importance of environmental sustainability in regard to the air pollution we breathe. Environmental pollution also occurs inside homes, because families use coal or burning solid waste to cook their food, pregnant women are breathing tobacco smoke causing premature births and / or problems respiratory to children between a few months and 5 years. In the case of Lima Cercado it is common to sell outpatient and in restaurants of food cooked on charcoal or firewood that would be contributing to pollute the air or endanger the people 4 who work in those places, in the case of domestic air, You should be careful to use clean technologies for cooking, taking into account the hours people spend in the kitchen when preparing food. The celebration of parties burning gunpowder, for fireworks, also contributes to highly pollute the air we breathe, causing bronchial diseases. In sum, it is about raising awareness, proposing that environmental sustainability is vital for the health of the entire Peruvian population. Emissions of sulfides and nitrates in Metropolitan Lima is high due to the large number of cars that are very old, the policy of taxing new cars must be the other way around, new cars should be exempted and taxes on The oldest cars. The peak and license plate policy should be extended until Saturdays and Sundays, as it is these days that there is a lot of traffic and vehicular congestion polluting the city. The particulate materials are so small that they can pass through the mucous membranes and damage our lungs, heart and brain. In sum, the main pollutants are: the particles, which are a mixture of liquid and solid mainly from burning fuels, nitrogen dioxide from road traffic, ground-level ozone, caused by the reaction of sunlight with the contaminants of the industrial establishments and the gases emitted by vehicles to petroleum or diesel; sulfur dioxide which is an invisible gas from the burning of fossil fuel such as coal. The most vulnerable population are children, who are most exposed to respiratory diseases, because in Lima Cercado there are no rains and winds that purify the environment so that air pollution, low ventilation environments and high humidity create favorable conditions for the development of environmental mold and the presence of mites. Cancer and cognitive dysfunction in infants, children and adolescents are the consequence

of breathing contaminated air. In Peru, environmental policies should be proposed from all ministries, with parallel measures.

**Keywords:** Air pollution, nitrates, sulfates, monoxides, dioxides, UV radiation, electromagnetic radiation, sustainability, sensitization.

## Capítulo I: Problema de la investigación

### Problema de la Investigación

El ser humano desde la antigüedad, hasta nuestros días ha provocado cambios importantes en la tierra, el calentamiento global, el agotamiento de la capa de ozono, la lluvia ácida o los impactos toxicológicos como consecuencia de la presencia de sustancias nocivas en el aire son las consecuencias más reseñables de la interacción del hombre con el medio ambiente atmosférico.

Actualmente en la ciudad de Lima, existe una alta contaminación ambiental debido a las partículas de polvo de tamaño menores que una micra, la radiación UV que atraviesa la capa de atmósfera dañada por el efecto invernadero, el dióxido de nitrógeno, que afecta al sistema respiratorio, los metales pesados, de la actividad industrial o minería ilegal, la contaminación electromagnética debida a las antenas y al wifi.

Las contaminaciones por vectores químicos generan daños en el cuerpo humano, especialmente a las vías respiratorias, manifestándose como alergias, constantes resfríos, tos, malestares estomacales, y en lo referente a la contaminación por radiación electromagnética la exposición constante produce cansancio, pérdida de sueño, ansiedad y depresión. Cuando la exposición es constante, personas que trabajan estando expuestas a más de ocho horas diarias, entonces el riesgo es mayor, apareciendo enfermedades pulmonares crónicas y agudas, enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón.

Según la OMS, el problema de la contaminación ambiental es un problema de higiene que involucra a todos, a los países desarrollados y a los que están en vías de desarrollo.

En Europa, se han formado diversas agrupaciones, para sensibilizar a los gobiernos de los daños que causan las radiaciones electromagnéticas sobretodo en poblaciones vulnerables, niños, madres gestantes, ancianos, personas enfermas, etc.

Se recomienda utilizar cada vez más, vehículos que no utilicen combustibles fósiles, así como también no cocinar con leña ni carbón pues contaminan altamente el aire.

Nuestro país, tiene una economía emergente, se utilizan diversos tipos de combustibles, no se ha normado el uso por lo tanto en zonas de Lima y alrededores hay muchos habitantes que contaminan al utilizar productos que al combustionar generan partículas por millón, en más de  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Los orígenes de la contaminación atmosférica están asociados a una gran variedad de fuentes de emisión. La distribución espacial y temporal final de los contaminantes químicos en la atmósfera está determinada por procesos dinámicos, como son las transformaciones químicas, los fenómenos de transporte y la deposición (absorción, adsorción, precipitación o arrastre) hacia la superficie litosférica, la hidrosfera y los seres vivos. Las emisiones pueden proceder de fuentes o fenómenos naturales tales como volcanes, incendios forestales, procesos de descomposición de la materia orgánica así como consecuencia de la actividad humana, concentrada en asentamientos humanos o en complejos industriales que utilizan combustibles fósiles, los vehículos y los procesos industriales en general. Los contaminantes se generan por las reacciones químicas y fotoquímicas. El transporte de partículas se lleva a cabo generalmente por movimientos advectivos de pequeña y gran escala, incluyendo los fenómenos convectivos (movimientos verticales producidos por desequilibrios térmicos) y movimientos de mezcla asociados a fenómenos de turbulencia. La deposición húmeda o absorción de sustancias ácidas por el agua de la atmósfera forma las denominadas lluvia o niebla ácidas, mientras que en la deposición seca, los contaminantes se retienen en el suelo por absorción o reacción con materiales litosféricos o la vegetación. Dichos procesos constituyen los sumideros más importantes de estas sustancias.

Otra fuente de material particulado que llega hasta Perú, se debe a tormentas de polvo en el norte de África, transportándose grandes cantidades de polvo hasta el Caribe, sudeste

de Estados Unidos, Venezuela , Colombia, Brasil, Perú, estas corrientes de polvo se dan entre junio, y agosto, esta masa de polvo es fina, es decir partículas con menos de  $2.5\ \mu\text{m}$  de diámetro (Prospero ,2003).La deposición del polvo afecta la calidad del aire y es perjudicial para las poblaciones vulnerables pues las partículas finas se alojan en los pulmones.

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

El Cercado de Lima es una zona del Centro de la capital del Perú que tiene una superficie de 21.98 Km<sup>2</sup>, pertenece a la Provincia de Lima, Capital del Perú, es una zona de paso obligado para trasladarse desde los conos de Norte a Sur y viceversa. Se denomina Cercado de Lima la zona que estuvo rodeada por las Murallas de Lima, hasta el siglo XIX.



**Figura 1. Mapa del Cercado de Lima.  
Fuente: Google Maps**

Entre los contaminantes atmosféricos que en la actualidad revisten mayor interés se encuentran los óxidos de nitrógeno, debido a los efectos irritantes sobre las vías respiratorias y porque son conocidos como oxidantes fotoquímicos, los cuales son también muy perjudiciales, la concentración de estos gases ha aumentado como consecuencia de la utilización masiva de procesos de combustión para la obtención de energía y por el incremento de los parques automovilísticos de la mayoría de las ciudades. Para realizar estas mediciones, se hace necesario contar con equipos que permitan monitorear las concentraciones ambientales de los contaminantes atmosféricos con el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente.



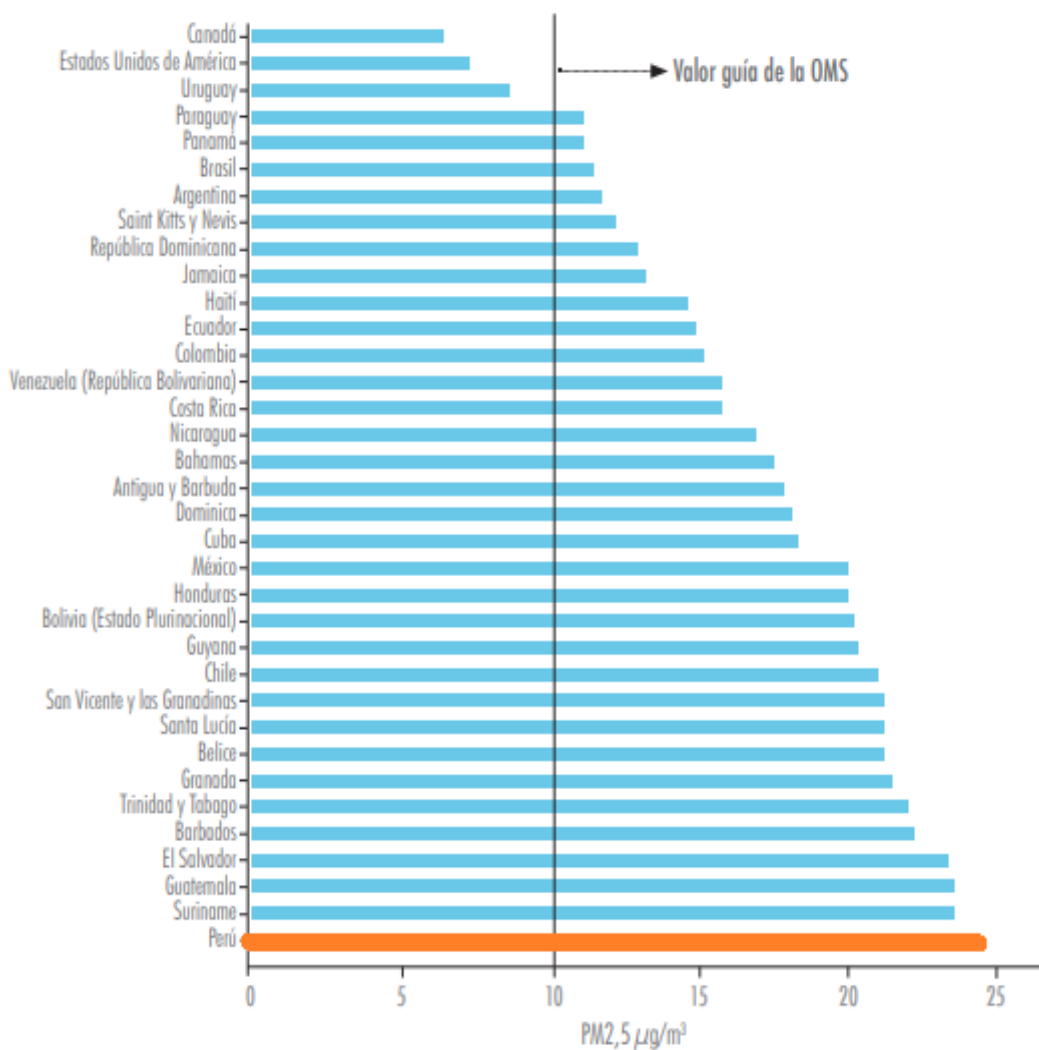
La tala y quema de bosques es una práctica común, para convertir el bosque húmedo en tierra agrícola y para su posterior mantenimiento, durante los incendios, las partículas en el ambiente y las concentraciones de monóxido de carbono son altas e invariablemente exceden a las normas de calidad del aire (Reinhardt,2001; Arbex,2004). Los incendios representan una significativa fuente de contaminación, aunque la mayoría ocurre en áreas rurales, donde los problemas derivados del tráfico o de la industria son menos posibles. El viento puede acarear partículas a miles de kilómetros, lo que contamina el aire en las zonas urbanas. La exposición puede afectar a las poblaciones vulnerables de la población, como asmáticos o quienes tienen dolencias crónicas. La rápida industrialización, el creciente número de vehículos en circulación ha producido el aumento de la quema de combustibles fósiles para satisfacer la demanda de energía. El material particulado (MP) es el principal contaminante en la quema de combustibles fósiles. En las áreas urbanas, el MP primario consiste principalmente del carbón (hollín) que emiten los carros, camiones y equipo pesado, el material del camino sin asfaltar y de las operaciones de la molienda de piedras, de construcción y de la metalurgia. El MP secundario se forma en la atmósfera con partículas finas de los gases e incluye a los sulfatos, nitratos y carbón (Suh, 2000).

## 1.2 Planteamiento del problema

Las partículas contaminantes están formadas por una mezcla de ‘partículas gruesas’ y material más pequeño llamado ‘partículas finas’. Las dos fracciones tienen diferente origen y composición, las gruesas tienen 2.5µm de diámetro hasta más de 40 µm.

La OMS, en su informe sobre Contaminación del Aire: El principal riesgo para la salud, sostiene que 9 de cada 10 personas en el mundo respiran un aire que no cumple con los estándares de calidad de aire (p.14), por diversos motivos, ya sea por una contaminación ambiental exterior en zonas urbanas o industriales, o por respirar humo producto de la quema de leña, carbón, residuos orgánicos o keroseno, en su vivienda, lo que aumenta el riesgo de problemas de enfermedades de las vías respiratorias y enfermedades cardiovasculares. Las emisiones de gases y partículas contaminantes del aire suelen producirse a raíz de la actividad industrial, el transporte, la quema de desechos a cielo abierto, las fuentes naturales, el polvo y las fuentes en el interior de la vivienda, reconociéndose al carbono negro como una de las fuentes más contaminantes, del aire, que se caracteriza por su corta vida, siendo su fuente de emisión, el uso de combustibles sólidos y el transporte. Los países del mundo no tienen políticas vigorosas de protección del aire que se respira, así como tampoco programas efectivos que reduzcan las emisiones contaminantes de manera eficiente. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), menciona que 21 países de América Latina y el Caribe tienen estándares de calidad del aire, pero solo 13 tienen leyes, políticas o reglamentos para hacerlos cumplir. Solamente 20 países tienen información sobre la medición de la calidad del aire ambiental a nivel del suelo al menos en una ciudad, pero solo 9 tienen procedimientos de aseguramiento y control de la calidad de los datos, y solo 7 países tienen planes con acciones específicas para mejorar la calidad del aire ambiental a nivel nacional o al menos en una ciudad. Todas las personas pueden estar expuestas a la contaminación del aire ambiental exterior, sin embargo, se ven afectadas de manera diferente, según sea la edad y los sitios donde viven y trabajan. Las personas que utilizan combustibles sólidos como fuente de energía para trabajos domésticos son los más afectados por la contaminación del aire en sus viviendas, también quienes residen cerca de carreteras o recintos industriales. Hay países como Canadá, USA, Uruguay, Paraguay, ver figura 1, que tienen niveles de contaminación del aire ambiental exterior con partículas respirables menores de 2.5 micras (PM2.5), por debajo del valor guía recomendado por la OMS,

mientras que en Perú el valor de la contaminación del aire ambiental contiene más del doble de PM2.5. Otra gran fuente de contaminación ambiental la constituyen los residuos que se generan al quemar combustibles sólidos para realizar actividades domésticas e industriales, de acuerdo a la figura 2, Perú también está entre los países que emiten mayor cantidad de residuos particulados, contaminando altamente el aire, se observa en la gráfica que las zonas urbanas están altamente contaminadas por los residuos particulados.

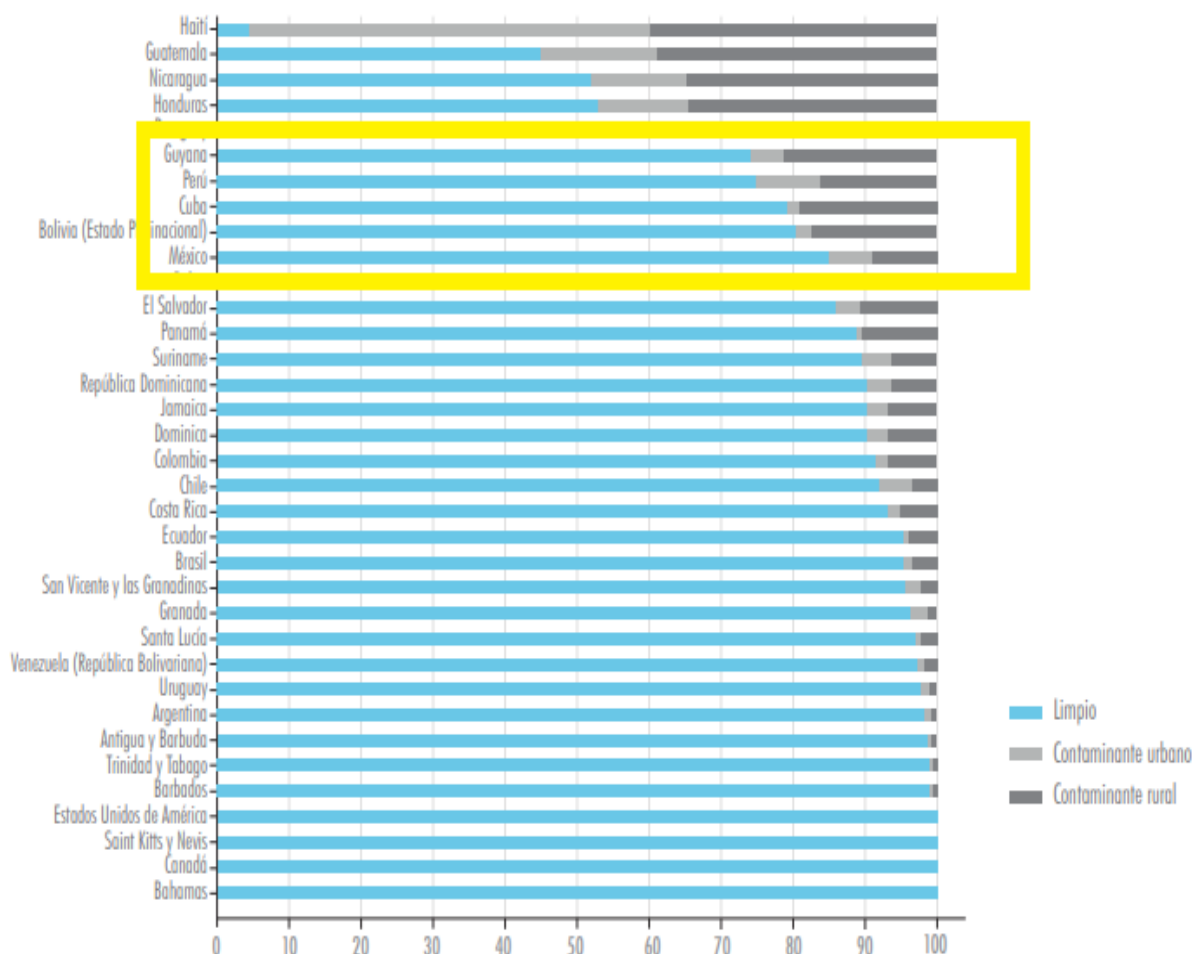


**Figura 2 Estimación de las concentraciones promedio de partículas menores de 2.5µm (PM2.5) a nivel nacional en los países seleccionados en las Américas,2016**

Fuente: World Health Organization. Global Platform on Air Quality and Health  
 Disponible en <http://www.who.int/airpollution/data/en/>

En las Américas, la OMS estima que en 2016 alrededor de 249 mil muertes prematuras (intervalo de confianza de 95%) se debieron a la contaminación ambiental exterior debida a las PM2.5 y alrededor de 83 mil muertes prematuras se atribuyen a la

contaminación debida al uso de combustibles sólidos, de estas muertes 44% fueron por enfermedades del corazón, 35% enfermedades pulmonares y 6% cáncer al pulmón.



**Figura 3 Estimación del porcentaje de personas que usaron combustibles contaminantes (combustible sólido y keroseno) en las viviendas de países seleccionados en las Americas,2016.**

Fuente: World Health Organization. Global Platform on Air Quality and Health  
 Disponible en <http://www.who.int/airpollution/data/en/>

En la Agenda 2030, para el Desarrollo Sostenible en el 2015 y la resolución de la WHA en el 2016, los países de las Américas han mostrado su compromiso de reducir el impacto de la contaminación ambiental del aire sobre la salud. El Objetivo 7, del Desarrollo Sostenible, garantiza el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, más de 3000 millones de personas, de Asia y África Subsahariana, todavía cocinan con combustibles muy contaminantes y tecnologías poco eficientes.

