



**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA Y CIENCIAS DE LA
SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**TESIS:
CONTAMINACION DEL AIRE POR DIOXIDO DE AZUFRE Y
LA CONGESTION VEHICULAR EN LIMA NORTE**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
QUIMICO FARMACEUTICO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
BAZAN RODRIGUEZ, VICTOR ALEXANDER**

**ASESOR
Q.F. MIRANDA PAREDES, JEAN PAUL**

**LIMA – PERÚ
2017**

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a Dios por las oportunidades de crecimiento temporal y espiritual que nos brinda a todos para lograr nuestras metas. A mi madre y abuela por haberme dado su apoyo desinteresado en cada obstáculo en mi vida, gracias a su ejemplo es que realizo mis metas.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, asesores de tesis Miranda Paredes Jean e Ignacio Punin Cecilia por su apoyo moral y profesional durante el proceso de desarrollo de mi investigación.

INDICE

| | Pág. |
|--|------|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iii |
| ÍNDICE..... | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | vii |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | ix |
| ÍNDICE DE GRAFICOS..... | x |
| RESUMEN..... | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| INTRODUCCIÓN..... | xiii |
| CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 14 |
| 1.1 Descripción de la realidad problemática..... | 14 |
| 1.2 Problemas de investigación..... | 15 |
| 1.2.1 Problema general..... | 15 |
| 1.2.2 Problemas específicos..... | 15 |
| 1.3 Objetivos de la Investigación..... | 16 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 16 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 16 |
| 1.4 Justificación, importancia y limitaciones de la Investigación..... | 17 |
| CAPITULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 19 |
| 2.1 Hipótesis de la investigación..... | 19 |
| 2.1.1 Hipótesis general..... | 19 |
| 2.1.2 Hipótesis específicos..... | 19 |
| 2.2 Variables de la investigación..... | 20 |
| 2.2.1 Identificación y clasificación de variables..... | 20 |
| 2.2.2 Operacionabilidad de variables..... | 20 |
| CAPITULO III: MARCO TEÓRICO..... | 21 |
| 3.1 Antecedentes de la investigación..... | 21 |

| | |
|--|----|
| 3.1.1 Antecedentes nacionales | 21 |
| 3.1.1 Antecedentes internacionales..... | 22 |
| 3.2 Bases Teóricas..... | 23 |
| 3.2.1 Contaminación del aire..... | 23 |
| 3.2.1.1 Fuentes de contaminación del aire..... | 24 |
| 3.2.1.2 Clasificación de los contaminantes..... | 24 |
| 3.2.1.3 Efectos de la contaminación de aire para la salud..... | 27 |
| 3.2.1.4 Normatividad de calidad para aire..... | 29 |
| 3.2.1.5 Dióxido de Azufre..... | 36 |
| 3.2.1.6 Técnicas de muestreo para aire..... | 37 |
| 3.2.1.7 Métodos de muestreo..... | 38 |
| 3.2.1.8 Espectrofotometría..... | 39 |
| 3.2.2 Congestión Vehicular | 41 |
| 3.2.2.1 Congestión Vehicular en Lima Metropolitana. | 44 |
| 3.2.2.2 Lima Norte..... | 48 |
| 3.2.2.3 Congestión vehicular y la contaminación de aire..... | 50 |
| 3.2.2.4 Normativa del contenido de azufre..... | 52 |
| 3.2.2.5 Educación vial..... | 52 |
| 3.2.2.6 Método de la Pararosanilina..... | 53 |
| 3.3 Definición de Términos..... | 56 |
| CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 58 |
| 4.1 Tipo y Nivel de Investigación..... | 58 |
| 4.1.1 Tipo de Investigación..... | 58 |
| 4.1.2 Nivel de Investigación..... | 58 |
| 4.2 Método y Diseño de la Investigación..... | 59 |
| 4.2.1 Método de Investigación..... | 59 |
| 4.2.2 Diseño de la Investigación..... | 59 |
| 4.3 Población y Muestreo de la Investigación..... | 59 |

| | |
|--|----|
| 4.3.1 Población..... | 59 |
| 4.3.2 Muestra..... | 59 |
| 4.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos..... | 60 |
| 4.4.1 Técnicas..... | 60 |
| 4.4.2 Instrumentos..... | 60 |
| 4.4.3 Procedimiento de recolección de datos..... | 60 |
| CAPITULO V: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E | |
| INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | 65 |
| 5.1 Análisis de tablas y gráficos..... | 65 |
| 5.2 Discusión de los resultados..... | 71 |
| CONCLUSIONES | 73 |
| RECOMEDACIONES..... | 74 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 75 |
| ANEXOS..... | 83 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| TABLA N° 1. Concentración de dióxido de azufre Estación 1..... | 65 |
| TABLA N° 2. Concentración de dióxido de azufre Estación 2..... | 66 |
| TABLA N° 3. Promedio de dióxido de azufre de las estaciones 1 y 2 | 69 |
| TABLA N° 4. Toma de muestra - Estación "n"..... | 83 |
| TABLA N° 5. Medida de la Absorvancia del dióxido de azufre..... | 85 |
| TABLA N° 6. Toma de muestra – Estacion 1 | 86 |
| TABLA N° 7. Toma de muestra – Estacion 2 | 86 |
| TABLA N° 8. Cálculo de la masa de dióxido de azufre..... | 87 |
| TABLA N° 9. Volumen de aire muestreado..... | 88 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| CUADRO N° 1. Efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud humana, el medio ambiente y el clima..... | 28 |
| CUADRO N° 2. Estándares de Calidad Ambiental para aire.... | 30 |
| CUADRO N° 3. Valores de Índice de Calidad de aire..... | 32 |
| CUADRO N° 4. Cuidados y recomendaciones de Índice de Calidad de aire..... | 33 |
| CUADRO N° 5. Valor Guía actual de la OMS para dióxido de azufre..... | 35 |
| CUADRO N° 6. Principales contaminantes emitidos por vehículos motorizados..... | 51 |
| CUADRO N° 7. Estaciones para la toma de muestra..... | 62 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| FIGURA N° 1. Red Observacional de Calidad de aire para Lima Metropolitana..... | 49 |
| FIGURA N° 2. Estación de muestreo N° 01..... | 84 |
| FIGURA N° 3. Estación de muestreo N° 02..... | 84 |
| FIGURA N° 4. Etapa de pre-muestreo..... | 89 |
| FIGURA N° 5. Toma de muestra en la Estacion 1..... | 89 |
| FIGURA N° 6. Toma de muestra en la Estacion 2..... | 90 |
| FIGURA N° 7. Trasvaso de la muestra. | 90 |
| FIGURA N° 8. Muestras para análisis.... | 91 |
| FIGURA N° 9. Análisis de las muestras..... | 91 |
| FIGURA N° 10. Certificado de calibración de la bomba de vacío... .. | 92 |
| FIGURA N° 11. Certificado de análisis..... | 93 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | Pág. |
|--|------|
| GRÁFICO N° 1. Diseño Instrumental región UV – VIS Espectrofotómetro de un solo haz..... | 41 |
| GRÁFICO N° 2. Evolución del parque vehicular estimado 2007-2016..... | 43 |
| GRÁFICO N° 3. Evolución de las empresas autorizadas del transporte de pasajeros, según el ámbito: 2007-2016 | 47 |
| GRÁFICO N° 4. Reacciones químicas en la formación del complejo pararrosanilina..... | 55 |
| GRÁFICO N° 5. Concentración de dióxido de azufre de las 18 muestras obtenidas..... | 67 |
| GRÁFICO N° 6. Concentración de dióxido de azufre durante la mañana, tarde y noche..... | 68 |
| GRÁFICO N° 7. Concentración promedio del dióxido de azufre por estaciones..... | 70 |
| GRÁFICO N° 8. Concentración promedio total del dióxido de azufre..... | 71 |
| GRÁFICO N° 9. Calibración del método para dióxido de azufre..... | 85 |

RESUMEN

La contaminación ambiental del aire es un problema a nivel mundial especialmente en países con inicios de desarrollo, no distingue nivel socioeconómico y se ha ido incrementando en el transcurso de los años, una de las principales causas de la contaminación del aire es la congestión vehicular. En el Perú existe poca información y educación al respecto, es por ello que, el objetivo del estudio fue evaluar la relación existente entre la contaminación de aire por Dióxido de Azufre en los horarios de congestión vehicular en Lima Norte, tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental para aire del D.S. 003-2017-MINAM.

Se realizó la toma de muestra en las estaciones N° 1 (Av. Carlos Alberto Izaguirre – Carretera Panamericana Norte) y 2 (Av. Eduardo de Habich – Carretera Panamericana Norte) por medio de un sistema de muestreo y una solución absorbente (TCM 0.04 M) específico para Dioxido de Azufre, obteniéndose un total de 18 muestras. La ejecución del análisis se desarrolló mediante el método de la Pararrosanilina o llamado también Espectrofotométrico que nos permite cuantificar la unidad másica del dióxido de azufre.

El área de estudio muestra como resultado un promedio en las concentraciones de dióxido de azufre de $135.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y se concluye que las altas concentraciones de dióxido de azufre están directamente relacionada la congestión vehicular, a pesar de ello, estas concentraciones cumplen con la normativa vigente y se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para el aire.

PALABRAS CLAVES: contaminación, congestión, estándar, espectrofotometría. muestreo.

ABSTRACT

Environmental pollution for air is a problem worldwide especially in countries with early development, does not distinguish socioeconomic level and has been increasing over the years, one of the main causes of air pollution is vehicular congestion. In Peru there is little information and education about it, that is why, the present study has the purpose of evaluating the existing relationship between air pollution by sulfur dioxide compared to the hours of vehicular congestion in North Lima, taking as reference the Environmental Quality Standards for air of the DS 003-2017-MINAM.

Sampling was carried out at stations N° 1 (Av. Carlos Alberto Izaguirre - Carretera Panamericana Norte) and 2 (Av. Eduardo de Habich - Carretera Panamericana Norte) by means of a sampling system and an absorbent solution (TCM 0.04 M) specific for sulfur dioxide obtaining a total of 18 samples. The execution of the analysis is developed by the method of Pararrosanilina or also called Spectrophotometric that allows us to quantify the mass unit of sulfur dioxide.

The study area gave an average of the sulfur dioxide concentrations of $135.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$ and it is concluded that the high concentrations of sulfur dioxide are directly related to vehicular congestion, despite this, these concentrations comply with the current regulations and are within the Environmental Quality Standards for air.

KEY WORDS: pollution, congestion, standard, spectrophotometry. sampling.