**Tabla N°1.- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire en Perú según el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM**

**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.

## 1.2 Problema general

**¿De qué manera la evaluación de la contaminación ambiental permitirá elaborar un Plan de Contingencia (Protocolo) para mejorar la calidad de vida de la población del Cercado de Lima, UPA 2019?**

### 1.2.1 Problemas específicos.

#### Problema específico 1

**¿De qué manera la evaluación de la contaminación por Nitratos y sulfatos, permitirá elaborar un Plan de Contingencia (Protocolo) para mejorar la calidad de vida de la población del Cercado de Lima, UPA?**

#### Problema específico 2

**¿De qué manera la evaluación de la contaminación por Radiación UV, permitirá elaborar un Plan de Contingencia**

**(Protocolo) para mejorar la calidad de vida de la población del Cercado de Lima, 2018?**

**Problema específico 3**

**¿De qué manera la evaluación de la contaminación por PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>, para mejorar la calidad de vida de la población**

**del**

**Cercado de Lima, UPA, 2018?**

**Problema específico 4**

**¿De qué manera la evaluación de la contaminación por Monóxidos y Dioxidos de carbono, permitirá elaborar un Plan de Contingencia**

**(Protocolo) para mejorar la calidad de vida de la población del Cercado de Lima, UPA, 2018?**

**Problema específico 5**

**¿De qué manera la evaluación de la contaminación por Radiación electromagnética, permitirá elaborar un Plan de Contingencia (Protocolo) para mejorar la calidad de vida de la Población del Cercado de Lima, UPA, 2018?**

### **1.3 Objetivos de la investigación**

Nuestro estudio de la evaluación de la contaminación ambiental del aire que respiramos en la zona del Cercado de Lima, es una **iniciativa académica** que sale a la luz como respuesta a la constante aparición de agentes contaminantes de diversos tipos, como las partículas PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> que al depositarse en los pulmones, puede generar hasta la muerte en las poblaciones vulnerables, en este estudio se está en la búsqueda de una forma de combatirla de manera inteligente, viable y precisa, sensibilizando a las autoridades quienes deben legislar en pro de medidas preventivas, de seguimiento y correctivas.

#### **1.3.1 Objetivo general**

**Determinar los niveles de contaminación ambiental para elaborar un Plan de Contingencia (Protocolo) para mejorar la calidad de vida de la población del Cercado de Lima, UPA 2019.**

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

##### **Objetivo específico 1**

**Determinar los niveles de nitratos y sulfatos en el aire para elaborar un Plan de Contingencia (Protocolo) para mejorar la calidad de vida de la población del Cercado de Lima, UPA, 2019**

##### **Objetivo específico 2**

**Determinar los niveles de radiación UV para elaborar un Plan de**

**Contingencia (Protocolo) para mejorar la calidad de vida de la población del Cercado de Lima, UPA, 2019**

**Objetivo específico 3**

**Determinar los niveles de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub> en el aire para elaborar un Plan de Contingencia (Protocolo) para mejorar la calidad de vida de la población del Cercado de Lima, UPA, 2019**

**Objetivo específico 4**

**Determinar los niveles de monóxidos y dióxidos en el aire para elaborar un Plan de Contingencia (Protocolo) para mejorar la calidad de vida de la población del Cercado de Lima, UPA, 2019**

**Objetivo específico 5**

**Determinar los niveles de radiación electromagnética en la atmosfera terrestre para elaborar un Plan de Contingencia ( Protocolo ) para mejorar la calidad de vida de la población del Cercado de Lima, UPA, 2019**

#### **1.4 Justificación e importancia de la investigación**

“Actualmente, Hay un promedio de entre 300 y 500 productos químicos en el cuerpo de cada persona que no se hallaban en los tejidos antes de la década de 1920.” Brown Paul (2009), Contaminación Global. pág. 18.

“Se estima que nuestras actividades de la vida diaria contribuyen a que pasemos más del 80% de Nuestro tiempo en espacios interiores públicos o privados (oficinas, colegios, hospitales, guarderías, centros comerciales o viviendas particulares, entre otros espacios). La Calidad del aire en estos lugares varía considerablemente, en función del material utilizado para construirlos, Decorarlos y limpiarlos, de la finalidad del lugar, así como de la manera en que lo utilizamos y ventilamos. Ni que decir tiene que también se produce un intercambio de contaminantes con el exterior. Así podemos encontrar productos de la combustión (como las partículas en suspensión, el monóxido de carbono [CO], dióxido de carbono [CO<sub>2</sub>]), plaguicidas, compuestos orgánicos volátiles (COV, como aldehídos, alcoholes, alcanos o cetonas), polvo orgánico, radón o agentes biológicos (hongos, bacterias, virus, entre otros). Para saber a qué nos referimos basta con recordar una casa recién pintada o los olores característicos de los productos de limpieza, los repelentes de las polillas o del humo de tabaco.” Boldo Elena (2016), La Contaminación del Aire. pág. 19-20.

“Finalmente un reciente metánesis, elaborado por Atkinson y colaboradores, ha estimado que el riesgo de morir aumenta en 1.04% por cada incremento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la exposición a corto plazo a las PM 2.5, constatando que se produce una variación regional considerable en todo el mundo (desde 0.25% hasta 2.08%). Así mismo concluyen que se incrementa más la mortalidad por causas respiratorias (1.5%) que por causas cardiovasculares (0,8%).” Boldo Elena (2016). La Contaminación del Aire. pág.69.

Como dato importante se indica que en un reciente informe del 2013/2014 de la OMS en su Medición Anual de **PM10 / PM2.5**, indica que en Lima se midieron **94 $\mu\text{m}$ /51 $\mu\text{m}$** , con lo Cual Lima como Capital y sus alrededores presentan un promedio de 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lo cual lo sitúa a 4 veces más que el nivel máximo recomendado por la OMS, es decir **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , lo cual constituye un peligro para la población vulnerable y no vulnerable, pues las consecuencias se dan para la salud, cada vez más frágil afectada por afecciones pulmonares y cardiovasculares.

El cóctel de partículas que respiramos a diario, es un cóctel de agentes nocivos en forma de gases, vapores y material partículas en suspensión. Es importante en nuestro estudio aclarar que se utilizara como un indicador de la calidad del aire las diferentes concentraciones de Partículas en Suspensión: “Este contaminante habitualmente se abrevia como PM porque en inglés se denominan **particulate matter** (literalmente “partículas materiales”).” Boldo E (2016) pág. 41-42. Actualmente la atención se centra prioritariamente en la fracción respirable o partículas finas menores de 2.5  $\mu\text{m}$  (PM2.5). Este es el indicador que recomienda medir la OMS para cuantificar la exposición humana a las partículas y los efectos en la salud, así como para predecir los beneficios de las medidas de reducción de dicha exposición. Finalmente, las que son Ultrafinas se refieren a las partículas menores a 0,1  $\mu\text{m}$  de diámetro. (PM0,1 o UFP).Boldo E (2016) pág. 44, las más peligrosas pues son difíciles de filtrar, se alojan en los pulmones. Ahora en el Caso de Estudio del Cercado de Lima se tiene de acuerdo a estudios de la OMS promedios de 51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a más para partículas en Suspensión en el aire con un diámetro de 2.5  $\mu\text{m}$  (2.5 micrómetros) producto de emisiones del parque automotor, de fábricas en la zona industrial del Cercado de Lima, de combustión incompleta de agentes aerosoles de diferente procedencia y de quema de vegetación y de la basura también. Tomando en cuenta el estudio de Atkinson y sus colaboradores, se puede deducir que vivir en Lima incrementa en 4.16% la posibilidad de mortalidad por exposición a corto plazo a las PM2.5 y a PM10.Podemos concluir que la ciudad de Lima es una de las ciudades de Latinoamérica y del Mundo con una de los mayores índices de contaminación ambiental el aire actualmente y por lo tanto urge inmediatamente elaborar un plan de reducción de contaminación ambiental del aire. De dichos índices de contaminación para poder mejorar la calidad de vida de los habitantes del Cercado de Lima; precisamente deseamos colaborar con el presente estudio elaborando al final del mismo un Protocolo de Reducción de la Contaminación Ambiental para Lima Cercado con la finalidad de mejorar la calidad de vida del poblador de Lima Metropolitana. Es preocupante que la normativa Europea de no exposición anual de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ha sido superada notándose por el alto índice de enfermedades cardiovasculares y pulmonares. Queda claro que la mejor manera de reducir dichos niveles de contaminación es desarrollando una política de control ambiental local y nacional, con la consiguiente elaboración de un plan o protocolo ambiental para conseguir la reducción en un primer momento de niveles dañinos hasta valores por debajo del cual se considera un aire limpio

esto es por debajo de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  como en la Ciudad Brasileña de Salvador de Bahía ( $9\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Para lograr estos objetivos debemos fomentar la colaboración entre la Academia, La Empresa Privada y El Gobierno Central, para poder obtener una retroalimentación constructiva y dar las directivas precisas para elaborar un conjunto de normas directrices que faciliten llegar a reducir los altos niveles de contaminación, es decir que se normen las leyes para su seguimiento y cumplimiento, las iniciativas son por ejemplo:

- Que una parte del Parque Automotor descansa algunos días.
- Que el ingreso a los empleos sea de forma escalonada, para evitar la congestión.
- Un mayor uso de vehículos de transporte público eléctricos.
- Fomentar el uso de la bicicleta como modo alternativo de traslado al Trabajo.
- Eliminar esa forma inapropiada de arrojar desperdicios a la calle y luego quemarlos.
- Facilitar y premiar el reciclaje de botellas plásticas y de papeles de todo origen.
- Disminuir el uso de electricidad innecesaria en los hogares y empresas.
- Crear una nueva casta de profesionales de Ingeniería Ambiental.
- Utilizar Edificios y hogares Ecológicos.
- Fomentar el uso racional del Agua en nuestra Ciudad y alrededores.

Se debe ser consciente que la importancia de habitar en una ciudad como la ciudad de Lima, capital, cosmopolita, con historia desde el virreinato, que alberga más de 5 millones de habitantes, y cerca de 300 000 turistas por año, con tan alta contaminación ambiental.

### **1.5 Limitaciones**

Actualmente en El Cercado de Lima se encuentran ubicadas muchas industrias y fábricas que tuvieron su origen y evolución en la Lima antigua, una de las formas de llevar a cabo nuestro objetivo de elaborar un Protocolo Ambiental en respuesta a la contaminación presente en Lima por diferentes agentes nocivos, es precisamente el entendimiento que debemos plantear solución viable, una de ellas es la reubicación de la mayor parte de las Fábricas que aún se encuentran en El Cercado de Lima a ubicaciones apropiadas como los Nuevos Parques Industriales como el de Huachipa, Villa El Salvador y similares que surjan para así reducir la emisión de agentes aerosoles al medio ambiente, pero como es natural es más sencillo decirlo que hacerlo. Así la mayoría son dueños de sus predios y de su propiedad privada por lo cual se debe invocar sensibilizar a la población para que mida el peligro a que se expone la salud de la comunidad y luego de sensibilizar, llevar a cabo las acciones necesarias para erradicar estas fuentes de contaminación, reubicando las empresas que no es fácil.

**Cualquier protocolo que se pueda dar tiene como fin primordial la preservación de la Vida Humana por sobre los bienes materiales de todo tipo.**



## Capítulo II: Marco teórico

### 2.1 Antecedentes del problema

Entender la contaminación ambiental del aire parece muy fácil pero no lo es, el cuerpo humano se adapta muy fácilmente a nuevas sustancias químicas y solo se presenta la alerta cuando la población se ve afectada por pandemias o epidemias, además de los informes de la Organización Mundial de la Salud, donde Perú aparece tristemente liderando las muertes por enfermedades cardiovasculares y pulmonares, ya sea por el uso de combustibles sólidos para actividades domésticas y comerciales o por el alto tráfico de vehículos motorizados en las vías.

En la época del Virreinato del Perú, regía una Suprema Junta de Sanidad, creada por Felipe V, el 2 de octubre de 1720 capacitada para «(...) ver y consultar a S.M., sobre las dependencias que ocurrieren en orden a la peste» Granjel (pág., 117), considerando las primeras cuarentenas a barcos que llegaban de ciudades donde la peste, el cólera, diezaban sin piedad a sus habitantes, como lo fue la ciudad de Marsella, en setiembre del mismo año. Las consultas rebasaron la capacidad de atención del monarca por lo que delega las funciones de la Suprema Junta de Sanidad a un grupo de personas allegadas a la corona para tomar decisiones. La idea era preservar el Reino de las epidemias de peste (o de otras enfermedades cuya naturaleza se desconocía). Las guerras, las travesías contribuyeron a la contaminación ambiental en aquellas épocas, poco era lo que podía hacer esta entidad una vez desatada la peste, más efectiva era la política preventiva, por lo que en el transcurrir de los años se fueron normando estas políticas de salubridad ambiental, creándose nuevos procedimientos, es así que el 19 de marzo de 1805, precedida de la Real Resolución de 13 de marzo, se exponen nuevos procedimientos en cuestiones sanitarias: las capitanías generales se encargaban de asuntos sanitarios, creándose las respectivas Juntas Provinciales de Sanidad, siendo los propios capitanes generales presidentes de las mismas; antes, el 17 de marzo, se resolvía que todos los expedientes y negocios pendientes de sanidad marítima y terrestre fuesen trasladados a la Secretaria del Despacho de Guerra, esto duro, por razones políticas, hasta 1808, luego se reconstruye en 1809 hasta su supresión definitiva en 1847. La dependencia de España se da hasta 1821, fecha en que se declara la independencia del Perú; pero antes aquí en el entonces Virreynato del Perú, regía la misma normatividad, en 1825 Simón Bolívar dictó cinco nomas desde Lima,

#### 2.1.1 Internacionales

Londoño (2018) en su tesis doctoral sobre “*Metodología para caracterizar espaciotemporalmente la concentración de material particulado en valles intramontanos con información escasa*”, como es el caso del presente trabajo, utiliza un algoritmo computacional para estimar la concentración de contaminación del aire, haciendo énfasis en el material particulado, ya que el aire es una mezcla compleja de gases y material particulado que está compuesto por partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire con diámetros menores a 10 micras, asimismo muestra que hay niveles máximos permitidos para los contaminantes, tabla X, en Colombia, de acuerdo al cuadro, encargando el monitoreo a empresas particulares y estatales, donde las zonas monitoreadas son principalmente las ciudades dedicadas a la minería (pág. 17). Este monitoreo se realiza estratégicamente, estableciendo escalas de medición, como se muestra en la tabla Y, también estos sitios de

monitoreo se clasifican en tres niveles: El nivel 1, de acuerdo al área, haciendo referencia a la distribución o densidad de edificaciones. El nivel 2, es una clasificación de acuerdo al monitoreo, cuando se monitorea desde un punto fijo por más de un año o de modo indicativo cuando el monitoreo es por menos de un año. El nivel 3, es el monitoreo e acuerdo a los distintos tipos de fuentes emisoras, en tráfico, de punto crítico, industriales y de fondo.

**Tabla 2. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.** Londoño (2018) en su tesis doctoral sobre ‘Metodología para caracterizar espacio-temporalmente la concentración de material particulado en valles intramontanos con información escasa’

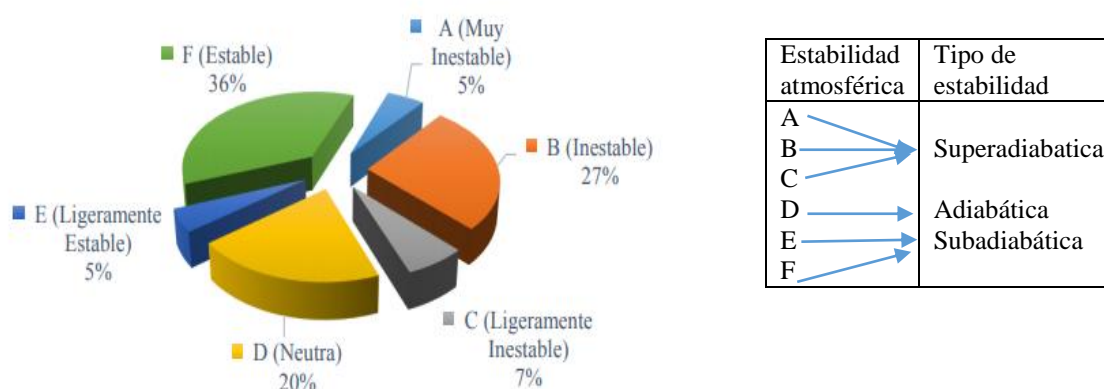
<i>Contaminante Criterio</i>	<i>Nivel máximo permisible (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</i>	<i>Tiempo de exposición</i>
PST (Partículas suspendidas totales)	100	Anual
	300	24 horas
PM10	50	Anual
	100	14 horas
PM2.5	25	Anual
	50	14 horas
SO <sub>2</sub>	80	Anual
	250	14 horas
	750	3 horas
NO <sub>2</sub>	100	Anual
	150	14 horas
	200	1 hora
O <sub>3</sub>	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10 000	8 horas
	40 000	1 hora

Asimismo plantea la necesidad de la implementación de sistemas de vigilancia a través de redes de sitios de monitoreo, El autor utiliza el algoritmo para solucionar el problema de la obtención de datos ya que considera que los datos de las entidades del gobierno son insuficientes para diagnosticar la calidad del aire, lo que trae como consecuencia el no monitoreo adecuado de las áreas, como por ejemplo de la zona en estudio. Para llevar a cabo este monitoreo, con los datos necesarios se estimó necesario acudir a los algoritmos, para lo cual se identificaron sus características más relevantes, para que mediante técnicas estadísticas provean información de concentración de partículas en áreas con escasa información. En este estudio se comparan los resultados proyectados con una tabla de datos medida experimentalmente para comprobar la eficacia del algoritmo usado. Este estudio se realizó en el área metropolitana de la ciudad de Medellín, que cuenta con 3' 000,000 de habitantes aproximadamente, ubicada en un valle bordeado de cerros como el Nutibara y el Volador, por otro lado está la cordillera de los Andes, lo que genera una diversidad de microclimas. El estudio se realizó en una ciudad densamente poblada con problemas de calidad de aire y salud pública por contaminación debida a distintos tipos de fuentes de emisión contaminante, asociadas a procesos industriales y emisiones producidos por fuentes móviles debidos a la densidad del flujo vehicular. Este estudio toma como variable, la concentración promedio mensual del material particulado PM2.5, PM10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , datos

disponibles en diversas instituciones privadas y gubernamentales, además de necesitar también las temperaturas, velocidad del viento, los datos se han tomado de tres formas, algoritmos de interpolación o regresión espacial, espacial multivariada, algoritmos econométricos. La estimación espacio-temporal lograda mediante estas técnicas permite elaborar cuadros de datos de los elementos particulados muy aproximados a los reales, lo que permite justificar el seguimiento y monitoreo de la concentración de partículas, PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>, para alertar a las autoridades en cuanto a la mitigación de estas. La caracterización espacio-temporal, permitió que se observen detalles de las concentraciones de partículas en vías principales, zonas de uso industrial y zonas verdes. Concluyendo que el modelamiento espacial para las partículas contaminantes con técnicas univariadas, multivariadas y de espacio-temporal permiten tener mayor cantidad de datos de la concentración de partículas a partir de unos pocos puntos de monitoreo, además de permitir observar la variación de la concentración por temporadas de variación climática. El estudio también permite observar los niveles de concentración, determinando que en la ciudad de Medellín, son más altos que los permitidos por la OMS.

Costa (2015) en 'Estudio de la concentración de compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno y ozono en el núcleo urbano de la ciudad de Cartagena y evaluación de la exposición de la población', advierte la influencia de diversos aspectos en la contaminación del aire, como por ejemplo el tráfico de vehículos, las gasolineras, en el caso de la ciudad de Cartagena, el astillero y Arsenal Militar, instalaciones industriales, de pequeña y mediana escala que utilizan pinturas y adhesivos y/o compuestos orgánicos disolventes. Asimismo se determina la contaminación por las turbulencias de viento locales y la intensidad de la radiación solar que afecta la reactividad fotoquímica de muchos compuestos, contaminación por la formación del ozono, por los monóxidos de dinitrógeno, nitrógeno y otros compuestos que se forman en la troposfera, por compuestos orgánicos volátiles, alcanos, bencenos, toluenos, etilbenceno, xilenos, así como otras concentraciones volátiles. Esta investigación, también analiza el riesgo de la exposición humana a contaminantes atmosféricos. En otro capítulo se exponen las metodologías para medir los contaminantes del medio ambiente, muestra los puntos de selección y muestreo para la toma de muestras de aire para analizar los componentes contaminantes. En este estudio se destaca la normativa europea cuyas directivas están orientadas a controlar y minimizar las emisiones de cada estado miembro estableciendo límites legalmente vinculantes y no vinculantes en todo su territorio para determinados contaminantes dispersados en la atmósfera que afectan la salud humana y el medio ambiente, los niveles críticos para la protección de la vegetación y una lista de la información que debe figurar en los planes de acción estatales para mejorar la calidad del aire, inclusive en el ámbito marino. En este estudio se sostiene que la calidad del aire de una región está influenciada por las fuentes de emisión existentes, por la dinámica de los contaminantes, o sea por los procesos físico-químicos que tienen lugar en la atmósfera y que siguen pautas espaciales y temporales características (p.35), además de los factores propios de cada región, que determinan la evolución de cada sustancia, estos factores están determinados por las condiciones atmosféricas y meteorológicas, la orografía de la zona, los hábitos de población, el tráfico vehicular, la actividad industrial, las características químicas de la atmósfera. Muestra las ventajas e inconvenientes en las técnicas de medidas de contaminantes atmosféricos. Concluye la investigación mostrando los resultados de la medición de los contaminantes atmosféricos. Muestra la influencia de la dirección del viento, para dispersar los contaminantes, la velocidad del viento también condiciona la dispersión, la humedad y la temperatura también, así como la geografía de la zona. Todo lo anterior permitió a la investigadora hacer una categorización de la atmósfera del lugar investigado, determinando

que en horas del día predomina una atmosfera inestable ( tipo A y B ) que facilita la dispersión vertical de los compuestos químicos. Predominando una atmosfera bastante estable ( tipo E y F ), impidiendo la correcta dispersión vertical de los contaminantes, los gases no pueden ascender y los contaminantes se acumulan debido a que los fenómenos de transporte y difusión se ralentizan, al haber un gradiente positivo de temperatura con la altura. En este estudio se identifican las zonas donde hay ozono troposférico que aparece como producto fotoquímico secundario en la oxidación de CO e hidrocarburos.



**Figura 4 .Estabilidad de la atmosfera en condiciones Superadiabática, adiabática, Subadiabática.Fuente: Costa (2015) en ‘Estudio de la concentración de compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno y ozono en el núcleo urbano de la ciudad de Cartagena y evaluación de la exposición de la población’**

Identifica la formación y acumulación de ozono, identifica los núcleos urbanos como islas de calor, debido al calor adicional del suelo y de la atmosfera debido a la presencia de edificios, de asfalto, de combustibles, etc. lo cual favorece la formación del ozono. La investigación también estudia la relación entre contaminantes, su grado de dispersión, el cual depende de la estabilidad atmosférica (vertical), de la velocidad y dirección del viento (horizontal) y de la orografía del terreno. También estudia la velocidad de degradación, como función de la reactividad del compuesto químico, de su concentración en aire (ecuación cinética) y de la temperatura (ecuación de Arrhenius). Se concluye finalmente que la concentración de benceno es más alta de la permitida y que puede haber riesgo de leucemia y otras enfermedades.

Hilario (2017), en su tesis doctoral Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo, hace un estudio para estimar la cantidad de emisiones contaminantes por el parque automotor de la ciudad de Huancayo, determinándose la emisión de gases efecto invernadero en 255 824,9 toneladas anuales, el dióxido de carbono se emite en mayor cantidad 255 047,4 Tm/año y en menor cantidad los óxidos nitrosos (N<sub>2</sub>O) de 7.3 Tm/año. La investigación desarrolla estrategias para reducir las emisiones contaminantes. La investigación plantea en un primer momento estimar las emisiones contaminantes. El estudio muestra que la mayoría de vehículos contaminantes está formado por automóviles, en un 73.43%, seguido de camionetas rurales con un 11,28% y motocicletas con un 4,95%, los ómnibus con 0.7% y camiones 3-5 toneladas con un 2.82%. El tipo de combustible usado en automóviles, camionetas rurales, pick up, camiones 3.5t, custer 3-5t, ómnibus utilizan diésel que es muy contaminante, mototaxis y flota de autos privada usan gas. Concluyendo que la caracterización del parque automotor permitió definir que en el distrito de Huancayo,

la categoría automóviles está compuesta por 73.43% del parque automotor, las camionetas rurales y buses el 50% de la flota no utilizan ningún sistema de control de gases de escape, la diferencia de estos vehículos están equipados con el sistema de inyección electrónica diésel y con sistema de control de gases de escape, estos utilizan diésel de combustible, que es altamente contaminante, para el caso de camionetas pick-up, custer y camiones el 73% está equipado con sistemas de control electrónico y con sistema de control de gases de escape y el 27% son de pre-inyección con motores convencionales sin sistema de control de emisiones. El estudio también determinó que los automóviles son la fuente de mayor emisión con 114 683 toneladas, seguido de las camionetas rurales con 58 922 toneladas, moto-mototaxi con 26 203,5 toneladas, las camionetas pick.up con 33 98,8 toneladas, las custer con 16 746,3 toneladas, los camiones con 5 274,3 toneladas y los ómnibus con 87,6 toneladas. El estudio estimó la cantidad de emisiones contaminantes durante el año 2016, 44 511,4 toneladas de contaminantes, el monóxido de carbono en 36 348,4 Tm/año, lo que representa un 81.66% seguido de compuestos orgánicos volátiles de 4 431,6 Tm/año representando el 9.96 %, los óxidos de nitrógeno 2 840,2 Tm/año representando el 6.38% y se emitió óxidos de azufre en 138.8 Tm/año, representando el 0.31%. En cuanto a gases efecto invernadero, es de 255 824,9 toneladas anuales, el dióxido de carbono se emite en 255 047 Tm/año, el metano en 770,2Tm/año representando el 0.30% y en menor cantidad los óxidos nitrosos en 7,3 Tm/año representando el 0.0003%. Concluyendo que el parque automotor a diésel es el mayor contaminante.

### 2.1.2 Nacionales

Choy (2014) en *'Principales causas de la contaminación del aire y propuestas para su mitigación por efecto del parque automotor de transporte público de Lima cuadrada'*, determina las principales causas de la contaminación del aire por efectos de la biocombustión causada por el parque automotor del transporte público en la zona de Lima cuadrada, también se determina qué relación hay entre la contaminación ambiental y la congestión vehicular. Para realizar este estudio se cuantifican las emisiones vehiculares con una herramienta de software, desarrollado en la Universidad de California en Riverside y financiado por la Agencia de Protección ambiental de los Estados Unidos (EPA). El modelo IVE es una herramienta que tiene por objetivo apoyar ciudades y regiones que quieren conocer el grado de emisiones derivadas del transporte vehicular para enfocarse en estrategias efectivas de control y de transporte, predecir como diferentes estrategias afectarían las emisiones locales y medir el avance en la reducción de emisiones en el tiempo. Para hacer el recuento de las emisiones vehiculares es necesario tener como dato las emisiones de fuentes móviles como factores de emisión, actividad vehicular y la distribución de la flota vehicular. El modelo IVE está diseñado para cuantificar estos tres componentes, luego de recolectar la información es posible que el sistema presente resultados de los grados de contaminación ambiental. En esta investigación se considera que las fuentes contaminantes del aire son la congestión vehicular, el parque automotor obsoleto, con escaso mantenimiento, y el tipo de combustible utilizado, la identificación de estos contaminantes le permite elaborar una propuesta para mitigar la contaminación por efecto del transporte público en Lima cuadrada, siendo puntos relevantes por ejemplo que la Municipalidad de Lima Metropolitana, sea más estricta respecto de los requisitos que deben cumplir las empresas para brindar el servicio de transporte urbano, la propuesta de un solo organismo autónomo encargado de la fiscalización del transporte público, fortalecer la regulación y supervisión en las entidades que participen en el área de regulación del transporte las cuales deben de estar respaldados por

procedimientos específicos y acreditados con certificación ISO, fomentar de manera intensiva la renovación del Parque Automotor, con antigüedad mayor a cinco años, llevar un estricto control de las revisiones técnicas, promover nuevas tecnologías en la industria automotriz, producir y comercializar diésel de buena calidad, la intensificación de sistemas de transporte masivos, promoción y concientización de normas de conducta ante la contaminación ambiental, mejora del flujo vehicular, reducción del nivel de azufre en el diésel de la mano con la modernización del parque automotor, todas estas acciones para mejorar la calidad de vida y contribuir a la disminución de enfermedades respiratorias.

Perales (2015) analiza el impacto de la contaminación debida a la quema de materiales fósiles en Perales M (2015), *“Impacto económico por la reducción de emisiones gaseosas y material particulado en lima metropolitana por el uso del gas natural como combustible en el parque automotor”*, considera que el 70% del parque automotor es el causante de la contaminación en Lima Metropolitana, sobrepasando largamente los máximos permitidos en cuanto a material particulado se refiere, PM10 por ejemplo. Asimismo esta contaminación se menciona como causante de muerte en un 25%. Esta investigación evalúa el impacto económico asociado a la inversión requerida para la reducción de emisiones gaseosas y material particulado debido al cambio de combustible de gasolina a gas natural en el parque automotor, frente a ahorros que se obtienen por la reducción de enfermedades respiratorias en Lima Metropolitana. Determina también que hay una gran diversidad de contaminación, como la del agua por residuos industriales, agrícolas y otras actividades humanas, la contaminación por radioactividad, la contaminación electromagnética, la contaminación térmica, la contaminación atmosférica, la contaminación acústica, la contaminación lumínica. El aire como una mezcla de gases, vapor de agua, partículas sólidas y líquidas con tamaño desde unos cuantos nanómetros hasta 0.5 milímetros, también está altamente contaminado. Dentro de los componentes contaminantes se identifica al ozono (O<sub>3</sub>), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM), menciona que las personas respiran, en promedio, más de tres mil galones de aire al día, es decir más de dos galones por minuto, por lo cual todos los componentes del aire deben estar en equilibrio. Si se agrega uno de los componentes en cantidades mayores a las que normalmente posee, el aire se contamina convirtiéndose en un peligro para la vida de las personas y de los seres vivos. Considera como fuente de contaminación del aire el transporte, la calefacción doméstica, producción de energía eléctrica, incineración de desechos, combustiones de materiales fósiles, pero de las mencionadas la que más contamina es la del transporte. Hay otras emisiones que contribuyen a contaminar el ambiente, como las partículas de hule del quemado de las llantas de vehículos, compuestos orgánicos de los perfumes, las lociones después de afeitarse, el polvo cósmico, el sulfuro de hidrogeno, los aerosoles para eliminar plagas del jardín, Hay investigadores que sostienen que los problemas de la calidad del aire están relacionados con factores socioeconómicos, pues las exigencias del crecimiento económico y demográfico están determinando la contaminación del aire. Debido a la quema de combustibles fósiles del transporte, se emite a la atmosfera diversos materiales particulados, como material particulado, Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), y monóxido de Carbono (CO). El aire de Lima Metropolitana también contiene otras sustancias como Ozono (O<sub>3</sub>), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV<sub>5</sub>), hidrocarburos como petróleo crudo, gas natural, el tratamiento en la industria de estos productos para la elaboración de lubricantes, asfaltos y productos de uso industrial, que en su elaboración liberan al ambiente compuestos cancerígenos volátiles. En el trabajo de investigación se considera el Parque Automotor como el causante de la mayor contaminación ambiental de Lima Metropolitana, por el uso de la

gasolina y el diésel. El transporte público y privado sobrepasa la red vial. La generación de electricidad se hace a través de petróleo, carbón y gas natural.

## 2.2 Definición de términos básicos

### Contaminantes primarios y secundarios

Los primarios son aquellos que permanecen en la atmosfera tal y como fueron emitidos, pueden ser partículas sólidas o líquidas, los gases de monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y los hidrocarburos. Los secundarios son aquellos contaminantes primarios que han sufrido cambios químicos o son el producto de reacciones químicas entre dos o más contaminantes primarios, tales como el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), el ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), el ozono(O<sub>3</sub>), el smog fotoquímico y los compuestos orgánicos volátiles (COV<sub>s</sub>). Los contaminantes también se clasifican por su estado de agregación. (Laumbach & Kipen, 2012), de acuerdo a la Tabla 2.

Los gases y las partículas poseen distintos niveles de concentración en la atmosfera debido principalmente a las condiciones meteorológicas, la topografía, los usos del suelo en zonas urbanas y la densidad del flujo vehicular (Singh et al., 2017; Rooney et al., 2012). En cuanto a la meteorología, las variables que más inciden sobre la concentración son la velocidad del viento, la temperatura y la precipitación (Pérez et al., 2011). La topografía produce efectos de circulaciones cíclicas de vientos generadas por desfases entre los ángulos de los vectores gradientes de presión y temperatura con lo cual se pueden generar ‘microcuencas’ en donde se aumenta la concentración por baja circulación del viento. En las zonas aledañas a la producción industrial, hay alta concentración de contaminantes, mientras que en zonas verdes se atenúa (Marcon et al., 2014) en las zonas con alta densidad de tráfico vehicular la contaminación aumenta (Eeftens et al., 2013). La contaminación ambiental es uno de las preocupaciones de la OMS, debido a la incidencia de las enfermedades cardiovasculares y pulmonares en los centros urbanos altamente poblados, debido al material particulado de diámetro inferior a 2.5 micras que forma parte de las partículas que son inhalables y que pueden llegar a la zona bronquio –traqueal (Pope & Dockery, 2006; Chow et al., 2009). Este material está compuesto por una variedad de sustancias sólidas y líquidas formadas a partir de fuentes naturales y de la actividad humana que forman una mezcla compleja de carbono orgánico e inorgánico, metales, nitratos, sulfatos, y fosfatos (Brunelli et al., 2007).

En Perú, la información sobre diferentes componentes ambientales como agua, aire, suelo, biodiversidad, residuos sólidos, etc., es el SINIA, el Sistema Nacional de Información Ambiental, está incluido en la Ley N°28611 (Ley General del Ambiente) y la Ley N°28245 (Ley del Sistema Nacional de Gestión Ambiental), en el 2017 se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Aire en Perú, según el **Decreto Supremo N°003-2017 MINAM**, en donde se considera que los ECA para Aire son un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental para quienes están a cargo de actividades productivas, extractivas y de servicios con este decreto se pretende fortalecer e incorporar a los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de la Calidad del Aire en las Comisiones Ambientales Municipales (CAM) Provinciales, en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

**Tabla 3. Clasificación de los contaminantes por su estado de agregación (Laumbach & Kipen, 2012).**

Estado de agregación	Designación	Ejemplos
Gaseoso	Gases	Óxidos de azufre Dióxido de carbono Monóxido de carbono Óxidos de nitrógeno Ozono
	Vapores	Alcoholes Aldehidos, cetonas Esteres Hidrocarburos alifáticos Hidrocarburos aromáticos
Líquido	Nieblas	Aceite mineral Ácidos clorhídrico, crómico, sulfúrico Hidróxido sódico
	Polvos	Asbestos, carbón, caolín Madera, óxidos metálicos, sílice
Sólido	Humos	Asfalto, hidrocarburos policíclicos Aluminio, cadmio, cobre, cromo
	Humos metálicos	Estaño, hierro, manganeso Níquel, plomo, silicio, berilio

**Fuente:** Laumbach, R., & Kipen, H. (2012). *Respiratory health effects of air pollution: update on biomass smoke and traffic pollution*. *J Allergy Clin Immunol*, 129, 3-11

En este decreto se considera que el Ministerio de Salud es la autoridad competente para declarar los estados de Alerta Nacionales para contaminantes del aire que tengan por objeto activar, medidas a prevenir los riesgos en la salud y evitar la exposición excesiva de la población a los contaminantes del aire, en el caso de establecer estados de alerta, el ministerio de Salud coordinara con el Ministerio del Ambiente. Este decreto tiene una disposición complementaria en la que se constituye una Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, la cual estará adscrita al Ministerio del Ambiente, esta Comisión emitirá los informes técnicos que contengan las propuestas de mecanismos de coordinación multisectorial que contengan las propuestas de mecanismos de coordinación interinstitucional y las modificaciones normativas orientadas a mejorar la calidad del aire de Lima y Callao.



## Atmosfera

La atmosfera terrestre es una envoltura gaseosa, de unos 2000 km., de espesor, cuya densidad disminuye con la altura al extremo de que la mitad de su masa total corresponde a los cinco primeros kilómetros. La temperatura varía con la altura, por lo que se la divide en capas, cada capa de la atmosfera tiene unas características específicas por sus componentes químicos, la troposfera es la capa de estudio, pues es la que respira el hombre y además donde se realizan todos los procesos meteorológicos. Es la capa más externa y menos densa del planeta. Tiene una distancia aproximada de unos 100 km., está formada por 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno, 1% de vapor de agua y cantidades más pequeñas de argón o monóxido de carbono. Es una capa alrededor de la tierra, evitando que los rayos del sol la atraviesen, dando lugar a la vida, las lluvias se producen en la atmosfera, permitiendo que las plantas crezcan y aporten oxígeno para respirar.

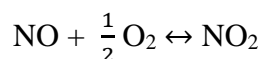
### Troposfera

Se caracteriza esta capa de la atmosfera por una disminución regular con la altura, que es aproximadamente  $0.6^\circ$  por 100 m, manteniéndose como una capa relativamente diferenciada a causa del aire cada vez más frío de la estratosfera. La zona en que el gradiente negativo de temperatura.