INTRODUCCIÓN

En el Perú y en el mundo se observa una degradación de la calidad de aire a consecuencia de la emisión de sustancias a la atmosfera que pueden resultar perjudiciales para la salud humana y que sobrepasan las concentraciones establecidas por normas nacionales e internacionales.

La contaminación de aire implica que en la atmosfera existe la presencia de uno o más contaminantes, en diversas cantidades y con una persistencia que pueden afectar la vida de las personas, animales y plantas, y obstaculiza en el goce de la vida, la propiedad y el ejercicio de las actividades.¹

Contar con un ambiente sano y equilibrado para el desarrollo de la vida es un derecho fundamental establecido en la Constitución Política de nuestro país. Una buena calidad del aire contribuye a una mejor calidad de vida de la población; lo cual se logra con el compromiso y la participación activa de todos los actores involucrados, Estado, empresa y población; siendo responsabilidad del Estado implementar las medidas necesarias para garantizar el cumplimiento de importantes instrumentos de gestión ambiental como Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

En el presente estudio de investigación tiene como finalidad evaluar la relación entre contaminación del aire por dióxido de azufre y la congestión vehicular en Lima Norte, a su vez determinar las concentraciones de dióxido de azufre enmarcados bajo el criterio de la normativa del Decreto Supremo 003-2017 MINAM. Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental para aire. La tasa de crecimiento poblacional en las zonas urbanas, el desarrollo económico y la congestión vehicular han generado repercusiones importantes en las condiciones de sostenibilidad del ambiente y calidad de vida de la población.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su nuevo modelo de investigación muestra los países donde existen zonas que están en riesgo de contaminación de aire y señala que el 92% de la población mundial están expuestos a niveles que superan los límites permisibles (según los Estándares de Calidad Ambiental) y dañan la salud de las personas más vulnerables donde se requiere urgentemente la adopción de medidas para hacer frente a la contaminación del aire.²

En los últimos años, la demanda de transporte, reducción de precios de venta, fácil acceso de compra, mayor acceso al crédito, escasa aplicación de políticas estructuradas en el área del transporte urbano ha traído como resultado un incremento en congestión vehicular,

accidentes y contaminación de aire; este fenómeno no solo afecta al transportista, sino que también a los usuarios del transporte.

La contaminación del aire es uno de los principales problemas ambientales del Perú, en el caso de Lima Metropolitana, las principales causas de este problema, son el deficiente sistema de transporte urbano, el desconocimiento, la mala organización de rutas y la sobreoferta en el servicio de transporte (taxis).³

La congestión vehicular es cada vez más caótica en la zona norte de Lima ocasionando exposiciones prolongadas a concentraciones altas de dióxido de azufre que pueden producir deficiencias pulmonares, asma y bronquitis crónica; en periodos cortos pueden presentar irritación en el tracto respiratorio, espasmos reflejos y congestión en los conductos bronquiales. Este elemento contaminante es generado por los miles de combis, buses, automóviles y camiones petroleros que a diario transitan por las arterias más importantes de la ciudad.⁴

1.2 Problemas de investigación

1.2.1 Problema General

- ¿Qué relación existe entre la contaminación del aire por dióxido de azufre frente a los horarios de congestión vehicular en Lima Norte?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 07:00 a 8:00 horas?

- ¿Cuál es el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 13:00 a 14:00 horas?
- ¿Cuál es el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 19:00 a 20:00 horas?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar la relación que existe entre la contaminación del aire por dióxido de azufre frente a los horarios de congestión vehicular en Lima Norte.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 07:00 a 8:00 horas.
- Determinar el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 13:00 a 14:00 horas.
- Determinar el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 19:00 a 20:00 horas.

1.4 Justificación, importancia y limitaciones de la investigación

1.4.1 Justificación de la investigación

El presente estudio tiene una justificación social ya que la contaminación del aire tiene una relación estrecha con la calidad de vida de la población por lo que se considera necesario el estudio de los índices y factores de contaminación de aire que representan un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma.³

Es común que se piense que no produce muertes, pero se ha demostrado que agrava enfermedades y precipita casos de muertes en enfermos y personas susceptibles, generando una carga económica alta en su atención para el sistema de salud, para las personas, la familia y la sociedad.³

Asimismo, tiene una justificación teórica ya que permitirá verificar y contrastar resultados con los niveles permisibles del dióxido de azufre según la normativa D.S. 003-2017-MINAM, sin embargo, la existencia de instituciones encargadas de la protección del medio ambiente, responsables de que se apliquen los requerimientos, normas y se establezcan Estándares de Calidad del Aire (ECA) para las sustancias peligrosas, no es garantía del cambio en la situación actual.¹

1.4.2 Importancia de la investigación

El presente estudio tiene gran importancia ya que pretende evaluar la calidad de aire en la zona Norte de Lima mediante la medición de dióxido de azufre y de esta manera corroborar el cumplimiento de la normativa establecida por el D.S.003-2017-MINAM, asimismo demostrar que el deficiente sistema de transporte urbano y el congestionamiento vehicular en la zona mencionada genera efectos negativos en la salud, así como el deterioro de la calidad de vida de la población.¹

En consecuencia, es importante dar a conocer las condiciones ambientales en las que vivimos, y de este modo tomar las decisiones adecuadas y adoptar medidas basados en conocimientos certeros.⁵

1.4.3 Limitaciones de la investigación

El presente trabajo de investigación tuvo limitaciones en las condiciones ambientales para la toma de muestra, dado que existe cierta influencia por la cantidad y dirección del viento, ocasionando una mayor dispersión del contaminante.

Por otro lado, el número de muestras está limitada por los horarios de congestión vehicular (llamada horas punta).

CAPÍTULO II

HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Hipótesis de la Investigación

2.1.1 Hipótesis general

- La relación existente entre la contaminación del aire por dióxido de azufre frente a los horarios de congestión vehicular en Lima Norte es directamente proporcional.

2.1.2 Hipótesis específicos

- El promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 07:00 a 08:00 horas es elevada.
- El promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 13:00 a 14:00 horas es moderada.
- El promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 19:00 a 20:00 horas es elevada.

2.2 Variables de la investigación

2.2.1 Identificación y clasificación de variables

- Variable Independiente: Horarios de congestión vehicular.
- Variable dependiente: Concentración de dióxido de azufre.

2.2.2 Operacionalización de variables

| Variables | Definición conceptual | Indicadores | Valores finales | Escala |
|--|---|---|-------------------------|----------|
| Independiente: Congestión vehicular | Congestión vehicular: obstruir el paso o movimiento del tránsito de vehiculos | Horarios de mayor congestión vehicular | 07:00 a 08:00 horas | Continua |
| | | | 13:00 a 14:00 horas | Continua |
| | | | 19:00 a 20:00 horas | Continua |
| Dependiente: Concentración de dióxido de azufre | Dióxido de azufre: gas incoloro, irritante no inflamable y con un olor característico asfixiante. | Estandar de Calidad Ambiental para aire | < 250 µg/m ³ | Continua |

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

3.1.1 Antecedentes nacionales

La investigación realizada por Guiselle Ávila, Luis Castañeda, Carlos Minaya y Overton Orihuela (2016), titulada **MEJORAMIENTO DE LA COMPETITIVIDAD EN LIMA NORTE CON LA REDUCCION DEL CAOS VEHICULAR, IMPLEMENTANDO UN TERMINAL TERRESTRE INTERPROVINCIAL CON INTERCONEXION VIAL FUTURA AL METRO DE LIMA Y CORREDOR COMPLEMENTARIO** para obtener el grado académico de Magister en Dirección de la Construcción en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. La finalidad del estudio es desarrollar la competitividad de la zona Lima Norte solucionando el caos vehicular existente en la carretera Panamericana Norte. Utilizaron una metodología experimental mediante conteo de vehículos, determinando que por cada 60 minutos pasan 148 unidades interprovinciales representando el 6.9% de tránsito en la Zona del Lima Norte. Concluyen que la Implementación de un terminal terrestre para buses interprovinciales reducirá la

congestión vehicular y la contaminación ambiental logrando que la zona Norte de Lima sea más competitiva y segura.⁶

La investigación realizada por Abel Sotomayor y Gloria Marín (2010), titulada **EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE AZUFRE EN EL AIRE DE LIMA METROPOLITANA** para obtener la licenciatura de Químico Farmacéutico en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, establecieron para la determinación de dióxido de azufre 5 estaciones de muestreo y emplearon el Método Colorimétrico de West Gaeke o Espectrofotómetro. El promedio de las concentraciones de dióxido de azufre fue de 35,121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el promedio de las concentraciones de dióxido de nitrógeno fue de 60,294 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por lo tanto se encuentran por encima del valor guía establecidos por la OMS y dentro de los límites establecidos por la Dirección General de Salud (DIGESA).⁷

3.1.2 Antecedentes internacionales

La investigación realizada por Felipe Andrés Órdenes Odi (2017) titulada **INDICADOR DE IMPACTO DEL TRANSPORTE URBANO EN SECTORES RESIDENCIALES. APLICACIÓN EN TRES CIUDADES DE SANTIAGO DE CHILE** para obtener el grado de Magister en Urbanismo en la Universidad de Chile refiere que el transporte vehicular es la segunda actividad que genera mayor emisión de contaminación y declara la congestión vehicular como un generador de desperdicio de tiempo, energía y causa polución en el aire. Desarrolló una investigación explicativa y metodología cuantitativa para determinar los impactos negativos en los tres sitios de la ciudad

de Santiago. Concluye en su investigación un mayor impacto negativo en cuanto a la congestión vehicular en 2 ciudades con el mismo flujo de saturación e intensidad de flujo similar.⁸

La investigación realizada por Juan Felipe Franco (2012) titulada **CONTAMINACION ATMOSFERICA EN CENTROS URBANOS. DESAFIO PARA LOGRAR SU SOSTENIBILIDAD: CASO DE ESTUDIO BOGOTA**, establece un análisis descriptivo de la condición de calidad de aire para la ciudad de Bogotá, en ese proceso relaciona la urbanización con los niveles de contaminación atmosférica. Concluye que Bogotá no es ajena a los desafíos que ofrecen los procesos de urbanización del mundo y afronta desafíos medioambientales que requieren de liderazgo político y estrategias de planeación a largo plazo para proporcionar unas mejores condiciones de salud y calidad.⁹

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Contaminación del aire:

La contaminación del aire es una mezcla de partículas sólidas y gases en el aire que, en alta concentración, puede dañar al hombre, animales, vegetales o materiales. Esta contaminación puede originarse por diferentes causas sin embargo el mayor porcentaje de contaminación deriva por parte de las actividades del hombre, es importante tener en cuenta que esta contaminación puede generar un gran impacto en la salud pública y lo ha sido desde el descubrimiento del fuego. La situación empeora con el descubrimiento y desarrollo del automóvil.¹⁰

3.2.1.1 Fuentes de Contaminación del aire:

La contaminación del aire se origina de dos fuentes: primarios y secundarios.¹¹

- Los contaminantes primarios son aquellos que se encuentran en la atmosfera tal y como fueron emitidos. Algunos de los contaminantes primarios más comunes son el monóxido de carbono (CO), halógenos y sus derivados, dióxido de carbono (CO₂), los óxidos nitrógeno (NO_x), los óxidos azufre (SO_x) y los hidrocarburos.^{11,12}
- Los contaminantes secundarios son aquellos que han estado sujetos a reacciones químicas de dos o más contaminantes primarios en la atmosfera. Los contaminantes secundarios más comunes son sulfatos, nitratos, ácido nítrico, ozono y los compuestos orgánicos volátiles (COVs).^{11,12}

3.2.1.2 Clasificación de los contaminantes

➤ Clasificación de los contaminantes por su naturaleza:

Los contaminantes del aire por su naturaleza se clasifican en: físicos, químicos y biológicos.