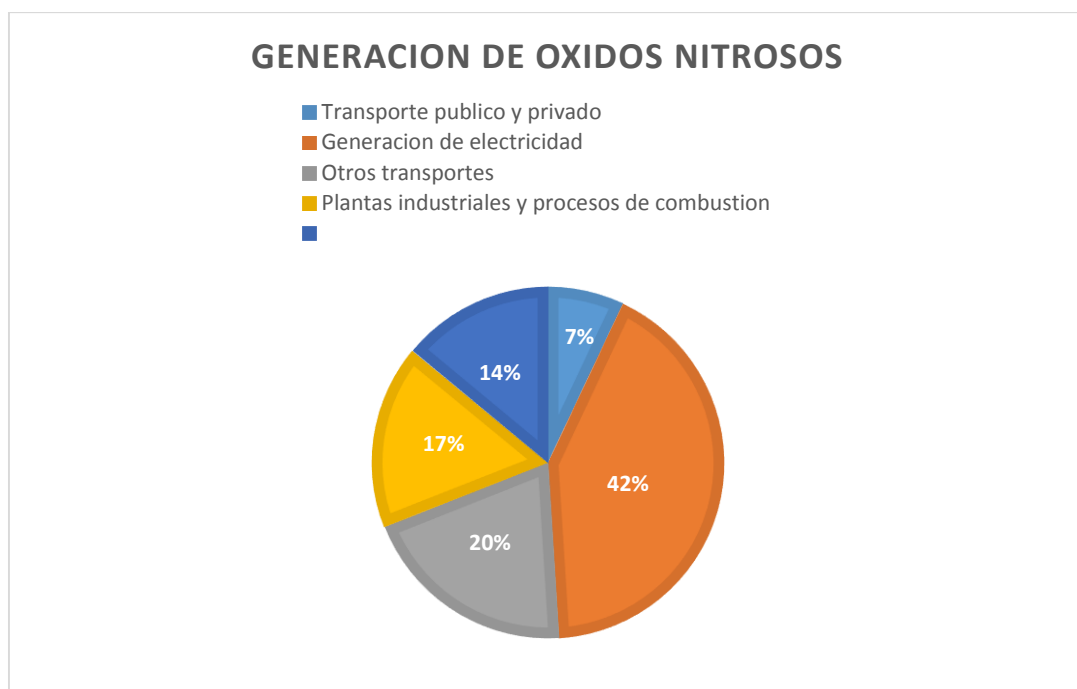
## Contaminantes gaseosos

### Los óxidos de nitrógeno en la atmosfera

Hay variedad de óxidos que se forman en la atmosfera a partir del nitrógeno, algunos son inestables y otros se detectan como el óxido nitroso ( $N_2O$ ), el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ). El óxido nitroso tiene un origen natural como consecuencia de la desnitrificación y degradación microbiana de las proteínas que están en las primeras capas de la atmosfera. Este gas es un compuesto inocuo y muy estable pero contribuye significativamente al efecto invernadero. El compuesto emitido en mayor cantidad es el NO, procedente de la combinación del nitrógeno y del oxígeno del aire a elevadas temperaturas, propias de los procesos de combustión, pero sufre una paulatina oxidación a  $NO_2$  en contacto con el aire (1), coexistiendo ambos en la atmosfera a las temperaturas ambientales habituales.



Entre el 70 y el 90% de los óxidos de nitrógeno emitidos a la atmosfera procede de las actividades antropogénicas (Sigh, 1987), siendo el transporte por carretera el responsable de la emisión del 42% del total, ver figura 5. La aplicación «otros» se atribuye a la contribución de gases por combustión no industrial, como pueden ser por actividades comerciales, institucionales, domésticas, tratamiento y eliminación de residuos y agricultura. Las fuentes naturales de los óxidos de nitrógeno son los procesos anaeróbicos en el suelo, los incendios forestales y las descargas eléctricas en las tormentas



**Figura 5. Generación de óxidos nitrosos.**

**Fuente: (Brunelli , 2007).**

Los óxidos de nitrógeno desempeñan un papel muy importante en la formación de la niebla observada por primera vez en el distrito de Los Ángeles y que actualmente se conoce como niebla fotoquímica. Se origina por reacciones fotoquímicas provocadas por la acción de la radiación solar sobre los escapes de los vehículos de motor, los componentes perjudiciales son el óxido nítrico, dióxido de hidrogeno, ozono y nitratos de peroxoacilo. Componentes muy bajas de algunos de estos componentes causan daños en la vegetación, y cantidades ligeramente superiores causan efectos desagradables en los seres humanos, especialmente en el sistema respiratorio.

**Tabla 4 .Estabilidad de los óxidos nitrosos en la atmosfera. Fuente: (Sigh, 1987),**

Oxido	Formula	Estabilidad en la atmosfera
Oxido de dinitrógeno	$N_2O$	Estable
Óxido de nitrógeno	$NO$	Estable
Trióxido de dinitrógeno	$N_2O_3$	Inestable $N_2O_3 \leftrightarrow NO + NO_2$
Dióxido de nitrógeno	$NO_2$	Estable
Tetroxido de dinitrógeno	$N_2O_4$	Inestable $N_2O_4 \leftrightarrow 2NO_2$
Pentoxido de dinitrógeno	$N_2O_5$	Inestable $N_2O_5 \leftrightarrow N_2O_3 + O_2$
Trióxido de nitrógeno	$NO_3$	Inestable (no aislado)

Oxido de dinitrogeno (óxido nitroso)

### **Óxidos de azufre**

Es un gas incoloro, irritante con un olor penetrante que se comienza a percibir con 0.3 a 1.4 ppm y se aprecia a partir de 3ppm, tiene una densidad mayor que la del aire, no es un gas inflamable, ni explosivo, es muy estable, soluble en agua, en contacto con esta se convierte en ácido sulfúrico. En contacto con el oxígeno de la atmosfera forma sulfatos, que forman parte del material articulado PM10. En ambientes húmedos como el de la ciudad de Lima, el dióxido de azufre forma ácidos en forma de aerosoles y conforma una parte de material articulado PM2.5. El dióxido de azufre forma la lluvia acida. La principal fuente de emisión de óxido de azufre a la atmosfera es la combustión de productos petrolíferos y la quema de carbón en centrales eléctricas y calefacciones centrales, las fuentes naturales de emisión son los volcanes. El SO<sub>2</sub> se emplea en la industria del papel como agente blanqueador.

El dióxido de azufre contamina el aire. Es nocivo para los pulmones y dificulta la respiración ya que produce inflamación de las vías respiratorias, en contacto con las mucosas produce irritación, inhalado en cantidades mayores a las permisibles origina alteraciones psíquicas, edema pulmonar, colapso respiratorio, queratitis. El óxido de azufre contribuye también a la producción de lluvia ácida. El dióxido de azufre se junta con las gotas de agua que hay en el aire para formar ácido sulfúrico. La contaminación del aire por SO<sub>2</sub> causa los siguientes efectos: Dificultad para respirar. Inflamación de las vías respiratorias. Irritación ocular por formación de ácido sulfuroso sobre las mucosas húmedas. Se asocia también a problemas con asma y bronquitis crónica, aumentando la morbilidad y mortalidad en adultos y niños, la población de riesgo vulnerable al SO<sub>2</sub> está conformada por personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC) y con problemas cardiacos. El azufre es venenoso para las personas, también para los vegetales, deteriora los suelos, materiales de construcción, monumentos históricos en piedra, cursos de agua.

### **Dióxido de carbono**

El CO<sub>2</sub>, es un gas inodoro, incoloro, compuesto por un átomo de carbono y dos de oxígeno, en enlaces covalente polar, forma parte de la naturaleza y es indispensable para la vida terrestre, pues los vegetales necesitan el dióxido de carbono para la fotosíntesis, es un gas que inhalan los seres vivos en su respiración, la concentración de este gas varía en el ambiente, entre los 300 y 500 ppm, dependiendo si es una zona urbana o alejada de esta. El CO<sub>2</sub>, es uno de los gases que se producen al quemar combustible, uno de los principales gases de efecto invernadero, la emisión de este gas por un vehículo tiene relación con el tipo de combustible, los motores de gasolina emiten 2.3 Kg de CO<sub>2</sub> por cada litro de gasolina quemado y los motores diésel 2.6 Kg .de CO<sub>2</sub> por cada litro de gasóleo. Un automóvil en marcha emitirá una cantidad de CO<sub>2</sub> proporcional al número de kilómetros recorridos, normalmente en gramos por kilómetro. Para el caso de automóviles híbridos, la emisión de CO<sub>2</sub> es mucho menos, ya que estos automóviles pueden circular con el motor de combustible apagado (sin emisión de CO<sub>2</sub>) funcionando solo con el sistema eléctrico. En el mercado mundial el precio de un automóvil varía de acuerdo a las emisiones de CO<sub>2</sub>, a mas emisiones de CO<sub>2</sub>, mas impuesto por tanto más caro, .El CO<sub>2</sub> produce asfixia, en concentraciones cercanas a las 30 000 ppm, puede causar dolores de cabeza, falta de concentración, somnolencia, mareos y problemas respiratorios, son muy vulnerables las personas asmáticas y con SQM (sensibilidad química múltiple), los niños en edad escolar son especialmente afectados por los altos niveles de CO<sub>2</sub>, ya que hay estudios que

relacionan el bajo rendimiento académico con altos niveles de CO<sub>2</sub>, además que el metabolismo de los niños, produce más CO<sub>2</sub> que los adultos.

Dióxido de carbono  
 Monóxido de carbono  
 Óxidos de nitrógeno  
 Ozono

### **Diesel**

Es un combustible líquido, con densidad de 832Kg/m<sup>3</sup>, compuesto por parafinas, utilizado como combustible en motores diésel y en calefacción, su poder calórico es de 45.10 MJ/Kg. Fue inventado por Rudolf Diesel, en Alemania, ante la ineficiencia de los motores a gasolina. El Diesel que se comercia en Perú, es el B5 S-50, que contiene un máximo de 50 ppm de azufre, constituido por una mezcla de 95%V de Diesel N°2 y 5%V de Biodiesel B100. El Diesel N°2 es una mezcla compleja de hidrocarburos en el rango aproximado de C<sub>9</sub> a C<sub>30</sub> y el Biodiesel B100 se compone principalmente de esterres mono-alquílicos de ácidos grasos de cadena larga. De acuerdo a la información ecológica de Petroperú, el diésel al ser liberado al medio ambiente presenta la evaporación de sus fracciones volátiles, sin embargo la fracción más pesada al entrar en contacto con el suelo ocasiona un impacto en la composición y propiedades del terreno. Al entrar en contacto con el agua forma una capa superficial que flota ocasionando una disminución de la concentración de oxígeno gaseoso, presenta una lenta biodegradabilidad y además puede ser toxico para la vida acuática.

### **Gasolina**

Es el combustible diseñado para el uso en motores de ignición por chispa y de combustión interna en vehículos como automóviles y motocicletas, etc. Se obtiene de la nafta de destilación directa, que es la fracción líquida más ligera del petróleo, esa mezcla de hidrocarburos está en el rango aproximado de cinco átomos de carbono (C<sub>5</sub>) a once átomos de carbono (C<sub>11</sub>). Hay gasolinas Super Plus 97, sin plomo, Super Plus 95, sin plomo, Super Plus de 90, sin Plomo, de 84, también sin Plomo.

### **Gas Licuado de Petróleo GLP<sub>2</sub>**

Está compuesto por una mezcla en diferentes porcentajes de hidrocarburos volátiles de Propano C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, y Butano C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, a temperatura y presión ambiental son gases, fáciles de licuar, el GLP puede obtenerse durante la extracción de gas natural y petróleo del suelo, mientras el 40% restante se produce durante el proceso de refinamiento del petróleo crudo. Cuando se extrae de la tierra gas natural y crudo de petróleo, lo que se obtiene es una mezcla formada por distintos gases y líquidos, de la que el GLP es un 5%, antes de transportar o utilizar el gas de petróleo, es preciso separar los gases que forman el GLP, que son ligeramente más pesados. En el refinado del crudo de petróleo, los gases que componen el

GLP son los primeros productos que se desprenden a lo largo del proceso de separación de combustibles más pesados, como gasóleo, combustible de aviación, fueloil y gasolina. Alrededor del 3% de un barril de crudo típico se refina para dar GLP, aunque sería posible transformar en GLP hasta el 40% del barril. El GLP es incoloro e inodoro, se le añade un odorizante para detectar cualquier fuga. En condiciones normales el GLP es un gas, cuando se somete a presiones moderadas o se enfría, se transforma en líquido, en este estado se almacena y transporta con facilidad, una vez enfriado o presurizado, el GLP suele almacenarse en contenedores de acero o de aluminio. El GLP es un producto secundario natural que se genera durante la extracción de gas natural (60%) y durante el refinado de petróleo (40%), si no se utiliza se pierde. El GLP contamina menos el aire a comparación del gasóleo, el fueloil, la madera o el carbón, emite alrededor de 20% menos de CO<sub>2</sub> que el fueloil, 50% menos que el carbón. El GLP es más eficiente que los combustibles tradicionales. Un peligro que se presenta cuando se usa el GLP, es el escape de gases cuando entra en combustión, como el monóxido de carbono

### **Monóxido de carbono**

El monóxido de carbono, también denominado óxido de carbono o gas carbonoso o anhídrido carbonoso, términos que ya no se usan, con fórmula CO, es un gas incoloro y altamente tóxico, puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados, es producido por la combustión deficiente de sustancias como gas, gasolina, queroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera. Las chimeneas, las calderas, los calentadores,

### **Óxidos de nitrógeno**

Los óxidos de nitrógeno son una mezcla de gases compuestos de nitrógeno y oxígeno. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente; ninguno de los dos son inflamables y son incoloros a pardo en apariencia a temperatura ambiente. El monóxido de nitrógeno es un gas de olor dulce penetrante a temperatura ambiente, mientras que el dióxido de nitrógeno tiene un fuerte olor desagradable. El dióxido de nitrógeno es un líquido a temperatura ambiente, pero se transforma en un gas pardo-rojizo a temperaturas sobre 70 F.

Los óxidos de nitrógeno son liberados al aire desde el escape de vehículos motorizados, de la combustión del carbón, petróleo, o gas natural, y durante procesos tales como la soldadura al arco, galvanoplastia, grabado de metales y detonación de dinamita. También son producidos comercialmente al hacer reaccionar el ácido nítrico con metales o con celulosa. Los óxidos de nitrógeno son usados en la producción de ácido nítrico, lacas, tinturas y otros productos químicos. Los óxidos de nitrógeno se usan en combustibles para cohetes, en la nitrificación de compuestos químicos orgánicos y en la manufactura de explosivos. Los óxidos de nitrógeno son degradados rápidamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias comúnmente presentes en el aire. La reacción del dióxido de nitrógeno con sustancias químicas producidas por la luz solar lleva a la formación de ácido nítrico, el principal constituyente de la lluvia ácida. El dióxido de nitrógeno reacciona con la luz solar, lo cual lleva a la formación de ozono y smog en el aire que respiramos. Pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno pueden evaporarse desde el agua, pero la mayor parte reaccionará con el agua formando ácido nítrico. Los niveles bajos de óxidos de nitrógeno en el aire pueden irritar los ojos, la nariz, la garganta, los pulmones, y posiblemente causar tos y una sensación de falta de aliento, cansancio y náusea. La exposición a bajos niveles también

puede producir acumulación de líquido en los pulmones 1 ó 2 días luego de la exposición. Respirar altos niveles de óxidos de nitrógeno puede rápidamente producir quemaduras, espasmos y dilatación de los tejidos en la garganta y las vías respiratorias superiores, reduciendo la oxigenación de los tejidos del cuerpo, produciendo acumulación de líquido en los pulmones y la muerte. Si su piel o sus ojos entraran en contacto con altas concentraciones de monóxido de nitrógeno gaseoso o dióxido de nitrógeno líquido probablemente sufriría quemaduras graves. No sabemos si la exposición a los óxidos de nitrógeno puede afectar la reproducción en seres humanos. Cuando se liberan al suelo, pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno pueden evaporarse al aire. Sin embargo, la mayor parte será convertida en ácido nítrico u otros compuestos. Los óxidos de nitrógeno no se acumulan en la cadena alimentaria. La población general está expuesta a los óxidos de nitrógeno principalmente al respirarlos en el aire. La gente que vive cerca de fuentes de combustión como por ejemplo plantas de energía que queman carbón o de áreas donde hay intenso uso de vehículos motorizados puede estar expuesta a niveles de óxidos de nitrógeno más elevados. Las viviendas que queman mucha madera o que usan calentadores de querosén y cocinas de gas tienden a tener niveles de óxidos de nitrógeno más altos en su interior comparadas a viviendas que no usan estos artículos. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno están presentes en el humo de tabaco, por lo tanto, la gente que fuma o que inhala humo de tabaco de segunda mano puede estar expuesta a los óxidos de nitrógeno. Los trabajadores en plantas que producen ácido nítrico o ciertos explosivos tales como dinamita y trinitrotolueno (TNT), como también los trabajadores que sueldan metales, pueden inhalar óxidos de nitrógeno en el trabajo. Es probable que la exposición a los óxidos de nitrógeno afecte a los niños de la misma manera que a los adultos. Sin embargo, no sabemos si los niños tienen diferente susceptibilidad a los óxidos de nitrógeno que los adultos. La exposición de animales preñados a los óxidos de nitrógeno ha producido efectos tóxicos en los fetos. Los óxidos de nitrógeno también han producido alteraciones en el material genético de células de animales. Sin embargo, no sabemos si la exposición a los óxidos de nitrógeno podría causar efectos sobre el desarrollo en seres humanos.

### **Radiación ultravioleta UV**

La radiación ultravioleta (UV) es la energía electromagnética emitida a longitudes de onda menores que la correspondiente a la visible por el ojo humano, pero mayor que la que caracteriza a los rayos X, esto es, entre 100 y 360 nm. La radiación de longitud de onda entre 100 y 200 nm se conoce como ultravioleta lejano o de vacío. Comúnmente proviene del Sol o de lámparas de descarga gaseosa. La radiación ultravioleta es tan energética, que su absorción por parte de átomos y moléculas produce rupturas de uniones y formación de iones (reacciones fotoquímicas) además de excitación electrónica. La exposición prolongada de la piel humana a los rayos ultravioletas predispone al desarrollo de cáncer de piel.

Según su longitud de onda, suelen diferenciar tres bandas de radiación ultravioleta: UV-A, UV-B y UV-C.

- UV-A.- Banda de los 320 a los 400 nm. Es la más cercana al espectro visible y no es absorbida por el ozono.
- UV-B.- Banda de los 280 a los 320 nm. Es absorbida casi totalmente por el ozono, aunque algunos rayos de este tipo llegan a la superficie de la Tierra. Es un tipo de radiación dañina, especialmente para el ADN. Provoca melanoma y otros tipos de cáncer de piel.

También puede estar relacionada, aunque esto no es tan seguro, con daños en algunos materiales, cosechas y formas de vida marinas.

- UV-C.- Banda de las radiaciones UV menores de 280 nm. Este tipo de radiación es extremadamente peligroso, pero es absorbido completamente por el ozono y el oxígeno.

El oxígeno y el ozono estratosféricos absorben entre el 97 y el 99 % de las radiaciones UV de entre 150 y 300 nm, procedentes del Sol. La cantidad de radiación UV-B recibida en la superficie depende mucho de la latitud y la altura sobre el nivel del mar del lugar. Cerca de las zonas polares el Sol está siempre bajo en el horizonte y los rayos solares atraviesan capas más espesas de atmósfera por lo que la exposición a UV-B es, de media, unas mil veces menor en las zonas polares que en el ecuador. También influye la cubierta de nubes que protege más cuanto más gruesa es y la proximidad a las zonas industriales porque la contaminación con ozono troposférico típica del smog fotoquímico filtra estas radiaciones.

En cantidades pequeñas, las radiaciones ultravioletas son beneficiosas para la salud y desempeñan una función esencial en la producción de vitamina D. Sin embargo, la exposición excesiva a ellas se relaciona con diferentes tipos de cáncer cutáneo, quemaduras de sol, envejecimiento acelerado de la piel, cataratas y otras enfermedades oculares. También se ha comprobado que estas radiaciones aminoran la eficacia del sistema inmunitario.

La exposición excesiva a las radiaciones ultravioleta ocasiona varias alteraciones crónicas de la piel.

- Melanoma maligno cutáneo: cáncer maligno de la piel potencialmente mortal.
- Carcinoma espinocelular: cáncer maligno que generalmente avanza con menor rapidez que el melanoma y ocasiona la muerte con menor frecuencia.
- Carcinoma basocelular: cáncer cutáneo de crecimiento lento que predomina en las personas mayores.
- Foto-envejecimiento: pérdida de la firmeza de la piel y aparición de queratosis celular.

En Australia, en la Gran Barrera de Coral, se ha reportado el primer hallazgo de cáncer de piel en pescados salvajes. Tres clases de trucha con manchas oscuras y lesiones que serían el equivalente al Melanoma cutáneo. El hallazgo se produce justo debajo del mayor agujero de la Capa de Ozono del planeta, razón por la cual es el punto donde se recibe mayor radiación ultravioleta.

Las radiaciones ultravioleta ocasionan los efectos agudos conocidos como fotoqueratitis (inflamación de la córnea) y fotoconjuntivitis (inflamación de la conjuntiva). Estos efectos desaparecen por completo, se previenen fácilmente usando gafas protectoras y no se acompañan de lesiones a largo plazo.

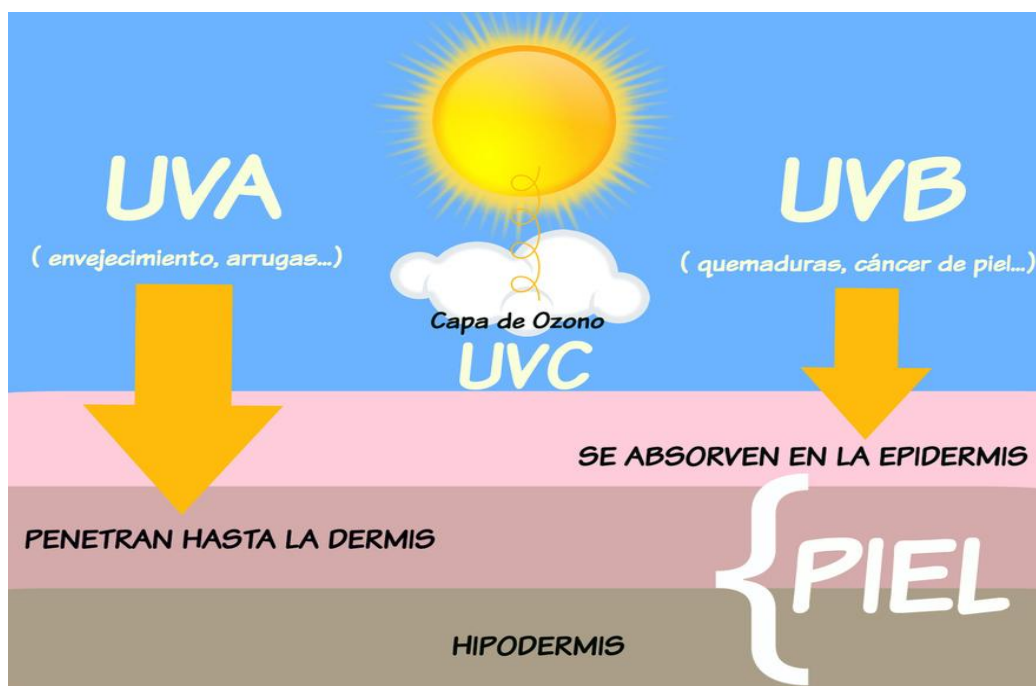


Figura 6. Acción de la radiación UV.

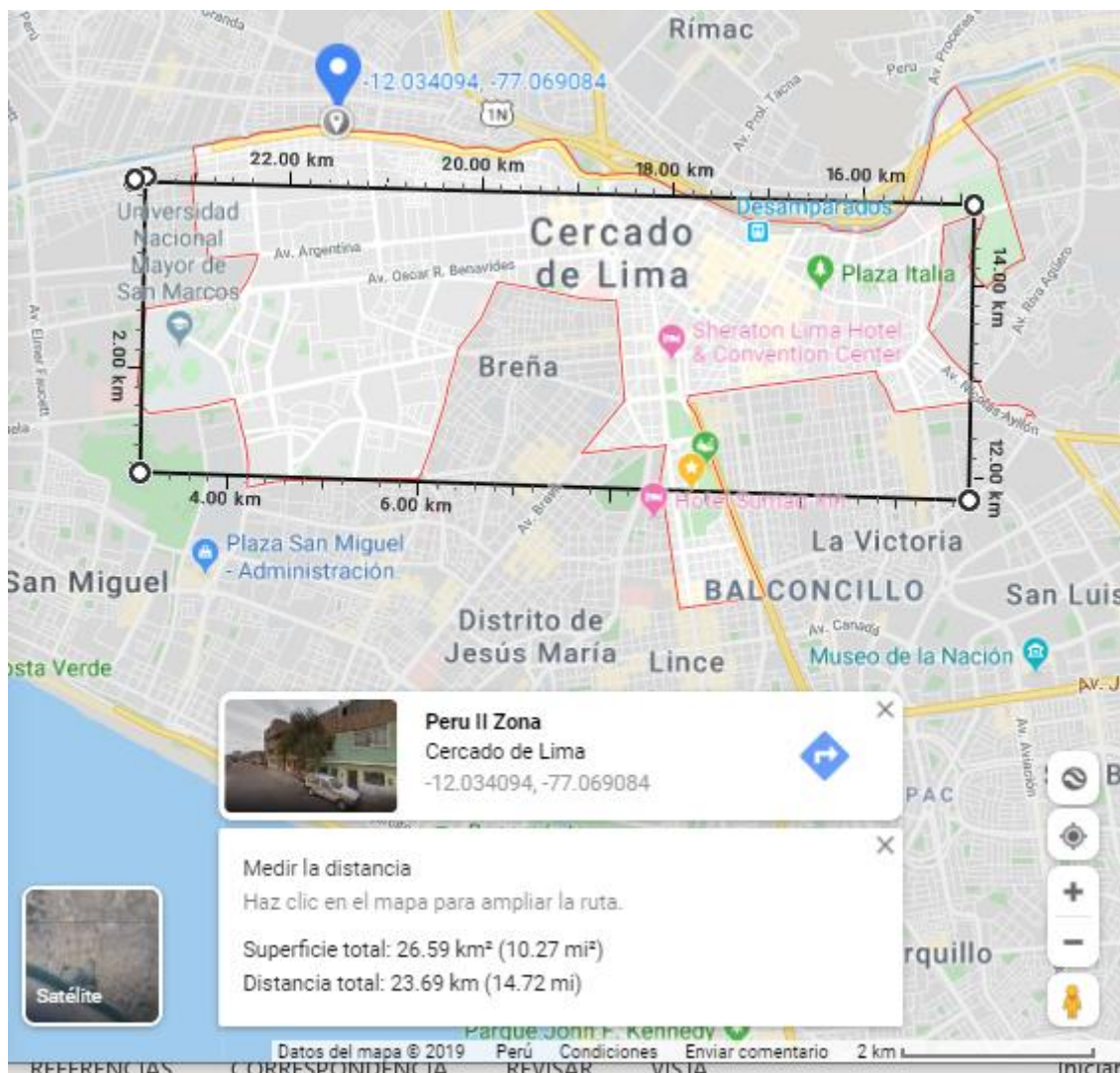
Fuente :<https://www.minan.gob.pe/sites/senamhi>

## Capítulo III: Metodología de la investigación

### Protocolo de monitoreo de la calidad del aire

Se elige un modelo de monitoreo para la zona del Cercado de Lima, de acuerdo a los objetivos de este estudio, que en este caso es elaborar planes de contingencia, hacer recomendaciones para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan Lima Cercado. De acuerdo al CENMA (2003), la escala espacial para medir la calidad de aire en este caso es mediante la Escala Urbana de 4 a 100 Km de perímetro urbano, de acuerdo a la figura 7 del Google maps. Estas caracterizaciones se emplean para caracterizar las concentraciones de un contaminante en un área completamente metropolitana, como la de Lima Cercado, la medición reflejara la medición que se hará con instrumentos pasivos para determinar la concentración de contaminantes de acuerdo a este estudio como son los CO, CO<sub>2</sub>, nitratos, sulfatos, Radiación electromagnética y radiación UV.





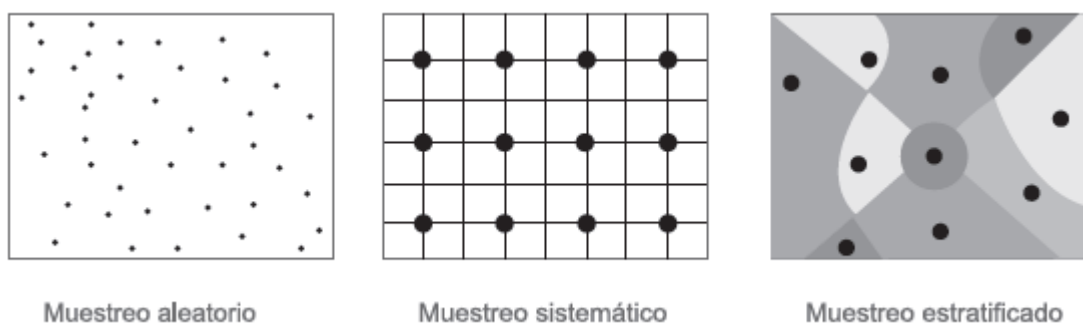
**Figura 7. Determinación del área a ser muestreada para determinar la calidad del aire**  
**Fuente: Elaboración propia**

### **Método de muestreo**

Dado que el objetivo de este estudio es determinar los niveles de contaminación del aire que se respira en Lima Cercado, se procedió a consultar diversos trabajos donde se muestran los métodos de medición de la contaminación del aire, los reglamentos y normas vigentes para la medición de la contaminación permitidos y a zonificar las áreas donde se harían las mediciones.

La zona del Cercado de Lima, se divide de acuerdo a un Programa de Muestreo, de acuerdo a los objetivos de este estudio que son determinar los niveles de contaminantes en el aire que se respira en Lima Cercado, se utilizó la **escala urbana, sobre el área de Lima Metropolitana**, se utilizaron varios sitios de medición. Estas áreas se caracterizan por tener condiciones homogéneas, a fin de abarcar un amplio radio. Este tipo de medición se utiliza para calcular las tendencias de la calidad de aire en toda una ciudad. Para determinar la distribución de concentración de contaminantes, se ha procedido mediante un muestreo probabilístico (Redes, Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del Aire, pag.20). Se ha procedido a medir en los lugares señalados en el mapa para hacer

representativa la zona de estudio. Los tipos de muestreo más utilizados para una red de medición de la contaminación del aire son como se muestra en la figura



**Figura 8. Tipos de muestreo para la toma de datos de la contaminación del aire**

Para esta investigación se ha utilizado el Muestreo Estratificado, se divide el área de estudio en celdas de acuerdo a la distribución de las calles, avenidas corredores que hay en Lima Metropolitana. Para elegir las celdas donde se colocaran los equipos de muestreo se tomó la primera al azar y las subsecuentes a intervalos de  $k$ , donde  $k$  es igual al número total de celdas dividido por el número de equipos disponibles para el muestreo. El equipo de muestreo se coloca en el centro de la celda seleccionada, este método es adecuado en terrenos llanos.

### **Criterios para la selección de métodos**

Es recomendable elegir la técnica idónea para desarrollar las tareas, si se emplea un método inadecuado, demasiado sofisticado o que conduce a errores, el desempeño de la red podría ser deficiente, generar datos de poca utilidad y –lo que es peor- pérdida de recursos. Si bien los objetivos del monitoreo son el principal factor que se debe considerar para el diseño, también es importante tener en cuenta las limitaciones de recursos y la disponibilidad de personal calificado. Es necesario lograr un equilibrio entre los costos del equipo, la complejidad, la confiabilidad y el desempeño. Los sistemas más avanzados pueden suministrar datos cada vez más refinados pero su operación es más sofisticada y difícil. Los aspectos a considerar en la selección del método de medición son los siguientes:

### **Criterios de ubicación de los lugares donde se midió la contaminación del aire**

Se han utilizado para este caso equipos de medición pasiva, de pequeño volumen, para los objetivos del caso, es decir determinar los niveles de contaminación para elaborar los protocolos correspondientes

De acuerdo al Estándar OISS (2016) Organización Iberoamericana de seguridad en el trabajo, los datos se tomaron teniendo en cuenta lo siguiente, listado de equipos de medición, fichas de registro de los datos de campo, recursos técnicos humanos y económicos, programa de seguimiento de control interno o externo,

Para realizar las mediciones se ha tenido en cuenta que hay que evitar zonas topográficas y meteorológicas que no sean representativas de la zona, en el caso de Lima Cercado la zona es meteorológicamente estable; evitar la colocación de equipos a la orilla de un río, ya que

se generan corrientes de aire descendente, se hicieron mediciones a dos cuadras del río Rimac, para evitar las corrientes descendentes; evitar la instalación en cimas, collados o valles porque se producen vientos locales; que no haya edificios ni bardas alrededor de la estación, a fin de que el perímetro de la zona quede libre; elegir sitios donde no hayan corrientes de aire que propicien la acumulación de polvo al momento de la medición; evitar la presencia de árboles ya que estos tienen hojas que absorben los contaminantes; que en el lugar de la medición no hayan fuentes de emisión fija (incinerador, chimenea de caldera, gasolinera, basurero, estacionamiento, laboratorio químico, cocina, sanitario, establo, torre de enfriamiento, orificio de succión, y emisión, fuente de vibración, volcán, aguas termales entre otros, que para el caso de Lima Cercado no ha pasado; evitar el impacto directo, no debe haber polvo fino proveniente de calles de gravilla o tierras de cultivo. Como se van a medir contaminantes provenientes de fuentes móviles, se tuvo en cuenta medir en las principales calles o avenidas.

### Toma de datos

El diseño del muestreo consiste en proponer y aplicar en cada sitio el procedimiento más adecuado para obtener la información apropiada sobre el contenido de sustancias contaminantes en el aire. Para la toma de datos, se tuvo en cuenta la disponibilidad de los sensores, equipamiento necesario, personal adecuado para la medición, simplicidad de aplicación y uso, confiabilidad y compatibilidad, costos de adquisición, operación y mantenimiento.

### Muestreo .Determinación del número de sitios de medición

El número y distribución de estaciones de monitoreo depende del área a ser cubierta, de la variabilidad espacial de los contaminantes, del uso final de los datos requeridos, de la disponibilidad de recursos y la factibilidad de despliegue de instrumentos. Los criterios son La cantidad de población que habita en el área que se pretende monitorear

Los tipos de contaminantes

Los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles

**La OMS recomienda:**

**Tabla 5 Recomendación de un número mínimo de estaciones**

Población urbana (millones)	Parámetros de monitoreo					
	PM-10	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Oxidantes	CO	Meteorológicos <sup>1</sup>
Menos de 1	2	4	1	1	1	1
1 – 4	5	5	2	2	2	2

<sup>1</sup> Velocidad y dirección del viento, Temperatura, Humedad, Gradiente de temperatura

Estos valores pueden cambiar si se consideran los siguientes aspectos:

En zonas industriales se deben instalar más estaciones de medición de partículas y dióxido de azufre.

En zonas donde se utilicen combustibles pesados se debe incrementar el número de estaciones de dióxido de azufre.

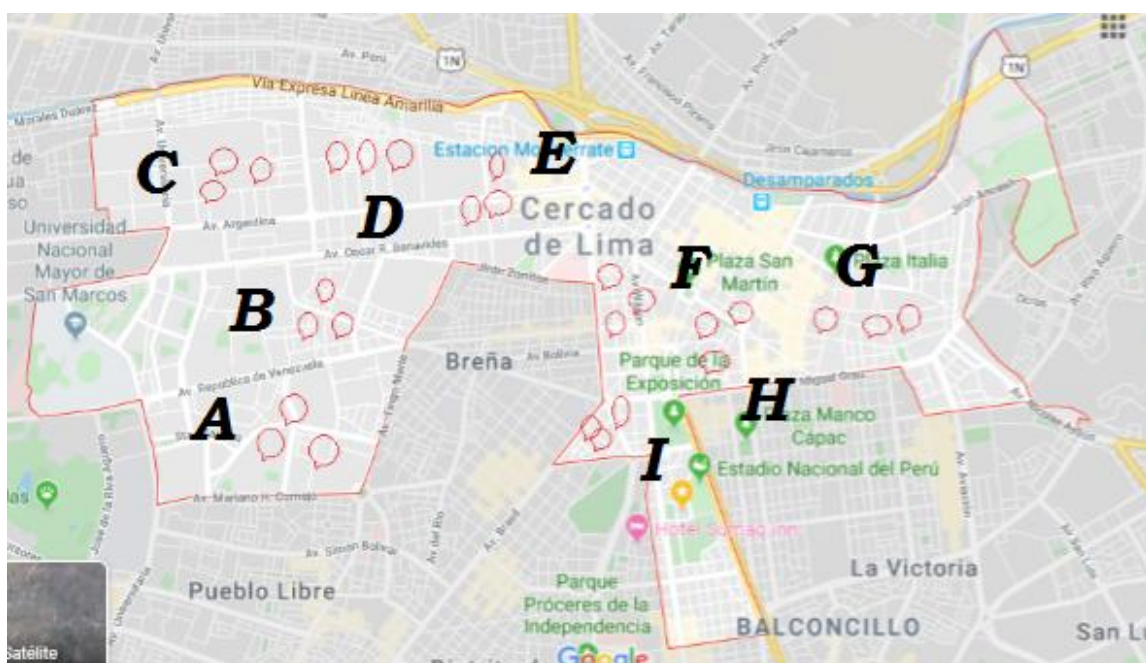
En zonas de alto tráfico de deben duplicar las estaciones de monóxido de carbono y óxido de nitrógeno.

También existen criterios que recomiendan un número de estaciones basándose no sólo en la cantidad de población de una zona, sino en la concentración del contaminante a medir. En este contexto, se recomienda un mayor número de estaciones en aquellas zonas que presentan mayor densidad de población con altas concentraciones de contaminantes, que

excedan los valores límite.

Cabe señalar que las recomendaciones para el número mínimo de estaciones de la OMS son técnicamente importantes pero finalmente el número de estaciones a implementarse dependerá de las limitaciones presupuestarias con las que se operarán las redes de monitoreo. Por ello se recomienda utilizar estaciones temporales o unidades móviles para poder establecer el número de estaciones económicamente viable y que garantice la representatividad del área en estudio.

Se han utilizado 27 puntos para hacer las mediciones, de acuerdo a la siguiente ubicación:



**Figura 9: Sistematización de las áreas consideradas para hacer las mediciones de la calidad del aire. Fuente: Elaboración propia**

### Parámetros técnicos

**Selectividad:** indica el grado por el cual un método puede determinar un contaminante sin ser interferido por otros componentes.

**Especificidad:** indica el grado de interferencias en la determinación

**Límite de detección:** es la concentración mínima detectable por un sistema de medición

**Sensibilidad:** tasa o amplitud de cambio de la lectura del instrumento con respecto a los cambios de los valores característicos de la calidad del aire.

**Exactitud:** grado de acuerdo o semejanza entre el valor verdadero y el valor medio o medido. Depende tanto de la especificidad del método como de la exactitud de la calibración, que a su vez depende de la disponibilidad de estándares primarios y de la forma como es calibrado el equipo. Indica la ausencia de errores por predisposición o sesgo por azar.

**Precisión:** Grado de acuerdo o semejanza entre los resultados de una serie de mediciones aplicando un método bajo condiciones predeterminadas y el valor medio de las observaciones.

**Calibración del instrumento:** disponibilidad de gases de calibración en el mercado

(estándares primarios) y a su aplicación en el sistema de muestreo, así como a la necesidad de la frecuencia de su uso.