- Los contaminantes físicos son aquellos que, al incorporarse al ambiente, su sola presencia altera la calidad de sus componentes, es decir son caracterizados por un intercambio de energía entre persona y ambiente en una dimensión y/o velocidad tan alta que el organismo no es capaz de soportarlo.^{13,14}

Por ejemplo: Algunas formas de energía como el ruido, luz intensa, radiaciones ionizantes y no ionizantes, vibraciones, calor (estrés térmico), temperaturas, humedad, presión, etc.¹⁴ estos pueden ocasionar diversos efectos indeseables como muerte de animales y plantas, mutaciones, cáncer y defectos congénitos.¹⁵

- Los contaminantes químicos están constituidos por materia inerte orgánica o inorgánica, natural o sintética (gases, vapores, polvos, humos, nieblas). Es decir, se les designa contaminantes químicos a todas las sustancias que alteran la conformación química de los componentes del medio.¹³ Este tipo de contaminación ha aumentado como consecuencia del desarrollo tecnológico acelerado, la industrialización y la dependencia de del transporte a base de vehículos a motor.¹⁵ Como por ejemplo de ese tipo de contaminantes podemos citar gases tóxicos, metales pesados, halógenos, ácidos orgánicos e inorgánicos, compuestos muy alcalinos, insecticidas, cianuros.¹³
- Se consideran contaminantes biológicos principalmente, los microorganismos, que pueden degradar la calidad del aire, agua, suelo y alimentos.¹³ Normalmente este tipo de contaminación se debe a deficiencias en los servicios de saneamiento básico, un bajo nivel de educación o hábitos higiénicos incorrectos, está constituidos por los agentes vivos que contaminan el medio ambiente y que pueden dar lugar a enfermedades infecciosas o parasitarias como los microbios, insectos, bacterias, virus, entre otros.^{13,15}

➤ Clasificación de los contaminantes por su origen:

Los contaminantes del aire por su origen se clasifican en: naturales y antropogénica.¹⁶

- La contaminación natural se origina de fenómenos naturales provocada en su mayoría por erupciones volcánicas, tormentas de polvo, incendios forestales. En ocasiones los pantanos y ciénagas emiten gases nocivos que se mezclan con el aire, provocando contaminación.¹⁷
- La contaminación antropogénica es a consecuencia de las actividades del hombre. El gran índice de contaminación del aire se concentra en las grandes ciudades debido a las actividades industriales, comerciales y transporte urbano. No obstante, los contaminantes producidos en las ciudades de grandes poblaciones, al estar suspendidos en el aire, pueden viajar grandes distancias y llegar a tener impacto en zonas aledañas y rurales.¹⁸

Además, incluye industrias (eliminación de desechos, escape de gases), agricultura (pesticidas, abono, conversión de árboles a terrenos, drenaje inadecuado), botánico (alteración del genoma en las plantas), minería (alteración del suelo, desechos minerales), transporte (contaminación por gases de vehículos, ruido de carreteras).¹⁹

3.2.1.3 Efectos de la contaminación de aire para la salud:

La contaminación de aire tiene un efecto directo sobre la salud del hombre. La inhalación es la ruta principal de exposición a los contaminantes del aire originado por las emisiones de los vehículos, esta inhalación afecta el sistema respiratorio, sistema nervioso y sistema cardiovascular de los seres humanos, provocando deficiencias pulmonares e incluso la muerte.¹⁰

En los últimos años se ha reportado evidencias sobre la asociación entre los contaminantes atmosféricos y el incremento de las consultas por las enfermedades respiratorias como el asma, deterioro de la función pulmonar, entre los principales contaminantes con capacidad de afectar la salud de las personas provienen de la emisión primaria.²

El parque automotor es la fuente más importante de algunos de estos contaminantes, la creciente urbanización, el sistema ineficiente de transporte, la quema de combustible en hogares, actividades industriales, las centrales eléctricas y los grandes costos de los medios de control han convertido un problema crucial para la contaminación del aire.^{2,20}

El dióxido de azufre es uno de los contaminantes absorbidos principalmente por el sistema nasal, debido a su elevada solubilidad, la exposición a elevadas concentraciones durante cortos períodos de tiempo (exposición aguda) puede causar irritación del tracto

respiratorio, bronquitis y congestión de los conductos bronquiales, especialmente en personas asmáticas.²¹

Cuadro N° 1. Efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud humana, el medio ambiente y el clima

| Contaminante | Efectos sobre la salud | Efectos ambientales | Efectos climáticos |
|---------------------|---|--|---|
| Óxidos de Azufre | Agrava el asma y puede reducir la función pulmonar e inflamar el tracto respiratorio. Puede causar dolores de cabeza, malestar general y ansiedad. | Contribuye a la acidificación del suelo y las aguas superficiales. Produce lesiones en la vegetación y pérdida de especies locales en sistemas acuáticos y terrestres. Contribuye a la formación de PM con efectos ambientales asociados. Daña edificios. | Contribuye a la formación de partículas de sulfato, enfriando la atmosfera. |

Fuente: Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. España 2013

3.2.1.4 Normatividad de Calidad Ambiental para aire

“En la Constitución Política del Perú el artículo 2 inciso 22 establece que toda persona tiene el derecho de gozar un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida”², por consiguiente, es deber del Estado a través del Ministerio del Ambiente establecer los Estándares de Calidad Ambiental, Índices de Calidad de aire y el Sistema de Información de aire.

➤ Normatividad Nacional:

- Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Los Estándares de Calidad los establece el Ministerio de Ambiente (MINAM) y fijan valores máximos permitidos de los contaminantes del aire cuyo propósito es garantizar la conservación de la calidad del medio ambiente mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada.²²

Mediante el D.S 003 - 2017 MINAM del 07 junio 2017 aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire y establecen Disposiciones complementarias derogándose normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para aire: el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, el Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM y el Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM.²³

Cuadro N° 2. Estándares de calidad ambiental para aire

| Parámetros | Período | Valor [µg/m ³] | Criterios de evaluación | Método de análisis [1] |
|--|----------|----------------------------|--|---|
| Benceno (C6H6) | Anual | 2 | Media aritmética anual | Cromatografía de gases |
| Dióxido de Azufre (SO ₂) | 24 horas | 250 | NE más de 7 veces al año | Fluorescencia ultravioleta (Método automático) |
| Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) | 1 hora | 200 | NE más de 24 veces al año | Quimioluminiscencia (Método automático) |
| | Anual | 100 | Media aritmética anual | |
| Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM2,5) | 24 horas | 50 | NE más de 7 veces al año | Separación inercial/filtración (Gravimetría) |
| | Anual | 25 | Media aritmética anual | |
| Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM10) | 24 horas | 100 | NE más de 7 veces al año | Separación inercial/filtración (Gravimetría) |
| | Anual | 50 | Media aritmética anual | |
| Mercurio Gaseoso Total (Hg) [2] | 24 horas | 2 | No exceder | Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos) |
| Monóxido de Carbono (CO) | 1 hora | 30000 | NE más de 1 vez al año | Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático) |
| | 8 horas | 10000 | Media aritmética móvil | |
| Ozono (O ₃) | 8 horas | 100 | Máxima media diaria NE más de 24 veces al año | Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático) |
| Plomo (Pb) en PM10 | Mensual | 1,5 | NE más de 4 veces al año | Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica) |
| | Anual | 0,5 | Media aritmética de los valores mensuales | |
| Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S) | 24 horas | 150 | Media aritmética | Fluorescencia ultravioleta (Método automático) |

NE: No Exceder.

[1] o método equivalente aprobado.

[2] 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.

Fuente: D.S. 003-2017-MINAM. 2017

El Ministerio del Ambiente, mediante resolución ministerial, desarrollará los lineamientos para la determinación de las Zonas de Atención Prioritaria en un plazo máximo de ciento veinte (120) días calendario, contados desde la entrada en vigencia del presente decreto supremo.

Asimismo, mediante resolución ministerial, establecerá las Zonas de Atención Prioritaria, en coordinación con las autoridades competentes, Las Zonas de Atención Prioritaria creadas con anterioridad mantienen su vigencia.²³

- Índice de Calidad del Aire (INCA)

Calidad de Aire es determinada por la presencia de contaminantes en la atmósfera que pueden ser material particulado o contaminantes gaseosos como el dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono troposférico. En la normativa vigente nos señala y establece los niveles de contaminantes atmosféricos que no deben pasarse por la protección de las personas y del ambiente.²⁴

El 14 de julio 2016 el Ministerio de Ambiente estableció mediante la Resolución Ministerial N°181-2016 - MINAM el Índice de Calidad del Aire y crea el Sistema de Información de Calidad del aire (INFOAIRE PERU).