### **Gases de calibración: gases primarios o secundarios**

Tiempo de respuesta del instrumento: corresponde al tiempo necesario para que el monitor responda a una señal dada, o sea el periodo transcurrido desde la entrada del contaminante al instrumento de medición hasta la emisión del valor de la medición. Se suele distinguir dos partes, el tiempo de retraso, aquel en que se alcanza el 10% del cambio final en el instrumento de lectura y el tiempo de crecimiento o caída, durante el cual se pasa del 10% al 90% del cambio final en el instrumento de lectura.

### **Otros parámetros:**

Disponibilidad de los sensores

Resolución espacial

Mantenimiento

Porcentaje del intervalo de tiempo fuera de operación

Equipamiento adicional necesario

Mano de obra especializada requerida para operación y mantenimiento

Simplicidad de aplicación y uso

Confiabilidad y compatibilidad

Costo de adquisición, operación y mantenimiento

Soporte

### **Aseguramiento de la calidad**

Presentar los reportes y análisis de medición.

Revisar los procedimientos normalizados de operación.

Preparar auditorias y coordinar las acciones correctivas.

Planificar el mantenimiento preventivo.

Gestionar la adquisición de material de referencia, repuestos y equipos de calibración requeridos para el cumplimiento de objetivos.

Coordinar rondas de inter comparación para demostrar la trazabilidad de los equipos de medición.

### **Selección de parámetros a monitorear**

Los contaminantes atmosféricos son producidos por fuentes fijas y móviles, los cuales pueden generar problemas a lo largo de su desplazamiento y generar contaminantes secundarios (lluvia ácida u ozono). El alto costo para el monitoreo de la calidad del aire con equipos automáticos en las redes no permite monitorear todos los contaminantes que se generan, por lo que las redes de monitoreo registran contaminantes que representan la calidad del aire de un área determinada. Los contaminantes a ser monitoreados son los indicados en el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM y que pueden causar efectos adversos a la salud y al ambiente.

**Tabla 6. Tipo de materiales contaminantes a medir .Fuente: Elaboración propia**

<b>Grupo</b>	<b>Parámetro</b>
Material particulado	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Material particulado respirable de diámetro menor a 10 <math>\mu\text{m}</math> (PM-10)</li> <li>– Material particulado respirable de diámetro menor a 2.5 <math>\mu\text{m}</math> (PM-2.5)</li> </ul>
Gases	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dióxido de azufre</li> <li>– Monóxido de carbono</li> <li>– Dióxido de nitrógeno</li> <li>– Ozono</li> <li>– Sulfuro de hidrógeno</li> </ul>
Meteorológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dirección del viento</li> <li>– Velocidad del viento</li> <li>– Temperatura</li> <li>– Humedad relativa</li> <li>– Precipitación</li> <li>– Radiación Solar</li> <li>– Altitud</li> <li>– Perfil vertical de temperatura</li> <li>– Nubosidad</li> </ul>

### **Descripción de los diferentes métodos de medición de la calidad el aire**

De acuerdo a la Guías de la Calidad del Aire de la OMS, los métodos de monitoreo se pueden dividir en cuatro tipos genéricos principales con diferentes costos y niveles de desempeño e incluyen a los muestreadores pasivos, muestreadores activos, analizadores automáticos y sensores remotos.

#### **Muestreadores pasivos**

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

#### **Listado de equipos de medición**

**Medidor de partículas de polvo en el aire, 1.0  $\mu\text{m}$ , 2.5  $\mu\text{m}$  y 10  $\mu\text{m}$ :** sensor de temperatura y humedad.

El medidor de partículas PGM-300 es adecuado para una variedad de detección de concentración de partículas de polvo en el aire en diversos entornos industriales y entornos especiales.



**Tabla 7. Equipos de medición de Material Particulado PPM2.5, PPM10**

<p><b>Marca:</b> BOSEAN  <b>Modelo:</b> PGM-300  <b>Características del equipo PGM-300</b>  <b>Partículas de polvo:</b> Sensor de partículas de polvo láser 1.0 um, 2.5 um, 10 um.  <b>Humedad:</b> Desde 0 to 100 % de Humedad Relativa (H.R)  <b>Temperatura:</b> Desde -40° a 120°C  <b>Método de detección:</b> tipo de bombeo, bomba potente incorporada, tasa de flujo: 500-1000 mL /mínimo ajustable.  <b>Precisión de detección:</b> <math>\leq \pm 3\%</math>  <b>Error de linealidad:</b> <math>\leq \pm 1\%</math>  <b>Calibración:</b> Calibración automática, con calibración de densidad de niveles múltiples, hasta seis puntos de calibración para poder garantizar la precisión de medición y la linealidad, tiene una función de recuperación de datos y la alerta de una próxima fecha de calibración.</p>	<p style="text-align: center;"><b>PANTALLA DEL EQUIPO</b></p>  
---	--

Fuente: Equipo del Laboratorio de Higiene y Seguridad Industrial, Universidad Peruana de las Americas, 2019

**Tabla 8. Equipos de la calidad del aire CO, CO2 y equipo de edición de radiación UV**



<p><b>Medidor de calidad de aire: Mide CO2 / CO / O2 / H.R. y Temperatura. (AIR QUALITY METER)</b></p> <p><b>Modelo:</b> AQ-9901SD  <b>Normas Técnicas:</b> El equipo utiliza ISO-9001, CE, IEC1010.  <b>Características del equipo AQ-9901SD;</b>  a) <b>CO2:</b> Mide concentraciones de Dióxido de Carbono  <b>Rango:</b> Desde 0 a 4000 ppm.  <b>Precisión:</b> +/- 40 ppm, * =&lt; 1000 ppm  * &gt; 1000 ppm =&lt; 3000 ppm  <b>Precisión:</b> +/- 250 ppm típicamente  * &gt;= 3000 ppm, solo como referencia  <b>Temperatura:</b> *Rango: 0°C a 50° C (32°F to 122 °F)  * Resolución: 0.1 °C  * Precisión: °C: +/- 0.8  °C y °F: +/- 1.5 °F  b) <b>CO:</b> Mide concentraciones de Monóxido de Carbono  <b>Rango:</b> Desde 0 a 1000 ppm.  <b>Resolución:</b> 1 ppm</p>	
--	--

<p><b>Precisión:</b> +/- (5% + 2 ppm)  <b>Temperatura:</b> *Rango: 0°C a 50° C (32°F to 122 °F)  * Resolución: 0.1 °C  * Precisión: °C: +/- 0.8 °C y °F: +/- 1.5 °F</p> <p>c) <b>O2:</b> Mide concentraciones de Oxígeno en el Aire.  <b>Rango:</b> Desde 0 a 30% de O2  <b>Resolución:</b> 0.1 % de O2  <b>Precisión:</b> +/- (1% de la lectura + 0.2 % de O2)  Después de la calibración.  <b>Temperatura:</b> *Rango: 0°C a 50° C (32°F to 122 °F)  * Resolución: 0.1 °C  * Precisión: °C: +/- 0.8 °C y °F: +/- 1.5 °F</p>	
<p><b>Medidor de luz UV de bolsillo:</b> UV Light Meter  Y sensor de temperatura y humedad.</p> <p>Marca: LUTRON  Modelo: SP-82UV  Características del equipo SP-82UV;  Banda de Operación: 250 nm a 390 nm.  Medición: Luz UV ( UV Light)  Humedad de Operación: Máx. 80% de HR.  Temperatura de Operación: 0 °C a 50 °C ( 32 a 122 °F)</p> <p>Rango: 0 a 1999 uW/cm<sup>2</sup>    2 a 20 uW/c  Resolución: 1.0 uW/cm<sup>2</sup>        0.01 uW/cm<sup>2</sup>  Precisión: ± ( 4 % FS + 2 dgt ) ; Donde FS: Full Scale</p>	

Fuente: Universidad Peruana de las Américas



**Tabla 9 Medición de campo eléctrico**

<p><b>Medidor de Campo Eléctrico portátil EMF819:</b></p> <p><b>Marca:</b> LUTRON <b>Modelo:</b> EMF819  <b>Normas Técnicas:</b> El equipo utiliza ISO-9001, CE, IEC1010.  <b>Características del equipo EMF819;</b>  <b>Banda de Frecuencias de Operación:</b> 100 MHz a 3 GHz.  <b>Medición:</b> V/m, W/m<sup>2</sup>, mW/cm<sup>2</sup>.  <b>Humedad de Operación:</b> Menos del 80% de HR.  <b>Temperatura de Operación:</b> 0 a 50 °C <b>Estructura de la Sonda de Prueba:</b> 3 Ejes.<b>Precisión:</b> 2 dB  <b>Estructura del Sensor:</b> Semiconductor</p> <p style="text-align: center;"><b>ESPECIFICACIONES</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ELECTRICAS ( 23 ± 5 °C)</b></p> <table border="1" data-bbox="256 936 928 1503"> <thead> <tr> <th>Rango de Fuerza</th> <th>Resolución</th> <th>Valor Efectivo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 a V/ m 200</td> <td>0.01 V/m</td> <td>&gt;V/ m</td> </tr> <tr> <td>0 a mW/cm<sup>2</sup> 99.99</td> <td>0.001 W/m<sup>2</sup></td> <td>0.03 W/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>0 a mW/cm<sup>2</sup> 9.999</td> <td>0.0001 mW/cm<sup>2</sup></td> <td>0.0003 mW/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <th>Frecuencia</th> <th>Precisión</th> <th>Punto de Prueba</th> </tr> <tr> <td>50 Mhz a 2.5 GHz</td> <td>&lt; 2 dB</td> <td>60 V/m</td> </tr> </tbody> </table>	Rango de Fuerza	Resolución	Valor Efectivo	0 a V/ m 200	0.01 V/m	>V/ m	0 a mW/cm <sup>2</sup> 99.99	0.001 W/m <sup>2</sup>	0.03 W/cm <sup>2</sup>	0 a mW/cm <sup>2</sup> 9.999	0.0001 mW/cm <sup>2</sup>	0.0003 mW/cm <sup>2</sup>	Frecuencia	Precisión	Punto de Prueba	50 Mhz a 2.5 GHz	< 2 dB	60 V/m	
Rango de Fuerza	Resolución	Valor Efectivo																	
0 a V/ m 200	0.01 V/m	>V/ m																	
0 a mW/cm <sup>2</sup> 99.99	0.001 W/m <sup>2</sup>	0.03 W/cm <sup>2</sup>																	
0 a mW/cm <sup>2</sup> 9.999	0.0001 mW/cm <sup>2</sup>	0.0003 mW/cm <sup>2</sup>																	
Frecuencia	Precisión	Punto de Prueba																	
50 Mhz a 2.5 GHz	< 2 dB	60 V/m																	
<p><b>Detector portátil de gases: LEL, O2, NO2, CO.</b></p> <p><b>Marca:</b> HANWEI  <b>Modelo:</b> E4000</p> <p><b>Características del equipo;</b> El detector de gases portátil E4000 cuenta con nuevo diseño, el cual permite detectar hasta 4 tipos de gases de forma simultánea, incluyendo gases tóxicos y gases combustibles.</p> <p><b>Medición:</b> Método de muestreo: difusión natural o muestreo de bomba incorporado.</p> <p><b>Protección de Ingreso:</b> IP66  <b>Humedad de Operación:</b> &lt; 95% H.R.  <b>Temperatura de Operación:</b> -20°C a 50°C para el gas tóxico.  <b>Sonda de prueba:</b> Sensores MOS, catalíticos, Infrarrojos, electroquímicos y PID seleccionables.</p> <p><b>Rango de indicación de error:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gas combustible ± 5% FS</li> <li>- Gas tóxico ± 5 ppm</li> </ul> <p><b>Tiempo de trabajo por carga:</b> ≤ 30 horas continuamente(sin alarma)  <b>Tiempo de carga:</b> ≤ 6 horas</p>																			

El objetivo del monitoreo es medir la contaminación y aconsejar a la población para tomar medidas preventivas para la salud, los contaminantes a monitorear en función a las fuentes que los producen son:

**Tabla 10 . Lugares donde hay mayor concentración de contaminantes**

<b>Fuente</b>	<b>Contaminante</b>
Vehículos (tráfico intenso)	Dióxido de nitrógeno Monóxido de carbono Dióxido de azufre PM-10 / PM-2.5
Domicilios / consumo de leña	PM-10 / PM-2.5 Monóxido de carbono
Industrias y domésticas / consumo de carbón	PM-10 / PM-2.5 Dióxido de azufre
Industrias / consumo de combustible residual	PM-10 / PM-2.5 Dióxido de azufre
Pesqueras	Sulfuro de hidrógeno; PM
Fundición	Dióxido de azufre
Cemento	PM-10 / PM-2.5
Generación eléctrica / consumo de carbón, residual y diesel	Dióxido de azufre PM-10 / PM-2.5
Generación eléctrica / consumo de gas	Dióxido de nitrógeno

## Capítulo IV: Resultados

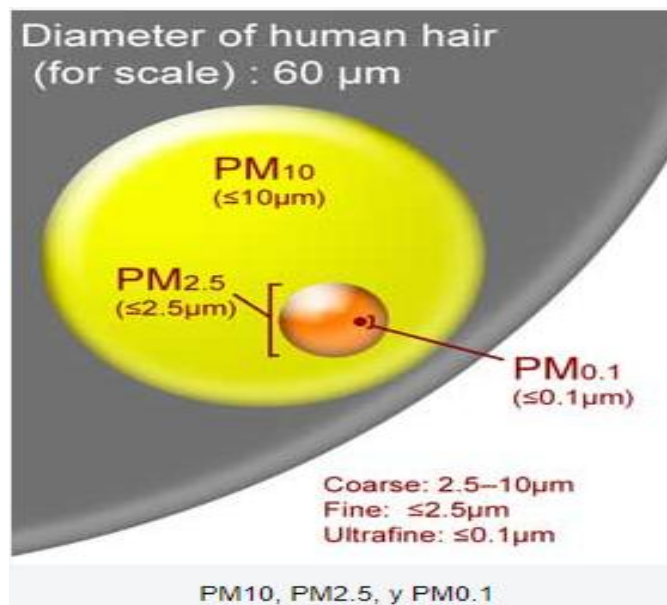
### Resultados obtenidos de acuerdo a las mediciones

**Tabla 11, valores promedios calculados de acuerdo a las mediciones mostradas en los anexos 1,2,3,4,5. :Fuete Elaboración propia**

Evaluación de	Frecuencia	Mes de Setiembre - Octubre	Recomienda la OMS
CO	1 hora 8 horas	50000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 15000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO <sub>2</sub>	1 hora	0.0015 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Nitratos Dióxido de nitrógeno NO <sub>2</sub>	1 hora	55- 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media anual 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de una hora
Sulfatos Dióxido de azufre SO <sub>2</sub>	12 horas	35-48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de 24 horas 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de 10 minutos
Radiación UV	1 hora	Naranja Alto	Verde bajo Amarillo moderado Naranja Alto Rojo Muy Alto Morado Extremadamente alto
PM2.5	12 horas	22.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media anual 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de 24 horas
PM10	12 horas	25.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media anual 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media de 24 horas
Radiación electromagnética	1 hora	0.12 – 15.25 V/m	5000V/m valor límite recomendado

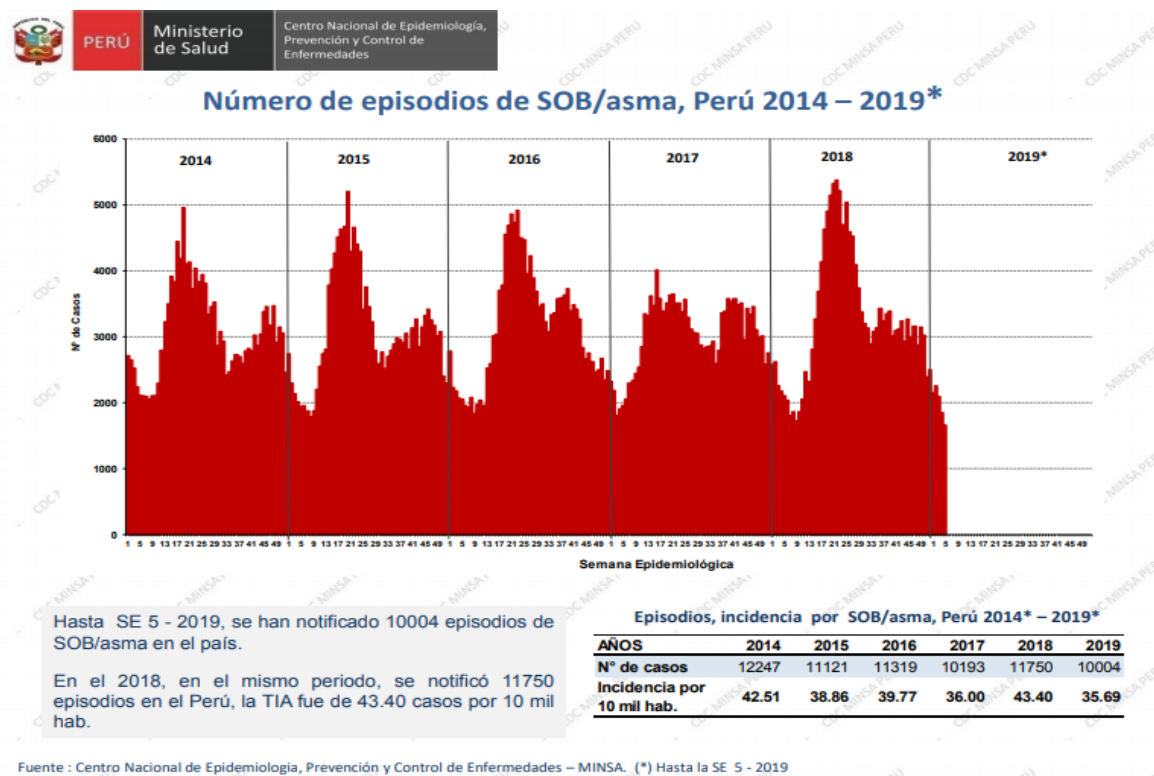
### Interpretación de los resultados

De acuerdo a los cuadros, los niveles de material particulado, en promedio 22.37  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ , es más del doble del permitido para no afectar la salud. En la ciudad de Lima Metropolitana la mezcla de partículas líquidas y sólidas tiene un efecto muy nocivo sobre el cuerpo humano, ya que estas partículas se depositan en los pulmones causando cáncer, muertes prematuras, síntomas respiratorios severos, irritación de ojos y nariz, exacerbación del asma y agravamiento de enfermedades cardiovasculares.