El índice de calidad del aire es un indicador y tiene un valor comprendido entre 00-100 el cual coincide con el cumplimiento de los Estándares de Calidad del aire.^{1, 25}

Este Índice de calidad del aire se divide en 4 categorías: Buena de 00 a 50 (verde), Moderada de 51 a 100 (amarillo), Mala de 101 a VUEC (anaranjado) y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) mayor a VUEC (rojo). Se detalla mediante el siguiente cuadro²⁵:

Cuadro N° 3. Valores del Índice de Calidad del aire

| CALIFICACION | VALORES DEL INCA | COLORES |
|---------------------|-------------------------|----------------|
| Buena | 00-50 | Verde |
| Moderada | 51-100 | Amarillo |
| Mala | 100-VUEC | Anaranjado |
| VUEC | Mayor a VUEC | Rojo |

Fuente: R. M. N°181-2016- MINAM. 2016

De acuerdo a la clasificación la población debe tener los siguientes cuidados y recomendaciones:

Cuadro N° 4. Cuidados y Recomendaciones del Índice de calidad de aire

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

Fuente: R. M. N°181-2016- MINAM. 2016

- Sistema de Información de Calidad del aire (INFOAIRE PERU)

Forma parte del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) cuyo objetivo es fomentar el interés por la preservación de un aire limpio y sensibilizar a los tomadores de decisiones en la implementación de las acciones pertinentes que conllevan a la mejora de sus respectivas ciudades.²⁵ Brinda información del estado de Calidad de aire según las últimas mediciones y los clasifican según el Índice de Calidad de aire (INCA)²⁶

Las entidades como la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), entidad adscrita al Ministerio del Ambiente, y las Direcciones Regionales de Salud (DIRESA) son necesarias para el control y vigilancia del monitoreo de la calidad del aire, además de formular los estándares de calidad llevan a cabo estudios epidemiológicos de los contaminantes que dañan más la salud, especifican tipos y fuentes emisoras, llevan a cabo estrategias de control y políticas de desarrollo acordes con los ecosistemas locales y desarrollan programas racionales para el manejo de calidad de aire.

La gestión ambiental se desarrolla a nivel internacional, nacional, regional y local, con responsabilidad e instrumentos de gestión.¹⁰

➤ Normatividad Internacional:

- Guías de Calidad de aire de la Organización Mundial de la Salud

La Organización Mundial de la salud en función de la protección de la salud pública de los ciudadanos estableció Guías de Calidad de aire (GCA) para diversos contaminantes, en este caso el Dióxido de Azufre como podemos observar en el Cuadro 8 tiene valor guía de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y está dirigido para el uso mundial. Estas Guías de Calidad de aire se fundamentan en un conjunto de pruebas científicas que constituyen un fundamento sólido para las guías recomendadas. La concentración de dióxido de azufre ha descendido de 125 a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ basándose en los efectos nocivos sobre la salud, el requerimiento de un mayor grado de protección y la probable disminución de la exposición a otros contaminantes.^{27,28}

Cuadro N° 5. Valor Guía actual de la OMS para dióxido de azufre

| GUIA | VALOR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PERIODO |
|-------------------|--|----------------|
| Dióxido de Azufre | 20 | 24 horas |
| | 500 | 10 minutos |

Fuente: Organización de Mundial de Salud - 2005

3.2.1.5 Dióxido de azufre:

El dióxido de azufre, también llamado dióxido de sulfuro, es un gas estable e incoloro, irritante, con un olor penetrante. Su densidad es el doble que la del aire.

No es un gas inflamable, ni explosivo y tiene mucha estabilidad, es muy soluble en agua y en contacto con ella se convierte en ácido sulfúrico. Consiste en un átomo de azufre y dos de oxígeno. El dióxido de azufre es el responsable de la lluvia ácida.^{10, 29}

Durante su proceso de oxidación en la atmósfera, este gas forma sulfatos. Estos sulfatos forman parte del material particulado (PM10). En presencia de humedad el dióxido de azufre acidifica los suelos y ríos y es precursor principal del material particulado secundario o fino (PM2.5) asociados con efectos de la salud.³⁰

El dióxido de azufre produce graves riesgos para la salud ya que éstos pasan directamente al sistema circulatorio humano a través de las vías respiratorias y reducen la función pulmonar.²²

Los efectos a la exposición del dióxido de azufre pueden variar de acuerdo al tiempo de exposición y duración. Afecta las mucosidades y los pulmones debido a su elevada solubilidad causando irritación en el tracto respiratorio, bronquitis y congestión en los conductos bronquiales sobre todo en personas asmáticas. Además, constituye uno de los agentes causantes del deterioro de monumentos históricos.²⁹

3.2.1.6 Técnicas de muestreo para aire:

➤ Las técnicas de muestreo pueden ser divididas en:

- Muestreo Pasivo: Toma de muestra de un contaminante específico por medio de su adsorción en un sustrato químico seleccionado. Después de su exposición por un apropiado periodo de muestreo, que puede ser por un par de horas hasta un mes, la muestra se regresa al laboratorio, donde se realiza la desorción del contaminante y después se analiza cuantitativamente.¹⁰

La principal ventaja del muestreo pasivo es su simplicidad y bajo costo, sin embargo, el tiempo de resolución de esta técnica es limitado, por lo que sólo se puede proveer información de concentraciones promedio de contaminantes.^{10,31}

- Muestreo activo: Esta técnica requiere de energía eléctrica para succionar el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones diarias promedio.¹⁰ Fácil de operar, muy confiables y costo relativamente bajo. Requieren de análisis de laboratorio.³¹
- Analizadores o monitores automáticos: A pesar de las ventajas económicas de los muestreadores activos y pasivos, existen aplicaciones que requieren de la rápida respuesta en horas o menor, que proporciona un analizador automático. Estos instrumentos se basan en

propiedades físicas o químicas del gas que va a ser detectado continuamente.¹⁰

- **Sensores remotos:** A diferencia de los monitores automáticos pueden proporcionar mediciones integradas de multicomponentes a lo largo de una trayectoria específica en la atmosfera (normalmente mayor a 100 metros).¹⁰
- **Bioindicadores:** Existe mayor interés en el uso de bioindicadores para estimar algunos factores ambientales, particularmente en la investigación de sus efectos. El termino biomonitoreo implica generalmente el uso de plantas para monitorear el aire. Los métodos incluyen: el uso de la superficie de las plantas como receptoras de contaminantes, uso de la capacidad de la planta para acumular contaminantes o metabolitos en el tejido de la planta, estimación de los efectos de los contaminantes en el metabolismo o en la información genética de las plantas. Estimación de los efectos de los contaminantes en la apariencia de las plantas (como el efecto del dióxido de azufre en los líquenes).¹⁰

3.2.1.7 Métodos de muestreo

➤ Métodos Continuos

Es la toma de muestra de forma constante durante un periodo de tiempo (año, mes, etc.)¹⁰.

➤ Métodos Discontinuos:

Para el empleo de este método se debe tener en cuenta los objetivos de la vigilancia o control del contaminante. La importancia radica que el contaminante muestreado llegue completo al laboratorio.¹⁰

La ubicación de los puntos de muestreo destinados a la protección de la salud humana deberá determinarse de manera que proporcione datos sobre las áreas situadas dentro de zonas y aglomeraciones donde se registren las concentraciones más altas a las que la población puede hallarse directa o indirectamente expuesta durante un período significativo. Las ubicaciones de los puntos de muestreo deberán estar ubicados de manera que sean, en la medida de lo posible, representativos de la calidad del aire de un segmento de calle no inferior a 100 metros de longitud en los emplazamientos de tráfico. Las estaciones de fondo urbano deberán ubicarse de forma que su nivel de contaminación refleje la contribución procedente de todas las fuentes situadas a barlovento de la estación. El nivel de contaminación no debe estar dominado por una sola fuente salvo en el caso de que tal situación sea característica de una zona urbana más amplia.³²

3.2.1.8 Espectrofotometría:

Se basa en principios colorimétricos y se usa para medir la concentración de dióxido de azufre. Los colorantes y productos químicos se combinan con una solución de dióxido de azufre.¹⁰

De hace algunos años se utiliza el color como ayuda para reconocer las sustancias químicas, si se reemplaza el ojo humano por otros detectores de radiación se puede examinar la absorción de sustancias. "Se le denomina espectrofotometría a la medición de la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación y a las mediciones a una determinada longitud de onda".³³

La absorbancia es directamente proporcional a la longitud del camino b a través de la solución y la concentración c de la especie absorbente³³.

Estas relaciones se dan como: $A = a \cdot b \cdot c$

Siendo a una constante de proporcionalidad llamada Absortividad. La magnitud de a dependerá de las unidades empleadas para b y c . A menudo b es dada en términos de cm y c en gramos por litro, entonces la absortividad tiene unidades de $\text{l} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Cuando la concentración se expresa en moles por litro y la longitud de la celda en centímetros, la absortividad se llama absortividad molar, se designa como ϵ y tiene unidades de $\text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$, entonces la absorbancia es³³:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c$$

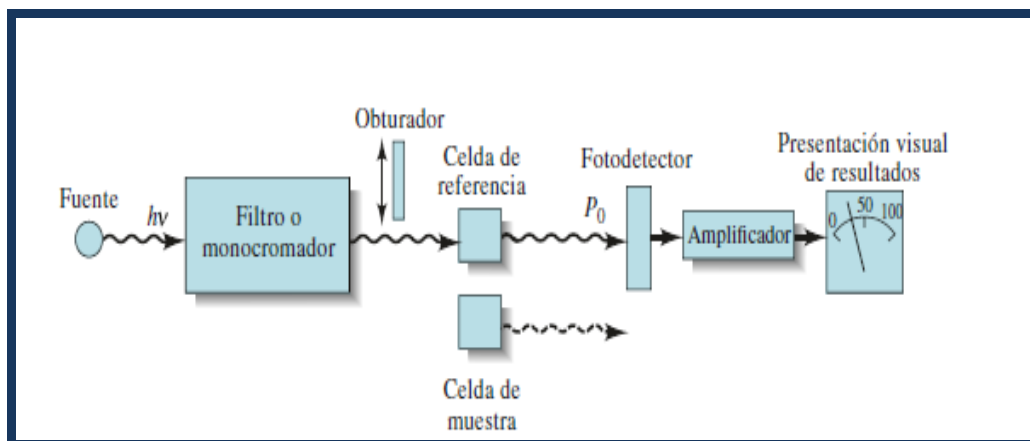


Gráfico N° 1: Diseño Instrumental región UV-Visible.
Espectrofotómetro de un solo haz

Fuente: Douglas A. Skoog. Donald M. West. James Holler. Stanley R. Crouch. 2010

3.2.2 Congestión Vehicular

La palabra congestión es muy empleado habitualmente en el contexto de tránsito vehicular. “El diccionario de la Lengua Española (RAE) lo define como acción y efecto de congestionar, en tanto que congestionar significa obstruir o entorpecer el paso, circulación o movimiento de algo, en nuestro caso es el tránsito vehicular”.³⁴ Existen variadas interpretaciones sin embargo la definición más básica se asocia a variables como tiempo, velocidad, volumen, nivel de servicio y fallas en los ciclos de las señales de tráfico.³⁵ “Además se entiende como la fricción o interferencia entre los vehículos en el flujo de tránsito”, partiendo de ello la congestión vehicular es la saturación de una o varias vías debido a la poca capacidad que tienen estas en determinadas horas para satisfacer la demanda de vehículos.³⁶