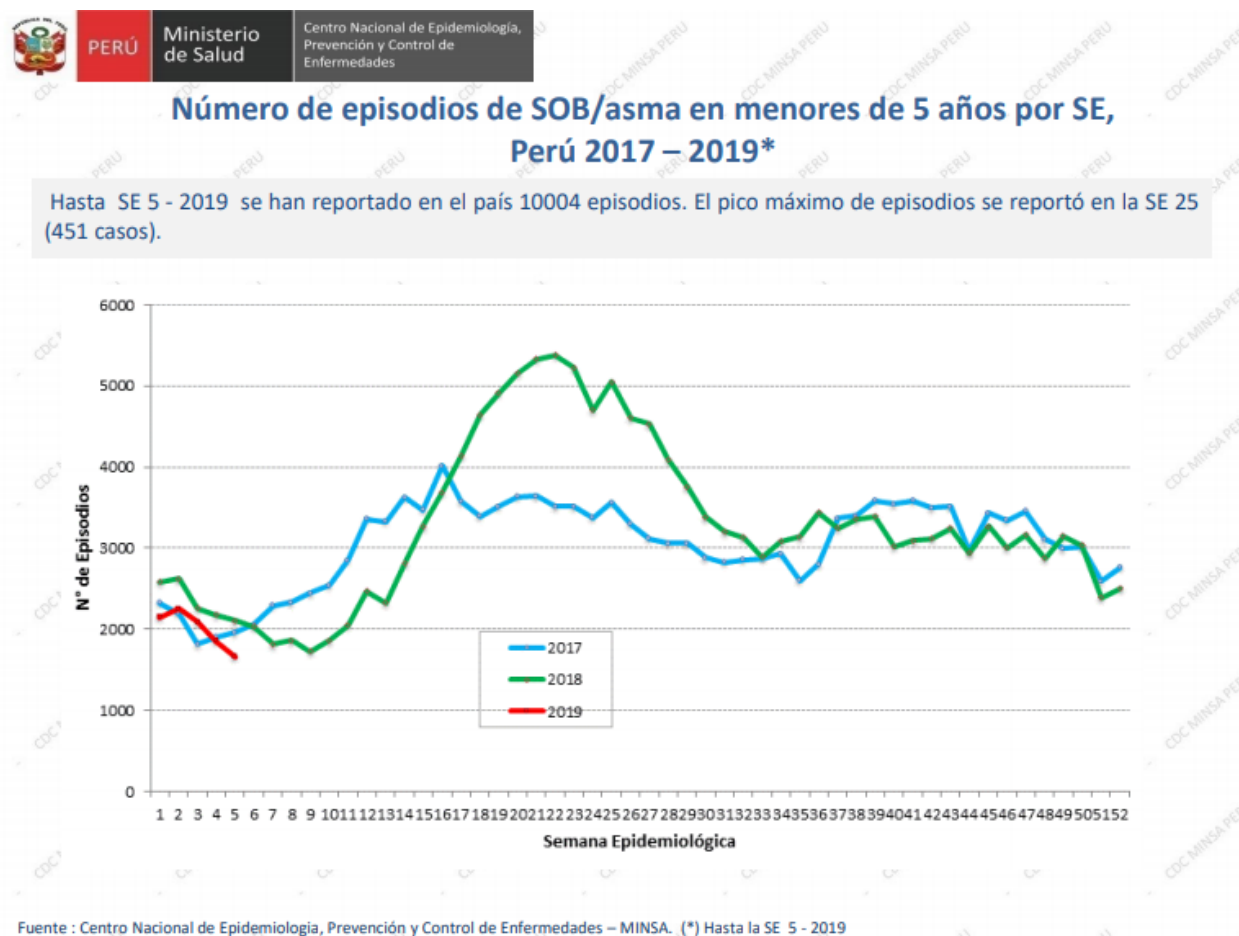
**Figura 10. Comparación del material particulado con el cabello humano** Fuente:<https://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/PM10-PM2.5-PM0.1.htm>

Los niños son los más vulnerables a la contaminación ambiental, al respirar aire contaminado la incidencia de enfermedades respiratorias es muy alta, según la OMS el 91% de muertes prematuras se produjeron en países de bajos y medianos ingresos, sobre todo de las regiones de Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental, siendo el Perú un país cuya capital es una de las más contaminadas del mundo.



**Figura 11. Pacientes asmáticos entre 2014 - 2019**  
**Fuente: Centro Nacional de Epidemiología y Control de Enfermedades- MINSA**

La contaminación ambiental también se da en el interior de las viviendas, debido a que muchas familias utilizan el carbón o la quema de residuos sólidos para cocinar sus alimentos, mujeres embarazadas están respirando humo de tabaco lo que les causa partos prematuros y/o problemas respiratorios a niños entre meses y 5 años. En el caso de Lima cercado es común la venta ambulatoria y en restaurantes de alimentos cocinados al carbón o a la leña que estarían contribuyendo a contaminar el aire o poner en peligro a la gente que trabaja en esos lugares, en el caso del aire doméstico, se debe tener cuidado en usar tecnologías limpias para cocinar teniendo en cuenta las horas que pasan las personas en la cocina cuando preparan los alimentos.



**Figura 12 Pacientes asmáticos menores de 5 años**  
Fuente: Centro Nacional de Epidemiología y Control de Enfermedades- MINSA

Las emisiones de sulfuros y nitratos en Lima Metropolitana es alta debido a la gran cantidad de autos con mucho tiempo de antigüedad, la política de gravar con impuestos a los autos nuevos, debe ser al revés, debería exonerarse a los autos nuevos y poner impuestos a los autos más antiguos. La política de pico y placa debe extenderse hasta sábados y domingos, pues es en estos días que hay gran cantidad de tráfico y congestión vehicular contaminando la ciudad. Los materiales particulado son tan pequeños que pueden traspasar las mucosas y dañar nuestros pulmones, corazón y cerebro. En suma los principales contaminantes son : las partículas, que son una mezcla de líquido y sólido procedente principalmente de la quema de combustibles, el dióxido de nitrógeno procedente del tránsito rodado, el ozono a nivel del suelo, causado por la reacción de la luz solar con los contaminantes de los establecimientos industriales y los gases emitidos por vehículos a petróleo o diésel; el dióxido de azufre que es un gas invisible procedente de la quema de combustible fósil como el carbón. La población más vulnerable son los niños, quienes están más expuestos a las enfermedades respiratorias, pues en Lima Cercado no hay lluvias y vientos que purifiquen el ambiente por lo que la contaminación del aire, los ambientes con poca ventilación y la alta humedad crean condiciones propicias para el desarrollo del moho ambiental y la presencia de ácaros.. Cánceres y disfunción cognitiva en lactantes, niños y adolescentes son la consecuencia de respirar aire contaminado. En el Perú se deben proponer políticas ambientales a partir de todos los ministerios, con medidas paralelas.

## **CapítuloV: Conclusiones**

Dadas las cantidades de partículas que contaminan el aire en Lima Cercado y la forma como este aire contaminado afecta la salud de los habitantes de una ciudad, se propone el siguiente mayoritariamente por la quema de combustibles para el transporte público y privado, Plan de Contingencia:

**Sensibilizar a la población de Lima de la urgencia de respirar un aire que no dañe la salud de la población.**

- **Extender Pico y Placa hasta sábados y domingos**
- **Dar un sticker ecológico para quienes tengan autos híbridos o eléctricos**

**Enviar petitorios al gobierno para que legisle en favor de la mejora de la calidad del aire**

- **Incentivos al uso de energías renovables**
- **Normar para incentivar el uso de vehículos eléctricos para transporte masivo**
- **Mejorar el modelo de transporte masivo para que circulen menos vehículos convencionales privados**
- **Propiciar las normas para facilitar la instalación de electrolinerías en lugares públicos y privados**
- **Gobiernos regionales y alcaldes, no utilizar pesticidas, plaguicidas peligrosos que contaminan el aire.**
- **El sector industrial debe ser sensible al daño que producen los combustibles inadecuados, los residuos químicos y utilizar menos productos químicos contaminantes.**

**Educar a la población de Lima Cercado**

- **Planificar programas de capacitación en los colegios a las familias para prevenir las enfermedades broncas respiratorias debido a la contaminación del aire dentro de las viviendas.**
- **Las escuelas públicas y privadas deben garantizar su funcionamiento sin ruido, ni contaminación, promoviendo la buena nutrición.**
- **Capacitar y sensibilizar a la población para que no use combustibles contaminantes en la cocina.**
- **Los Centros de Salud y Hospitales deben capacitar a los usuarios en las buenas prácticas de sostenibilidad ambiental y prevención de enfermedades infecto contagiosas.**
- **Se debe promover tener más áreas verdes**
- **No utilizar pinturas interiores que contengan plomo.**
- **No usar materiales de construcción contaminantes.**
- **Capacitar a los Directores, Promotores, Gerentes de empresas públicas y privadas para que los ambientes de trabajo sean higiénicos y ventilados.**
- **Capacitar a los transportistas para que las unidades de transporte público estén ventiladas y no se permita fumar dentro de ellas.**
- **Capacitar a los encargados del Metropolitano, Corredor Azul, Línea Amarilla, etc. para que los vehículos estén limpios y ventilados, así como también que aumenten sus unidades para que los pasajeros respiren un mejor aire durante el viaje.**



## **VI. Referencias Bibliográficas**

- Amparo Rodríguez, G. y. (2016). La prevención en materia ambiental: tendencias actuales.
- al, Y. C. (2011). *Emisiones Atmosféricas de Origen Biológico*. Santa Marta: EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD DE MAGDALENA.
- al., L. O. (2017). *Gestión Ambiental en Entornos Metropolitanos*. Buenos Aires: 2017 Diseño Editorial.
- Asesores, T. (2013). Gestión ambiental en la empresa.
- Aurora, C. N. (2018). *Gestión del conocimiento ambiental: una herramienta para mejorar los resultados empresariales y sociales en empresas hoteleras*
- Boldo, E. (2016). *La Contaminación del aire*. Madrid: Catarata.
- Brown, P. (2009). *Contaminación Ambiental*. Madrid: EDICIONES MORATA, S.L.
- Camargo Caicedo, Y. e. (2011). *Emisiones atmosféricas de origen biológico*.
- Carretero Peña, A. (2016). *Aspectos ambientales: identificación y evaluación*.
- CASTRO, M. F. (2012). *COMO ELABORAR EL MANUAL AMBIENTAL DE LA EMPRESA Según la Norma ISO 14001:2004*. Madrid: FUNDACIÓN CONFEMETAL.
- Brown, P. (2019). *Contaminación Global*
- Delgado, F. M. (2017). *Los procesos industriales y el medio ambiente*. Bogotá: Universidad de Ibagué.
- Fernández, F. d. (2017). *MF1971\_3: Normativa y política interna de gestión ambiental de la organización*. Málaga: IC Editorial.
- Granero Castro, J. y. (2012). *Cómo elaborar el manual ambiental de la empresa según la norma ISO 14001:2004* ICONTEC. (2015). *NTC Sistema de Gestión Ambiental*. Bogotá: Contacto Gráfico Ltda.
- ICONTEC. (2015). *Compendio Sistema de gestión ambiental*.
- Innovaciób y Cualificación, S. (2017). *Gestión Ambiental en la Empresa*. Málaga: IC Editorial.
- Jorge Amilcar, F. (2018). *Gestión ambiental en entornos metropolitanos* Navarro, A. M. (2018). *Gestión del Conocimiento ambiental*. Madrid: Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, S.A).
- Mendez Delgado, F. (2017). *Los procesos industriales y el medio ambiente: un nuevo paradigma*.
- Nogales Muñoz, F. d.-T. (2017). *MF1971\_3: Normativa y política interna de gestión ambiental de la organización*.

- Peña, A. C. (2016). *Aspectos ambientales. Identificación y evaluación*. España: AENOR.
- Quadri de la torre, G. (2012). *Ayudemos a defender el medio ambiente: políticas y acciones prácticas*.
- Quiroz Quispe, C. E., & Baradacco, V. (2003). *Las Américas*. Lima: Martel.
- Sánchez Miguel, F. &. (2007). *Cómo implantar un sistema de gestión ambiental según la norma ISO 14001:2004*.
- Sánchez, J. G. (2004). *COMO IMPLANTAR UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL SEGÚN LA NORMA ISO 14001:2004*. Madrid: FUNDACION CONFEMETAL.
- SPEEDING, D. (2015). *CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA*. Loreto: Editorial Reverté, S.A.
- TORRE, G. Q. (2017). *AYUDEMOS A DEFENDER EL MEDIO AMBIENTE*. Ciudad de México: Editorial Trillas, S.A.
- Vargas-Chaves, G. A. (2016). *La Prevención en materia ambiental: tendencias actuales*. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.

Fuentes consultadas:

- [https://www.ecured.cu/radiación\\_ultravioleta](https://www.ecured.cu/radiación_ultravioleta)
- <https://www.senamhi.gob.pe/p=radiación-uv>
- <https://www.minan.gob.pe/sites/senamhi>

## ANEXO 1

Evaluación	NITRATOS					Observ
	ZONA A		ZONA A			
	Día 1					
Hora <b>NO2</b>	12:10 ug/m3	12:20 ug/m3	12:30 ug/m3	12:40 ug/m3	12:50 ug/m3	
A1	45	39	52	46	32	
A2	56	50	49	45	56	
A3	58	56	49	54	49	
A1	60	52	51	53	50	
A2	49	60	65	52	46	
A3	42	50	46	58	54	
A1	49	53	49	56	46	
A2	52	53	50	48	53	
A3	50	52	49	47	60	
A1	51	49	50	36	42	
Media	51.2	51.4	51	49.5	48.8	
	Promedio=					50.38

Evaluación	ZONA A					Observ
	ZONA A		ZONA B			
	Día 2					
Hora <b>NO2</b>	12:10 ug/m3	12:20 ug/m3	12:30 ug/m3	12:40 ug/m3	12:50 ug/m3	
B1	48	49	52	57	40	
B2	57	51	49	46	58	
B3	58	55	49	54	59	
B1	60	52	51	53	50	
B2	49	56	60	52	47	
B3	42	50	46	59	54	
B1	49	53	49	56	48	
B2	52	53	50	48	52	
B3	50	52	49	47	60	
B1	56	49	50	36	52	
Media	52.1	52	50.5	50.8	52	
	Promedio=					51.48

Evaluación	ZONA A					ZONA C					Observ
	Día 3										
Hora <b>NO2</b>	12:10 ug/m3	12:20 ug/m3	12:30 ug/m3	12:40 ug/m3	12:50 ug/m3	12:10 ug/m3	12:20 ug/m3	12:30 ug/m3	12:40 ug/m3	12:50 ug/m3	
C1	55	49	50	48	52						
C2	59	51	49	47	58						
C3	58	57	49	51	59						
C1	61	50	51	52	50						
C2	49	61	62	51	48						
C3	54	52	48	53	57						
C1	59	50	49	52	56						
C2	51	49	50	44	50						
C3	49	50	49	48	59						
C1	53	50	49	56	62						
Media	54.8	51.9	50.6	50.2	55.1						
	Promedio=										52.52

Evaluación	ZONA A					ZONA D					Observ
	Día 4										
Hora <b>NO2</b>	12:10 ug/m3	12:20 ug/m3	12:30 ug/m3	12:40 ug/m3	12:50 ug/m3	12:10 ug/m3	12:20 ug/m3	12:30 ug/m3	12:40 ug/m3	12:50 ug/m3	
D1	53	49	50	56	50						
D2	53	51	49	49	53						
D3	56	55	52	51	49						
D1	58	52	50	52	53						
D2	48	62	65	53	46						
D3	47	51	49	58	50						
D1	51	54	48	56	46						
D2	50	53	50	48	53						
D3	50	52	49	50	61						
D1	53	51	48	36	46						
Media	51.9	53	51	50.9	50.7						
	Promedio=										51.5

Evaluación	NITRATOS					Observ
	ZONA A		ZONA E			
Hora	12:10	12:20	12:30	12:40	12:50	
<b>NO2</b>	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
E1	54	39	52	46	48	
E2	56	50	49	45	56	
E3	58	56	49	54	49	
E1	60	52	53	53	51	
E2	50	60	55	50	48	
E3	42	48	46	58	54	
E1	49	53	49	56	46	
E2	50	52	51	49	63	
E3	50	52	49	47	58	
E1	53	49	50	36	46	
Media	52.2	51.1	50.3	49.4	51.9	
	Promedio=					50.98

Evaluación	SULFATOS					Observ
	ZONA A		ZONA A			
Hora	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	
<b>SO2</b>	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
A1	36	39	43	42	46	
A2	38	38	40	39	42	
A3	36	37	39	42	46	
A1	39	38	38	40	49	
A2	39	38	40	36	46	
A3	36	39	41	42	41	
A1	46	38	40	42	46	
A2	40	41	40	43	49	
A3	36	38	46	39	47	
A1	39	38	40	42	50	
Media	38.5	38.4	40.7	40.7	46.2	
	Promedio=					40.9

Evaluación	ZONA A					ZONA B					Observ
	Día 2										
Hora <b>SO2</b>	13:10 ug/m3	13:20 ug/m3	13:30 ug/m3	13:40 ug/m3	13:50 ug/m3	13:10 ug/m3	13:20 ug/m3	13:30 ug/m3	13:40 ug/m3	13:50 ug/m3	
B1	39	42	50	48	47						
B2	50	48	43	52	48						
B3	39	43	48	46	50						
B1	39	42	47	49	48						
B2	46	50	52	49	47						
B3	48	51	50	47	48						
B1	52	49	46	43	47						
B2	50	48	49	43	48						
B3	51	48	47	43	42						
B1	38	41	40	46	43						
Media	45.2	46.2	47.2	46.6	46.8						
	Promedio=										46.4

Evaluación	ZONA A					ZONA C					Observ
	Día 3										
Hora <b>SO2</b>	13:10 ug/m3	13:20 ug/m3	13:30 ug/m3	13:40 ug/m3	13:50 ug/m3	13:10 ug/m3	13:20 ug/m3	13:30 ug/m3	13:40 ug/m3	13:50 ug/m3	
C1	48	43	49	48	50						
C2	49	42	50	47	48						
C3	40	36	38	43	49						
C1	43	48	41	46	48						
C2	46	50	46	43	49						
C3	48	49	46	50	47						
C1	39	41	44	47	39						
C2	46	42	47	48	40						
C3	41	39	42	43	46						
C1	43	46	48	46	50						
Media	44.3	43.6	45.1	46.1	46.6						
	Promedio=										45.14

Evaluación	ZONA A					ZONA D					Observ
	Día 4										
Hora	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	
SO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	
D1	52	48	47	51	49						
D2	50	49	51	48	46						
D3	49	46	47	49	50						
D1	47	49	50	48	43						
D2	45	47	49	46	43						
D3	49	51	50	49	47						
D1	46	48	47	51	43						
D2	42	49	48	42	49						
D3	43	46	47	45	48						
D1	48	46	43	46	47						
Media	47.1	47.9	47.9	47.5	46.5						
	Promedio=										47.38

Evaluación	ZONA A					ZONA E					Observ
	Día 5										
Hora	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	
SO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	
E1	48	45	47	43	49						
E2	49	50	45	46	41						
E3	50	48	47	46	44						
E1	47	50	49	42	41						
E2	46	45	51	43	47						
E3	43	48	42	50	46						
E1	49	48	44	46	51						
E2	39	41	39	42	43						
E3	47	51	46	47	49						
E1	45	47	48	42	39						
Media	46.3	47.3	45.8	44.7	45						
	Promedio=										45.82



**ANEXO 2**  
**Toma de datos de radiación UV**

Evaluación	ZONA A					Observ
	Día 1					
Hora	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	
<b>RUV</b>						
A1	10	9	8	7	6	
A2	9	8	7	6	8	
A3	8	7	7	6	7	
A1	5	6	6	8	8	
A2	7	7	8	7	7	
A3	6	8	7	9	5	
A1	8	7	8	7	6	
A2	7	8	7	8	7	
A3	5	9	6	7	9	
A1	6	11	5	7	8	
Media	7.1	8	6.9	7.2	7.1	
	Promedio=					7.26

Evaluación	ZONA A					Observ
	Día 2					
Hora	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	
<b>RUV</b>						
B1	9	8	9	7	8	
B2	9	8	7	6	7	
B3	8	7	9	8	7	
B1	5	6	6	8	8	
B2	7	5	8	7	9	
B3	6	8	7	6	5	
B1	8	7	8	7	6	
B2	9	8	7	8	7	
B3	5	9	6	6	9	
B1	6	10	5	7	8	
Media	7.2	7.6	7.2	7	7.4	