➤ Causas de Congestión vehicular:

Existen características muy particulares en las ciudades urbanas de congestión vehicular que se detallaran a continuación:

- La demanda de transporte: se produce por la obligación de desplazarse a los centros donde realizan sus actividades como trabajo, compras, estudio, recreación y otras.³⁷
- Alta densidad poblacional: el aumento de hogares y trabajos a las ciudades urbana generara un mayor flujo diario de vehículos.³⁸
- Demanda de vehículos: la reducción de precios de los vehículos y la viabilidad a un crédito ha originado mayor accesibilidad a la posesión de vehículos particulares.³⁸
- La condición de las vías: el inapropiado diseño de las vías, la presencia de baches y las faltas de demarcación de los carriles entorpecen la fluidez del tránsito.³⁷
- Tiempo laboral: las empresas empiezan su jornada a la misma hora, originando la movilización de los ciudadanos al mismo tiempo.³⁶
- Problema institucional: manejo inadecuado de las autoridades competentes, la falta de responsabilidad y planeamiento en la administración del transporte urbano.³⁷

➤ Parque Automotor

En la actualidad el Perú presenta en alto crecimiento del parque automotor, según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones estima la cantidad de 2 millones 661 mil 719 vehículos y en el departamento de Lima en el año 2016, supera el 1.7 millones de vehículos aproximadamente. Se debe tener en cuenta que la ciudad de Lima representa el 65.8% de todos los vehículos a nivel nacional afectando la calidad de vida de la población limeña además la insatisfacción del transporte en general.³⁹

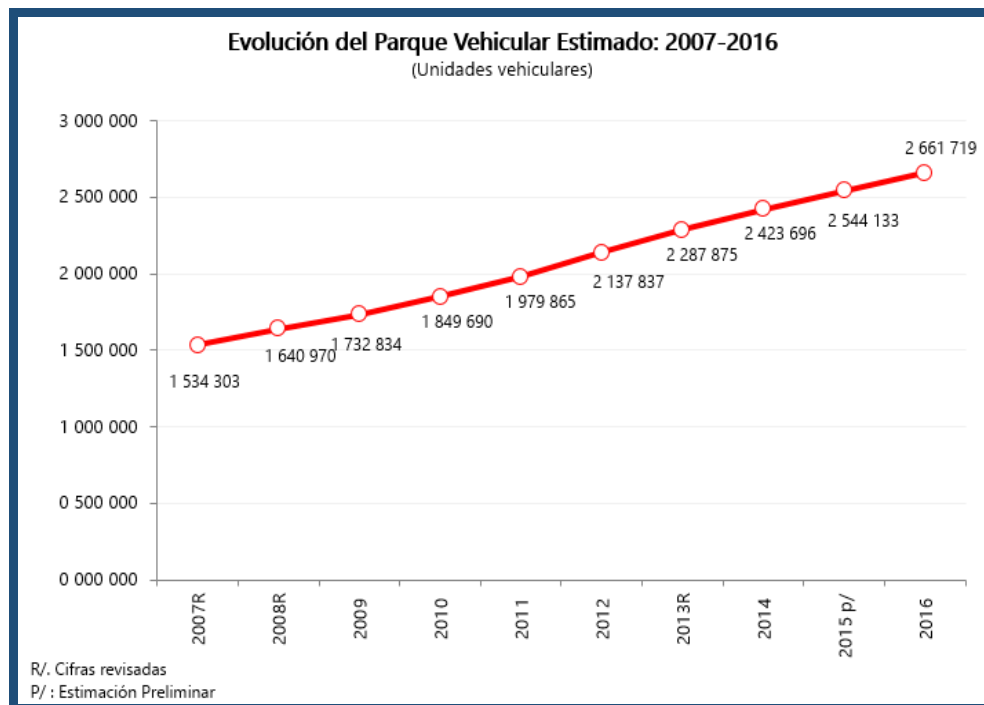


Gráfico N° 2. Evolución del parque vehicular estimado 2007-2016

Fuente: MTC – OGPP Oficina de Estadística. 2016

3.2.2.1 Congestión vehicular en Lima Metropolitana

Lima es sede de las principales fuentes de trabajo en cualquier rubro. Una de estas fuentes es el transporte público que, como conocemos, fluye en constante desorden. La educación vial es una de las principales causas de la gran congestión vehicular en nuestra ciudad debido a las malas costumbres y la poca información que posee la población, lamentablemente a las personas les importa poco los perjuicios del comportamiento y con el fin de satisfacer sus necesidades perjudican a la sociedad en general. La enseñanza en temas de este tipo ha sido muy limitada durante los últimos tiempos por parte de las autoridades hacia los ciudadanos.^{34, 40}

Esta falta de educación permite que transportistas y peatones no respeten las normas de tránsito y hagan lo que mejor les parezca en las calles.³⁵

Durante la década del 90, nuestro país se vio afectado por el incremento de la tasa de desempleo. Personas desempleadas encontraron en el transporte público una nueva forma de subsistir. Es por eso que aumentaron las líneas de transporte público, llegando a una sobreoferta del 40% entre combis, custers y taxis.³⁶

La Municipalidad Metropolitana de Lima señala que la oferta de transporte en la ciudad de Lima ha superado la demanda (circulan más vehículos de los que requieren los usuarios para movilizarse), se detallan las siguientes consecuencias:

- Guerra por el centavo: a más vehículos los transportistas se disputan violentamente los pasajeros generando caos y accidentes.³
- Precios estables: el transportista no puede elevar su precio porque siempre habrá otra a cobrar menos. A su vez el costo no cubre para la mejoría en operaciones y mantenimiento de vehículos.³
- Empleo de subsistencia: muchos transportistas se ven obligados a trabajar más de 12 horas provocando estrés y mayor fuente contaminante.³
- Congestión vehicular: unidades pequeñas ocupan grandes extensiones.³

En consecuencia, es de vital importancia en este caso, que la Municipalidad de Lima establezca una regulación adecuada en el servicio de transporte y planifiquen correctamente el servicio, “en razón de que la implantación de una errónea política de transporte repercutirá negativamente en la calidad de vida de todos los residentes”.³ Para prevenir y disminuir los efectos que perjudican a la salud se plantean regulaciones y controles de determinados contaminantes, mediante el uso restringido de sustancias concretas en múltiples sectores como el de transporte.⁴¹

Según el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI) la ciudad de Lima cuenta con 9 millones 904 mil 727 habitantes hasta la fecha del 30 de junio del 2015, la

mayoría de limeños se concentran en las zonas de Lima Este y Lima Norte.⁴²

En las horas punta gran parte de la red vial en las ciudades latinoamericanas operan muy cerca de su capacidad y esto implica que pequeños aumentos de flujo de tránsito genere gravemente la congestión. En el caso de Santiago de Chile es interesante por el hecho de ser la capital del país que empezó el proceso de la reforma y apertura económica, hay congestión creciente no solamente en los barrios de mayores ingresos sino también en otras partes de la ciudad donde los ingresos familiares son muy inferiores.³⁷

Por otro lado, según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, las empresas autorizadas de Servicio de Transporte de pasajeros regular en el departamento de Lima del 2012 al 2016 tiene un balance de 73 empresas nuevas, cabe decir que el departamento de Lima posee el mayor número de empresas de Transporte, esto dado por la gran demanda de usuarios y el crecimiento poblacional en los extremos de la ciudad. Esta realidad, la falta de rutas nuevas y la inexistente regulación aportan mayor congestión y a su vez mayor contaminación en el ambiente.³⁹

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones por medio de la Oficina Estadística nos revela que hasta el 2016 se tiene 2289 empresas autorizadas en el transporte de pasajeros a nivel nacional y nos refleja el alza en el transcurrir de los últimos años en el ámbito nacional e internacional según gráfico N° 3.³⁹



Gráfico N° 3. Evolución de las empresas autorizadas del transporte de pasajeros, según el ámbito: 2007-2016

Fuente: MTC – Dirección General de Transporte Terrestre. 2016

El hecho de cuantificar los costos de la congestión no refleja del todo la profundidad del tema, de hecho para limitar los efectos de la congestión hay personas que cambian de conducta adoptando hábitos que no serían de su preferencia, como salir de casa más temprano para adelantarse a los momentos de congestión o residir en las cercanías del centro de trabajo. Existen otras actitudes que modifican severamente las condiciones de vida urbana, situaciones que no deberían ignorarse, ya que son agravantes de una situación seria.³⁷

Los efectos perjudiciales de la congestión vehicular afectan a toda la población independiente del nivel social, presentamos algunas consecuencias de la congestión: demora en el desplazamiento de los usuarios de buses, estrés y una elevación de la tarifa del pasaje.

En consecuencia no se trata de eliminar del todo la congestión, ya que esto es imposible o de costo muy elevado, sin embargo si debemos tenerlo bajo control pues su crecimiento tiene un impacto negativo en la sostenibilidad de la ciudades grandes.³⁷

3.2.2.2 Lima Norte

Lima Norte se encuentra comprendida en 8 distritos que se ubican en el norte de la ciudad de Lima, y son los siguientes: Ancón, Carabaylo, Puente Piedra, San Martín de Porres, Santa Rosa, Comas, Independencia y Los Olivos¹⁶. Los distritos con mayor número de habitantes son San Martín de Porres con 700 mil 178 y Comas con 524 mil 894 según data del Instituto Nacional de Estadística e Informática 2015.³⁴

➤ Horarios de Congestión Vehicular

La zona de Lima Norte representa la mayor cantidad de habitantes y los puntos de mayor influencia comercial (generados por los centros comerciales Plaza Norte y Mega Plaza y los Hiperpermercados Plaza Vea y Metro) y está determinado entre las 06:00 a 09:00 y 17:30 a 19:00 horas las llamadas horas punta por la mayor afluencia de usuarios y es el “tiempo donde la mayoría se traslada para sus diferentes quehaceres mediante el transporte público, autos, camionetas, combis, custers y particulares”.⁶

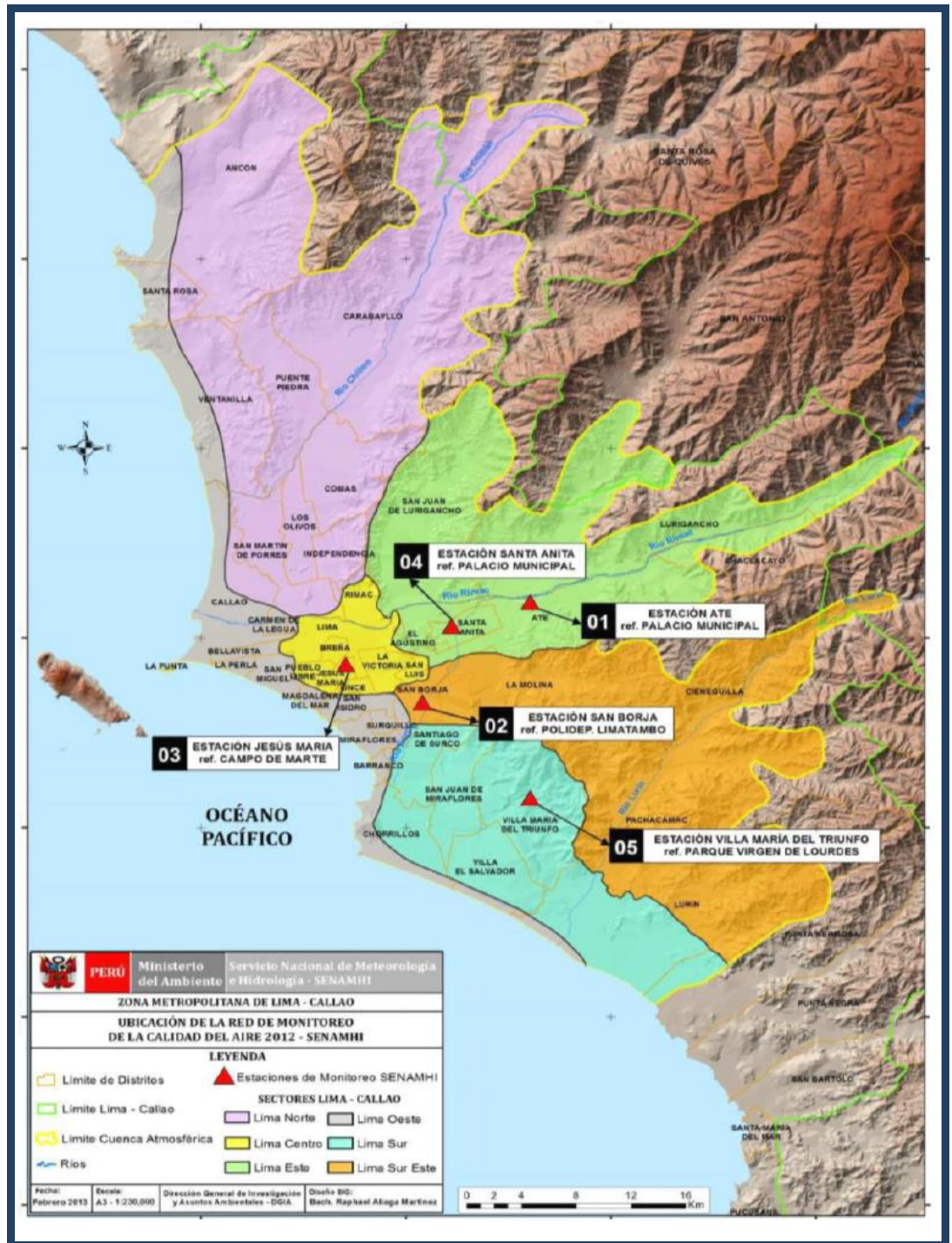


Figura N° 1. Red Observacional de Calidad de aire para Lima Metropolitana

Fuente: MINAM. SENAMHI, 2012

En la Figura N° 1 Red Observacional de Monitoreo de la Calidad del aire nos muestra los límites y sectores en Lima y Callao, nos ubica la Zona Lima Norte en donde se basa la presente investigación (color morado).

3.2.2.3 Congestión vehicular y la contaminación de aire

La congestión vehicular y la contaminación de aire son grandes problemas que aquejan las ciudades modernas especialmente a ciudades en desarrollo. Ambas tienen causas comunes, por lo tanto, es razonable esperar que las políticas de transporte y las medidas para reducir la congestión vehicular en una ciudad tengan un efecto en la contaminación.³⁷

➤ Tipos de contaminantes emitidos por los vehículos:

Los vehículos motorizados son la principal fuente de contaminación atmosférica en las grandes ciudades, estos propulsados por motores de combustión interna producen en general tres tipos de emisiones contaminantes: las emisiones por el tubo de escape, las evaporativas y el levantamiento del polvo en las calles.³⁷

• Emisiones por el tubo de escape

Estas emisiones son producto de la combustión del combustible (gasolina, diésel u otro derivado de petróleo), la combustión no es perfecta y este proceso produce una serie de contaminantes como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, plomo y azufre que son liberadas al ambiente.³⁷

- Emisiones evaporativas

Estas emisiones corresponden a la evaporación del combustible a la atmosfera, se trata de los hidrocarburos.³⁷

- Levantamiento de polvos en las calles

Dependen de varios factores como el peso del vehículo, condiciones de la vía y la velocidad del vehículo.³⁷

Cuadro N° 6. Principales contaminantes emitidos por vehículos motorizados

| TIPOS DE EMISION | CONTAMINANTES PRIMARIOS A LA ATMOSFERA |
|--------------------------------------|--|
| Por tubo de escape | CO, NO _x , SO ₂ , HC, Pb (caso gasolinias con plomo), NH ₃ (especialmente vehículos de gasolina con convertidor catalítico), CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, MP (solo vehículos diésel) |
| Evaporativas | HC (hidrocarburos) |
| Levantamiento de polvo en las calles | Polvo de calles (material de la corteza terrestre, más contaminantes depositados en ella) |

CO: Monóxido de carbono; NO_x: Óxidos nítricos; SO₂: Dióxido de azufre;
 HC: Hidrocarburos; Pb: Plomo; NH₃: Amoniac; CO₂: Dióxido de carbono;
 CH₄: Metano; N₂O: Óxido nitroso; MP: Material particulado.

Fuente: Alberto Bull. Congestión de tránsito. 2010

3.2.2.4 Normativa del contenido de azufre

El Ministerio del Ambiente promulgó la Ley Nro. 28694 – Ley que regula el contenido de azufre en combustible diésel de fecha 20 de Marzo del 2006, que a partir del 01 de Enero del 2010 se prohíbe la comercialización para el consumo interno de combustible diésel cuyo contenido de azufre no supere los 50 ppm (partes por millón) por volumen con la finalidad de salvaguardar la calidad de aire y la salud pública.⁴³

3.2.2.5 Educación vial

El comportamiento de los usuarios, tanto conductores como peatones tiene un alto grado de incidencia sobre la congestión vehicular y sobre la seguridad. El crecimiento sostenible del parque automotor ha conllevado a establecer normas y reglas de tránsito vehicular con la finalidad de definir derechos y restricciones de uso de las calles y de esta forma mejorar la fluidez y evitar accidentes, normas y reglas que lamentablemente no son acatadas por muchos. El intentar ganar algunos segundos a costa de transgredir las reglas de tránsito en las intersecciones o en las calles significa una seria perturbación para el resto de los usuarios, traduciéndose en una mayor congestión vehicular y en algunos casos accidentes.

Es indispensable el comportamiento y actitudes de los conductores y peatones, de ahí la importancia de educar a toda la población de las reglas de tránsito, lo que debería iniciar desde la infancia, cabe mencionar la

inclusión de la educación vial en la curricula de los estudiantes escolares, campañas educativas, exámenes de conducción mas exigentes, entre otros.

Desde luego no se puede obtener resultados inmediatos pero la formación de menores entrega verdaderas esperanzas de futuros cambios hacia conductas mas seguras y respetuosas de las reglas.³⁷

3.2.2.6 Método de la Pararrosanilina

Método de la Pararrosanilina llamado también Método Espectrofotométrico que nos permite la determinación de la concentración másica del dióxido de azufre en el aire en un intervalo de $20 \mu\text{m}/\text{m}^3$ hasta aproximadamente $500 \mu\text{m}/\text{m}^3$. El periodo de muestreo es de 30, 60 minutos o 24 horas. Las soluciones de muestreo obtenidas mediante esta metodología se pueden almacenar hasta por 24 horas antes de hacer las mediciones, siempre y cuando se mantengan refrigeradas a 5°C .⁴⁴

➤ Principio del Método

Este método se fundamenta en la absorción del dióxido de azufre pasando un volumen de aire conocido a través del Tetracloromercurato de potasio (solución absorbente), la reacción da lugar a un complejo estable diclorosulfonatomercuriato (II); el cual es estable en presencia de fuertes oxidantes como el ozono y óxidos de nitrógeno. Este compuesto en solución ácido de pararrosanilina y formaldehido forma el ácido metil sulfónico de pararrosanilina intensamente coloreado, cuya

intensidad es proporcional a la concentración de dióxido de azufre presente.⁴⁵

➤ Campo de aplicación

Este método comprende la colección de muestra por burbujeo y determinación de la concentración de dióxido de azufre en el ambiente y ambientes de trabajo.⁴⁴

➤ Rango

El límite inferior de detección de dióxido de azufre en 10 mL de Tetracloruromercurato (TCM) es de 0.75 µg, este valor representa una concentración de 25 µg/m³ en un volumen de aire de 30 litros a condiciones estándar. El límite superior de rango de análisis de dióxido de azufre representa una concentración de 1130 µg/m³ en un volumen de aire de 30 litros a condiciones estándar.

➤ Interferencias

Las interferencias se pueden eliminar o minimizar de la siguiente manera:

- Óxidos de nitrógeno, mediante la adición de ácido sulfámico.
- Metales pesados mediante la adición de EDTA y ácido fosfórico.⁴⁵

➤ Estabilidad

Al muestrear en un ambiente de temperatura controlada de 15°C +/- 10°C, se retiene más del 98.9% del complejo SO₃ – TCM al terminar el muestreo.

Si se mantiene a 5°C luego de completarse el muestreo, se encontró que la muestra recolectada es estable hasta por 30 días. La presencia del EDTA aumenta la estabilidad de Dióxido de Azufre en la solución TCM y la velocidad de desintegración es independiente de la concentración de Dióxido de Azufre.