Evaluación	ZONA A					ZONA E					Observ
	Día 5										
Hora	10:10	10:20			10:30	10:40	10:50				
RUV											
E1	8	9			8	7	6				
E2	7	8			7	6	8				
E3	8	7			9	6	9				
E1	9	6			6	8	8				
E2	7	8			8	9	9				
E3	6	8			6	9	9				
E1	8	7			6	7	8				
E2	9	8			9	8	7				
E3	5	9			6	8	9				
E1	6	9			9	9	8				
Media	7.3	7.9			7.4	7.7	8.1				
	Promedio=										7.68

## ANEXO 3

Evaluación	ZONA A					ZONA A					Observ
	Día 1										
Hora	09:10	09:20			09:30	09:40	09:50				
PM2.5	ug/m3	ug/m3			ug/m3	ug/m3	ug/m3				
A1	23	22			25	23	21				
A2	23	21			24	23	24				
A3	20	21			22	21	22				
A1	22	22			24	23	24				
A2	23	20			23	22	23				
A3	24	22			25	24	21				
A1	21	23			24	23	25				
A2	20	21			24	23	25				
A3	21	20			23	20	21				
A1	23	24			24	22	23				
Media	22	21.6			23.8	22.4	22.9				
	Promedio=										22.54

Evaluación	ZONA A					ZONA B					Observ
	Día 2										
Hora	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50						
PM2.5	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3						
B1	23	22	24	23	24						
B2	22	23	23	22	23						
B3	23	21	24	22	21						
B1	22	24	25	24	25						
B2	23	22	25	23	25						
B3	24	21	23	26	26						
B1	22	24	22	25	23						
B2	23	22	24	22	21						
B3	20	24	25	22	25						
B1	19	23	24	25	21						
Media	22.1	22.6	23.9	23.4	23.4						
	Promedio=										23.08

Evaluación	ZONA A					ZONA C					Observ
	Día 3										
Hora	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50						
PM2.5	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3						
C1	25	26	26	25	22						
C2	22	21	23	24	21						
C3	24	23	26	28	25						
C1	23	24	25	24	23						
C2	24	26	25	26	23						
C3	20	25	26	27	25						
C1	21	20	23	21	22						
C2	22	25	26	23	23						
C3	22	23	22	22	21						
C1	21	26	28	27	23						
Media	22.4	23.9	25	24.7	22.8						
	Promedio=										23.76

Evaluación	ZONA A					ZONA D					Observ
	Día 4										
Hora	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50						
PM2.5	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3						
D1	27	25	26	24	25						
D2	21	22	25	24	26						
D3	19	21	20	22	24						
D1	20	22	23	20	19						
D2	21	20	21	23	18						
D3	23	21	20	24	21						
D1	20	23	21	22	25						
D2	21	22	25	22	23						
D3	23	25	24	21	22						
D1	22	23	21	20	25						
Media	21.7	22.4	22.6	22.2	22.8						
	Promedio=										22.34

Evaluación	ZONA A					ZONA E					Observ
	Día 5										
Hora	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50						
PM2.5	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3						
E1	24	22	25	24	23						
E2	17	19	21	23	19						
E3	30	28	27	29	30						
E1	19	20	25	23	21						
E2	17	19	32	19	20						
E3	20	21	24	25	23						
E1	24	25	23	26	21						
E2	22	23	24	26	25						
E3	17	19	20	21	24						
E1	14	20	19	23	21						
Media	20.4	21.6	24	23.9	22.7						
	Promedio=										22.52

Evaluación	ZONA A					Observ
	Día 1					
Hora	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	
PM10	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
A1	30	29	30	28	29	
A2	28	27	29	28	29	
A3	27	26	27	25	26	
A1	27	25	26	28	27	
A2	28	27	29	27	26	
A3	27	26	27	25	26	
A1	28	27	27	26	28	
A2	29	28	28	27	28	
A3	27	28	31	29	28	
A1	28	26	28	26	25	
Media	27.9	26.9	28.2	26.9	27.2	
	Promedio=					27.42

Evaluación	ZONA A					Observ
	Día 2					
Hora	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	
PM10	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
B1	32	30	30	29	30	
B2	28	26	27	25	28	
B3	30	26	30	26	27	
B1	28	27	27	25	24	
B2	27	28	27	28	27	
B3	28	27	29	27	26	
B1	25	23	25	26	27	
B2	28	29	30	29	28	
B3	29	27	28	27	28	
B1	29	28	30	29	27	
Media	28.4	27.1	28.3	27.1	27.2	
	Promedio=					27.62

Evaluación	ZONA A					ZONA C					Observ
	Día 3										
Hora	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	
PM10	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
C1	21	20	19	18	20						
C2	27	26	27	26	25						
C3	29	28	29	27	28						
C1	27	25	24	23	25						
C2	28	27	28	26	27						
C3	28	27	28	29	27						
C1	23	25	26	27	25						
C2	28	29	30	28	29						
C3	26	28	27	27	29						
C1	28	27	26	28	25						
Media	26.5	26.2	26.4	25.9	26						
	Promedio=										26.2

Evaluación	ZONA A					ZONA D					Observ
	Día 4										
Hora	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	
PM10	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
D1	27	25	28	29	28						
D2	29	28	27	25	29						
D3	25	24	25	23	24						
D1	26	25	26	28	25						
D2	25	24	21	23	20						
D3	27	25	28	25	23						
D1	25	21	20	22	26						
D2	27	24	23	24	21						
D3	24	23	25	24	23						
D1	28	29	27	23	21						
Media	26.3	24.8	25	24.6	24						
	Promedio=										24.94

Evaluación	ZONA A					ZONA E					Observ
	Día 5										
Hora	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50						
PM10	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3						
E1	23	22	21	23	24						
E2	26	25	25	23	21						
E3	25	28	27	25	26						
E1	23	20	21	18	20						
E2	23	25	26	25	27						
E3	22	21	25	23	24						
E1	23	24	21	19	21						
E2	26	23	24	25	25						
E3	12	16	21	19	18						
E1	28	25	26	21	23						
Media	23.1	22.9	23.7	22.1	22.9						
	Promedio=										22.94

#### ANEXO 4

Evaluación	ZONA A					ZONA A					Observ
	Día 1										
Hora	08:10	08:20	08:30	08:40	08:50						
CO	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3						
A1	49900	49500	49890	47000	51250						
A2	49850	50900	49500	50150	50850						
A3	49800	48600	50500	49950	49900						
A1	50100	49850	50700	48650	50250						
A2	49750	49350	49850	50250	50150						
A3	49550	49900	51100	50200	50150						
A1	50100	51000	49850	51100	51750						
A2	50025	49700	50100	49900	49950						
A3	49700	49500	49850	49700	51050						
A1	49750	48900	49950	50450	50350						
Media	49852.5	49720	50129	49735	50565						
	Promedio=										50000.3



Evaluación	ZONA A					ZONA B					Observ
	Día 2										
Hora	08:10	08:20	08:30	08:40	08:50	08:10	08:20	08:30	08:40	08:50	
CO	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
B1	48990	49850	49980	49990	49950	49990	49850	49990	49990	49950	
B2	50150	50120	50100	51000	50150	50150	50120	50100	51000	50150	
B3	49990	49980	49900	49990	49890	49990	49980	49900	49990	49890	
B1	49870	50100	49990	50050	50120	49870	50100	49990	50050	50120	
B2	50020	51150	49990	50150	50100	50020	51150	49990	50150	50100	
B3	48990	49950	50100	50160	49990	48990	49950	50100	50160	49990	
B1	48990	49450	49980	49990	49750	48990	49450	49980	49990	49750	
B2	50050	50100	50125	49990	49950	50050	50100	50125	49990	49950	
B3	51000	50450	50150	50160	50135	51000	50450	50150	50160	50135	
B1	49990	49890	48990	49090	51095	49990	49890	48990	49090	51095	
Media	49804	50104	49930.5	50057	50113	49804	50104	49930.5	50057	50113	
	Promedio=										50001.7

Evaluación	ZONA A					ZONA C					Observ
	Día 3										
Hora	08:10	08:20	08:30	08:40	08:50	08:10	08:20	08:30	08:40	08:50	
CO	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
C1	50120	50080	50110	50120	50190	50120	50080	50110	50120	50190	
C2	49980	49890	49090	49000	50001	49980	49890	49090	49000	50001	
C3	50000	49990	49750	49650	49990	50000	49990	49750	49650	49990	
C1	49850	49960	49990	49530	50050	49850	49960	49990	49530	50050	
C2	49930	49980	49995	49990	50020	49930	49980	49995	49990	50020	
C3	50020	50100	50010	49990	49980	50020	50100	50010	49990	49980	
C1	51150	49980	50100	49990	49680	51150	49980	50100	49990	49680	
C2	49990	49995	49890	49750	49590	49990	49995	49890	49750	49590	
C3	50100	51100	50130	50050	50010	50100	51100	50130	50050	50010	
C1	49980	49990	50030	51200	50040	49980	49990	50030	51200	50040	
Media	50112	50106.5	49909.5	49927	49955.1	50112	50106.5	49909.5	49927	49955.1	
	Promedio=										50002.02

Evaluación	ZONA A					ZONA D					Observ
	Día 4										
Hora	08:10	08:20	08:30	08:40	08:50	08:10	08:20	08:30	08:40	08:50	
CO	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
D1	49950	49890	50020	50100	50030	49890	49800	49950	49890	50060	
D2	49990	49800	49950	49890	50060	49990	49990	50050	49900	50070	
D3	49990	49990	50050	49900	50070	50100	50020	49990	49980	50020	
D1	50100	50020	49990	49980	50020	49980	49960	49980	49930	49960	
D2	49980	49960	49980	49930	49960	50040	50020	50010	50030	50100	
D3	50040	50020	50010	50030	50100	49980	49990	49970	49920	49980	
D1	49980	49990	49970	49920	49980	50080	50110	50120	50110	50110	
D2	50080	50110	50120	50110	50110	50010	49990	49980	50020	49980	
D3	50010	49990	49980	50020	49980	50020	49980	49970	50010	50030	
D1	50020	49980	49970	50010	50030						
Media	50014	49975	50004	49989	50034						
											Promedio= 50003.2

Evaluación	ZONA A					ZONA E					Observ
	Día 5										
Hora	08:10	08:20	08:30	08:40	08:50	08:10	08:20	08:30	08:40	08:50	
CO	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
E1	49890	49950	49950	49900	49970	50200	50150	50150	50140	49990	
E2	50200	50150	50150	50140	49990	49860	49870	49980	49950	49790	
E3	49860	49870	49980	49950	49790	49990	49760	49990	49890	49860	
E1	49990	49760	49990	49890	49860	50120	50160	50080	50090	50080	
E2	50120	50160	50080	50090	50080	49900	49950	49960	49980	49900	
E3	49900	49950	49960	49980	49900	49850	49980	49960	49970	49980	
E1	49850	49980	49960	49970	49980	50060	50080	50100	50120	50090	
E2	50060	50080	50100	50120	50090	49990	49990	49980	49980	49890	
E3	49990	49990	49980	49980	49890	50120	50050	50180	50110	50100	
E1	50120	50050	50180	50110	50100						
Media	49998	49994	50033	50013	49965						
											Promedio= 50000.6

Evaluación	ZONA A					Observ
	Día 1		ZONA A			
Hora	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	
CO2	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
A1	0.0017	0.0015	0.0017	0.0014	0.0016	
A2	0.0014	0.0017	0.0016	0.0013	0.0014	
A3	0.0015	0.0016	0.0015	0.0016	0.0014	
A1	0.0013	0.0012	0.0016	0.0014	0.0014	
A2	0.0016	0.0013	0.0016	0.0015	0.0016	
A3	0.0016	0.0015	0.0015	0.0016	0.0015	
A1	0.0017	0.0014	0.0017	0.0015	0.0016	
A2	0.0014	0.0016	0.0015	0.0015	0.0015	
A3	0.0016	0.0014	0.0014	0.0013	0.0016	
A1	0.0014	0.0016	0.0015	0.0014	0.0016	
Media	0.00152	0.00148	0.00156	0.00145	0.00152	
					Promedio=	0.001506

Evaluación	ZONA A					Observ
	Día 2		ZONA B			
Hora	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	
CO2	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
B1	0.0016	0.0014	0.0017	0.0014	0.0016	
B2	0.0013	0.0017	0.0016	0.0013	0.0014	
B3	0.0015	0.0016	0.0015	0.0016	0.0016	
B1	0.0013	0.0012	0.0016	0.0014	0.0014	
B2	0.0016	0.0013	0.0016	0.0016	0.0016	
B3	0.0016	0.0015	0.0015	0.0016	0.0015	
B1	0.0013	0.0014	0.0017	0.0015	0.0016	
B2	0.0014	0.0016	0.0015	0.0015	0.0015	
B3	0.0016	0.0015	0.0014	0.0013	0.0017	
B1	0.0014	0.0016	0.0015	0.0014	0.0016	
Media	0.00146	0.00148	0.00156	0.00146	0.00155	
					Promedio=	0.001502

Evaluación	ZONA A					ZONA C					Observ
	Día 3										
Hora	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	
CO2	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
C1	0.0013	0.0015	0.0016	0.0014	0.0016						
C2	0.0014	0.0017	0.0016	0.0013	0.0014						
C3	0.0015	0.0016	0.0015	0.0016	0.0014						
C1	0.0014	0.0012	0.0014	0.0014	0.0014						
C2	0.0016	0.0013	0.0016	0.0015	0.0016						
C3	0.0016	0.0015	0.0015	0.0016	0.0014						
C1	0.0016	0.0014	0.0016	0.0015	0.0016						
C2	0.0015	0.0016	0.0015	0.0015	0.0015						
C3	0.0016	0.0014	0.0016	0.0016	0.0016						
C1	0.0014	0.0016	0.0015	0.0014	0.0016						
Media	0.00149	0.00148	0.00154	0.00148	0.00151						
	Promedio=										0.0015

Evaluación	ZONA A					ZONA D					Observ
	Día 4										
Hora	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	
CO2	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
D1	0.0015	0.0015	0.0013	0.0014	0.0016						
D2	0.0014	0.0018	0.0016	0.0016	0.0014						
D3	0.0015	0.0016	0.0015	0.0018	0.0013						
D1	0.0013	0.0015	0.0016	0.0014	0.0014						
D2	0.0016	0.0013	0.0016	0.0015	0.0014						
D3	0.0014	0.0015	0.0015	0.0016	0.0015						
D1	0.0017	0.0014	0.0016	0.0015	0.0016						
D2	0.0014	0.0016	0.0015	0.0016	0.0015						
D3	0.0016	0.0014	0.0014	0.0013	0.0016						
D1	0.0014	0.0016	0.0015	0.0014	0.0016						
Media	0.00148	0.00152	0.00151	0.00151	0.00149						
	Promedio=										0.001502

Evaluación	ZONA A					ZONA E					Observ
	Día 5										
Hora	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	
<b>CO2</b>	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	
E1	0.0016	0.0014	0.0017	0.0013	0.0016	0.0016	0.0017	0.0015	0.0016	0.0017	
E2	0.0014	0.0017	0.0016	0.0013	0.0014	0.0016	0.0017	0.0015	0.0016	0.0014	
E3	0.0016	0.0016	0.0015	0.0016	0.0017	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0017	
E1	0.0013	0.0012	0.0016	0.0014	0.0014	0.0013	0.0012	0.0016	0.0014	0.0014	
E2	0.0016	0.0013	0.0016	0.0015	0.0016	0.0016	0.0013	0.0016	0.0015	0.0016	
E3	0.0014	0.0015	0.0014	0.0016	0.0015	0.0014	0.0015	0.0016	0.0016	0.0015	
E1	0.0017	0.0014	0.0017	0.0015	0.0016	0.0017	0.0014	0.0017	0.0015	0.0016	
E2	0.0014	0.0016	0.0015	0.0015	0.0015	0.0014	0.0016	0.0015	0.0015	0.0015	
E3	0.0016	0.0014	0.0014	0.0013	0.0015	0.0016	0.0014	0.0014	0.0013	0.0015	
E1	0.0014	0.0016	0.0015	0.0014	0.0016	0.0014	0.0016	0.0015	0.0014	0.0016	
Media	0.0015	0.00147	0.00155	0.00144	0.00154	0.0015	0.00147	0.00155	0.00144	0.00154	
	Promedio=										0.0015

## ANEXO 5

Evaluación	ZONA A					ZONA A					Observ
	Día 1										
Hora	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50	
<b>REM</b>	V/m	V/m	V/m	V/m	V/m	V/m	V/m	V/m	V/m	V/m	
A1	10	8	12	9	11	10	8	12	9	11	
A2	8	7	9	12	10	8	7	9	12	10	
A3	7	6	8	9	8	7	6	8	9	8	
A1	9	9	8	9	9	9	9	8	9	9	
A2	10	9	8	9	7	10	9	8	9	7	
A3	12	10	14	9	12	12	10	14	9	12	
A1	10	9	8	8	9	10	9	8	8	9	
A2	9	11	12	12	10	9	11	12	12	10	
A3	8	9	5	6	9	8	9	5	6	9	
A1	10	12	13	9	12	10	12	13	9	12	
Media	9.3	9	9.7	9.2	9.7	9.3	9	9.7	9.2	9.7	
	Promedio=										9.38

Evaluación	ZONA A					ZONA B					Observ
	Día 2										
Hora	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50						
REM	V/m	V/m	V/m	V/m	V/m						
B1	12		9	12	9					10	
B2	8		7	9	12					10	
B3	9		6	8	9					8	
B1	10		9	8	7					9	
B2	9		9	8	10					7	
B3	13		12	11	9					10	
B1	10		9	8	9					9	
B2	9		11	9	12					10	
B3	8		9	9	6					9	
B1	10		12	11	9					10	
Media	9.8		9.3	9.3	9.2					9.2	
	Promedio=										9.36

Evaluación	ZONA A					ZONA C					Observ
	Día 3										
Hora	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50						
REM	V/m	V/m	V/m	V/m	V/m						
C1	11		9	10	9					10	
C2	9		7	9	11					9	
C3	7		8	8	9					8	
C1	10		9	9	9					9	
C2	11		9	8	8					9	
C3	10		10	14	9					11	
C1	9		9	8	8					9	
C2	9		8	9	12					10	
C3	8		9	8	6					9	
C1	10		13	11	9					11	
Media	9.4		9.1	9.4	9					9.5	
	Promedio=										9.28

Evaluación	ZONA A					ZONA D					Observ
	Día 4										
Hora	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50						
REM	V/m	V/m	V/m	V/m	V/m						
D1	9	8	10	9	9						
D2	8	7	9	12	11						
D3	7	6	8	9	8						
D1	11	9	12	8	9						
D2	9	9	8	9	9						
D3	12	10	13	7	12						
D1	10	9	8	8	9						
D2	9	10	9	12	10						
D3	8	9	5	6	9						
D1	10	12	9	9	12						
Media	9.3	8.9	9.1	8.9	9.8						
	Promedio=										9.2

Evaluación	ZONA A					ZONA E					Observ
	Día 5										
Hora	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50						
REM	V/m	V/m	V/m	V/m	V/m						
E1	9	9	12	9	10						
E2	8	7	9	10	10						
E3	7	7	8	9	8						
E1	10	9	8	9	11						
E2	9	9	8	9	7						
E3	9	10	12	9	10						
E1	11	9	8	8	9						
E2	9	11	9	11	10						
E3	8	9	12	6	9						
E1	10	12	9	8	10						
Media	9	9.2	9.5	8.8	9.4						
	Promedio=										9.18