➤ Reacciones químicas

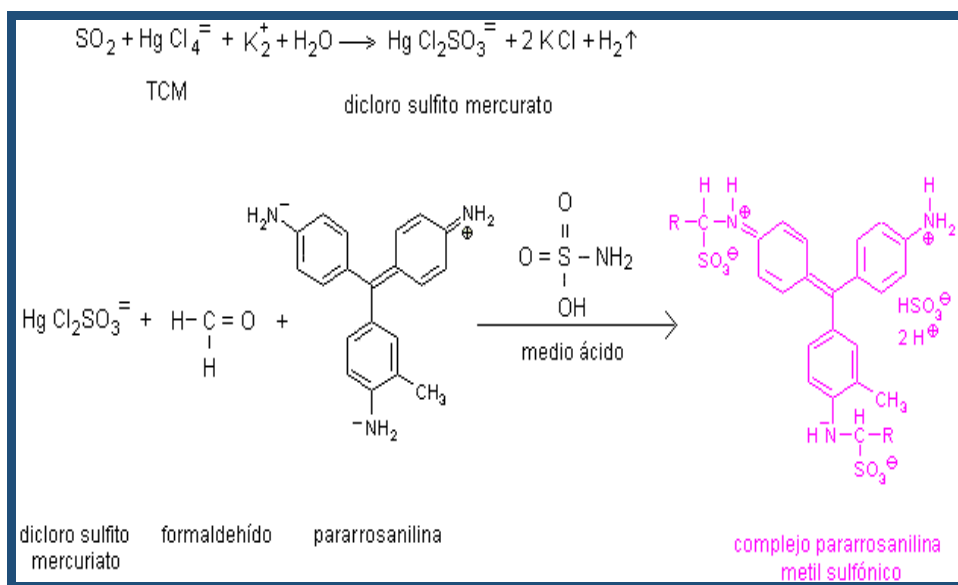


Gráfico N° 4. Reacciones químicas en la formación del complejo pararosanilina

Fuente: Abel Sotomayor y Gloria Marín. 2010

3.3 Definición de términos básicos

- Aire: bien común limitado, indispensable para la vida de los seres vivos en la Tierra.¹⁰
- Antropogénico: actividades que derivan del hombre.¹⁰
- Contaminante: Sustancia o elemento que, al incorporarse y actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento del ambiente altera o modifica su composición, afecta la salud o impide su utilización como recurso.¹⁰
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's): Compuestos orgánicos de origen antropogénico y biogénicas, excepto el metano, que producen oxidantes por reacción con los óxidos de nitrógeno y la luz solar.³²
- Emisión: proceden de fuentes naturales y antropogénicas que pueden incidir en la salud de las personas.³⁷
- Exposición: interacción de un agente químico o físico tóxico y un sistema biológico.¹⁰
- Microgramo por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Medida de referencia para valores de los contaminantes de aire.²³
- Muestra: parte seleccionada que se retira de un conjunto, es representativa del conjunto que pertenece.¹⁰
- Nivel: concentración de un contaminante en el aire en un periodo determinado.³²
- Horas punta: Aquella en la que se produce mayor aglomeración en los transportes y mayor demanda en el uso de determinados servicios.³⁸

- PM10. Estándar para la medición de la concentración de partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera cuyo diámetro es igual o inferior a 10 micrómetros.²⁴
- PM25: Material particulado presente en la atmósfera con un diámetro igual o menor a 2.5 micrómetros.²⁴
- Población sensible o vulnerable: grupo de personas con enfermedades respiratorias crónicas, menores de 05 años, mayores de 65 y gestantes.²⁵
- Zona o área metropolitana. Extensión territorial en la que se encuentra la unidad político-administrativa de la ciudad central y de localidades contiguas que comparten características urbanas comunes a efectos de evaluación.¹⁰

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y Nivel de Investigación:

4.1.1. Tipo de Investigación

Cuantitativo, porque se utilizó datos medibles en base a métodos de análisis.

Longitudinal, porque el presente trabajo de investigación desarrolló la toma de muestra de manera discontinua en tres turnos, durante 6 días.

Analítico, porque se alternó en diferentes horas la toma de muestra para evaluar la contaminación de aire por dióxido de azufre.

4.1.2. Nivel de Investigación

Correlacional, porque nos basamos en la evaluación de la contaminación de aire por dióxido de azufre en relación a los horarios de congestión vehicular en la zona norte de Lima.

4.2 Método y Diseño de la investigación:

4.2.1 Método de la investigación

Inductivo, porque partimos de horarios en zonas de congestión vehicular para inferir la contaminación de aire por la concentración de dióxido de azufre.

4.2.2 Diseño de la investigación

No experimental, porque no se manipularon las variables del presente trabajo de investigación.

4.3 Población y Muestra de la Investigación

4.3.1 Población

Zonas de Lima Norte

Estaciones:

- Estación N° 1: Av. Carlos Alberto Izaguirre – Carretera Panamericana Norte.
- Estación N° 2: Av. Eduardo de Habich – Carretera Panamericana Norte.

4.3.2 Muestra

Se obtuvieron 18 muestras de la solución captadora de dióxido de azufre de las estaciones 1 y 2.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas

Método de la Pararrosanilina, metodología normalizada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos que nos permite cuantificar la concentración de dióxido de azufre ambiental.⁵⁰

4.4.2 Instrumentos

La presente investigación utilizó el formato de Toma de muestra (Anexo F-0001).

4.4.3 Procedimiento de recolección de datos:

a. Preparación de reactivos:

- Solución de ácido sulfámico (0.6%): se disolvió 0.6g de ácido sulfámico en 100 mL de agua destilada, la solución se preparó diariamente.

- Solución de formaldehído (0.2%): se pipeteó 5 mL de formaldehído (36-38%) y se disolvió en agua destilada a 1 litro, la solución se debe preparar diariamente.

- Solución madre de pararrosanilina: se pesó 100 mg de pararrosanilina hidrocloreuro y se disolvió con solución de ácido clorhídrico 1N en una fiola de 50 mL.

- Reactivo de pararrosanilina: se midió 20 mL de la solución madre de pararrosanilina en una fiola de 250 mL, se añadió 25 mL de ácido fosfórico 3 M y se diluyó a 250 mL con agua destilada.

b. Preparación de la solución absorbente:

- Solución Tetracloromercurato: Se pesó 10.88g de cloruro de mercurio, 5.98g de cloruro de potasio y 0.069g de ácido etilendiaminotetracético (EDTA) en agua destilada y se diluyó en un recipiente con aforo de 1000 mL. Esta solución es estable durante 6 meses, pero se debe desechar si forma precipitado.

c. Preparación del estándar de calibración

- Solución normalizada de sulfito – TCM: se disolvió 0.40g de sulfito de sodio en 1000 mL de agua destilada recientemente hervida.
- Solución de trabajo de sulfito – TCM: se midió 2 mL de la solución de sulfito normalizada en una fiola de 100 mL y se enrasa con TCM 0.04 M. Esta solución conserva su estabilidad por 30 días a 4° C.

d. Etapa de Pre muestreo

En el presente estudio se consideraron 2 estaciones de muestreo en la zona de Lima Norte teniendo en cuenta los horarios de mayor congestión vehicular (horario de toma

de muestra), además se realizó con la finalidad de verificar y manipular el sistema de muestreo y reactivos a emplear.

Cuadro N° 7. Estaciones para la toma de muestra

| ESTACIONES | LUGAR | ZONA |
|-------------|--|------------|
| Estación 01 | Av. Carlos Alberto Izaguirre – Carretera Panamericana Norte | Lima Norte |
| Estación 02 | Av. Eduardo de Habich – Carretera Panamericana Norte | Lima Norte |

Fuente: Propia. 2017

e. Toma de muestra

El muestreo se llevó a cabo en forma discontinua durante 6 días en 3 turnos diarios: mañana de 07:00 a 08:00 horas, tarde de 13:00 a 14:00 horas y noche de 19:00 a 20:00 horas aproximadamente. Se tomó como referencia una circunferencia de 100 metros alrededor de las intersecciones en las estaciones de muestreo 1 y 2.

Para iniciar el funcionamiento del sistema de muestreo primero se midió el flujo o volumen de aire por medio de un rotámetro calibrado, esta calibración del rotámetro se realizó *in situ*, dando como resultado 0.2 L/min.

La toma de muestra se efectuó agregando 10 mL de la solución del reactivo absorbente Tetracloromercuriato (TCM) 0.04 M al tubo impinger de vidrio de 50 mL. Al tubo

impinger se conectó una manguera de teflón direccionado a la bomba de succión y otra manguera al portafiltro (ingreso de aire) conformando el tren o sistema de muestreo, se verificó que no tenga fugas de aire.

Se encendió la bomba de vacío y se controló el muestreo por un periodo de 1 hora o 60 minutos aproximadamente. Se registra el tiempo de inicio y tiempo final como indica la Tabla N° 2 y 3, y se trasvasó a un frasco con tapa. Se rotula la muestra.

En el traslado de las muestras se utilizó un recipiente con geles refrigerantes para mantener una temperatura de $15^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y durante su almacenamiento permaneció en refrigeración hasta su análisis.

En el procedimiento de la toma de muestra se consideró una altura de 1 metro aproximadamente del suelo al sistema de muestreo.

f. Curva de calibración

Con el objetivo de preparar la curva de calibración que es una representación de la absorbancia versus la concentración de dióxido de azufre, se necesitó como mínimo cuatro diferentes niveles de concentración de dióxido de azufre.

Para elaborar los patrones se midió con una pipeta volúmenes de 0.25, 0.5, 1 y 2 mL de la solución de trabajo de sulfito – TCM en una serie de recipientes volumétricos con aforo de 25 mL, se añade 0.5 mL de ácido sulfámico

al 0.6% y se deja reaccionar por 10 minutos. Se añadió 0.2 mL de Formaldehído al 0.2% y 5 mL de reactivo de pararrosanilina y se afora con agua destilada. Se dejó en reposo durante 20 minutos.

g. Análisis

La etapa analítica se efectuó en el Instituto Nacional de Salud (INS) Area de laboratorio del Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección de Medio Ambiente para la Salud (CENSOPAS) ubicada en Calle Las Amapolas 350 Urb. San Eugenio – Lince.

Para su análisis las muestras se dejó en reposo como mínimo 20 minutos. Se procedió a medir 0.5 mL de las muestras obtenidas a una serie de beacker de 25 mL, se añadió 0.5 mL de ácido sulfámico al 0.6% a cada una de las muestras y se deja reaccionar durante 10 minutos aproximadamente.

Luego añadimos 0.2 mL de formaldehído al 0.2 %, seguido de 5 mL de pararrosanilina. Se agregó 5 mL de agua destilada a todas las muestras.

Analizamos utilizando el espectrofotómetro UV - VIS Thermo Genesys 2.0 y se llevó a autocero con agua destilada a una longitud de onda de 548 nanómetros.

CAPITULO V
PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis de tablas y gráficos

Tabla N° 1. Concentración de dióxido de azufre - Estación 1

| Muestras | Masa de SO₂ (µg) | Volumen aire muestreado (m³) | Concentración SO₂ (µg/m³) |
|-----------------|------------------------------------|--|--|
| M1 | 0.42 | 0.012 | 35 |
| M2 | 0.5 | 0.012 | 41.6 |
| M3 | 0.46 | 0.012 | 38.3 |
| M4 | 1.64 | 0.012 | 136.6 |
| M5 | 1.62 | 0.012 | 135 |
| M6 | 1.7 | 0.012 | 141.6 |
| M7 | 1.16 | 0.012 | 96.6 |
| M8 | 1.12 | 0.012 | 93.3 |
| M9 | 1.18 | 0.012 | 98.3 |

M: Muestra

Fuente: Propia. 2017

En la tabla N° 1 se puede observar el cálculo de la concentración de dióxido de azufre en la estación 1, siendo la muestra M1 la de menor concentración de dióxido de azufre con $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la muestra M6 la de mayor concentración de dióxido de azufre con $141.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las evidencias anteriores nos indica que la muestra M1 corresponde al horario de 07:02 a 08:02 y la muestra M6 corresponde al horario de 13:00 a 14:00.

Tabla N°. 2. Concentración de dióxido de azufre - Estación 2

| Muestras | Masa de SO_2 (μg) | Volumen aire muestreado (m^3) | Concentración SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|----------|---|--|--|
| M10 | 2.52 | 0.012 | 210 |
| M11 | 2.48 | 0.012 | 206.6 |
| M12 | 2.54 | 0.012 | 211.6 |
| M13 | 2.36 | 0.012 | 196.6 |
| M14 | 2.44 | 0.012 | 203.3 |
| M15 | 2.34 | 0.012 | 195 |
| M16 | 1.58 | 0.012 | 131.6 |
| M17 | 1.62 | 0.012 | 135 |
| M18 | 1.6 | 0.012 | 133.3 |

M: Muestra

Fuente: Propia. 2017

En la tabla N° 2 se puede observar el cálculo de la Concentración de dióxido de azufre en la estación 2, siendo la muestra M16 la de menor concentración de dióxido de azufre con $131.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la muestra M12 la de mayor concentración de dióxido de azufre con $211.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las evidencias anteriores nos indica que la muestra M16 corresponde al horario de 19:10 a 20:10 y la muestra M12 corresponde al horario de 06:59 a 07:59.

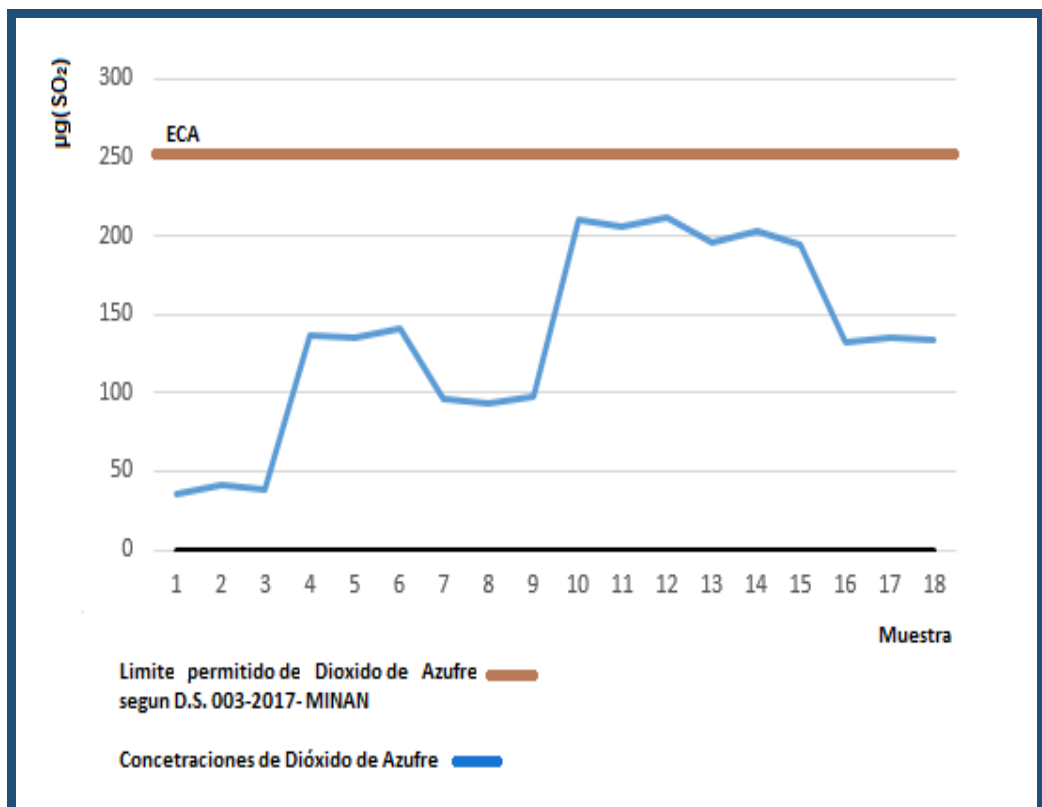


Gráfico N° 5. Concentración de dióxido de azufre de las 18 muestras obtenidas

Fuente: Propia. 2017

En el gráfico N° 5 podemos observar las concentraciones de dióxido de azufre de todas las muestras obtenidas localizándose por debajo del nivel Estándar de Calidad Ambiental para aire ($\text{SO}_2 = 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Además, se muestra en la figura la concentración de dióxido de azufre mínima con el valor de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la concentración de dióxido de azufre máxima con el valor de $211.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

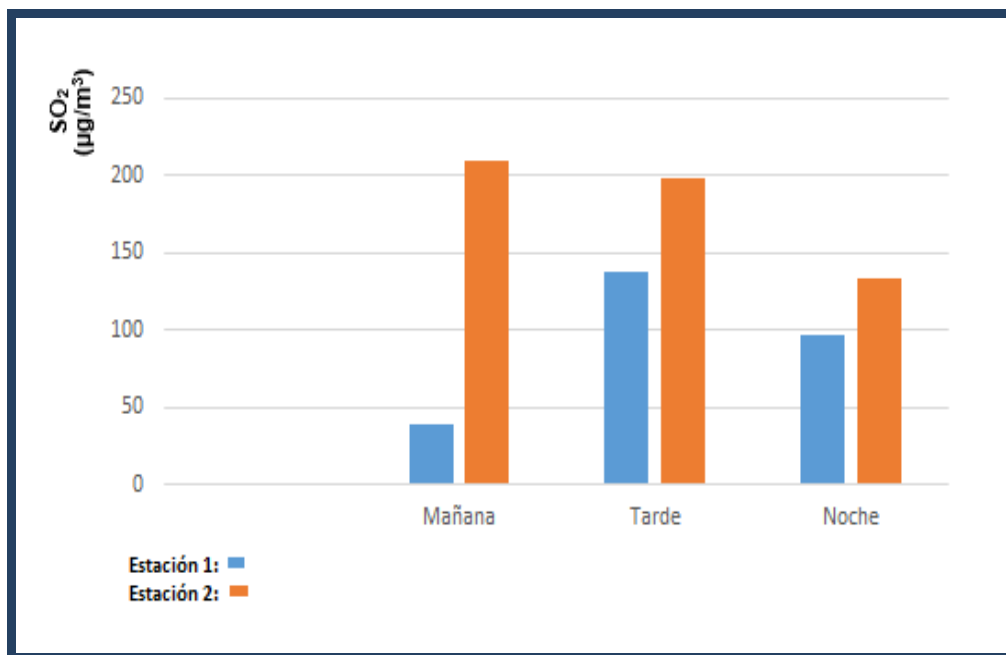


Gráfico N° 6. Concentración de dióxido de azufre durante la mañana, tarde y noche

Fuente: Propia. 2017

En el gráfico N° 6 podemos apreciar los promedios de las concentraciones de dióxido de azufre de las estaciones 1 y 2 en las horas de mayor congestión vehicular, y nos contrasta que en la estación 1 durante la hora de la mañana existe menor

concentración de dióxido de azufre, aumentando por las tardes y disminuye por la noche de forma gradual.

Además, se puede apreciar que en la estación 2 durante la mañana se encuentra la mayor concentración de este contaminante disminuyendo por la tarde y por la noche.

Tabla N° 3. Promedio de la concentración dióxido de azufre de las estaciones 1 y 2

| Estación | Mañana | Tarde | Noche |
|-----------------|---------------|--------------|--------------|
| 1 | 38.3 | 137.7 | 96.1 |
| 2 | 209.4 | 198.3 | 133.3 |
| TOTAL | 123.9 | 168 | 114.7 |

Fuente: Propia. 2017

En tabla N° 3 se observan las concentraciones promedio de dióxido de azufre determinando que durante las tardes existen la mayor concentración de dióxido de azufre, en consecuencia una mayor exposición de este contaminante.

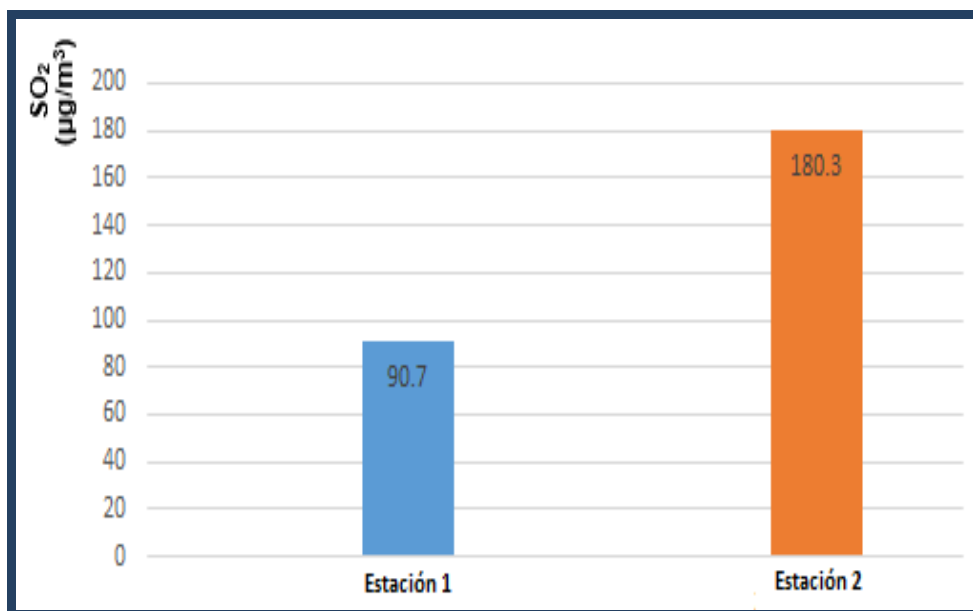


Gráfico N° 7. Concentración promedio del dióxido de azufre por estaciones

Fuente: Propia. 2017

En el gráfico N° 7 la estación de muestreo 1 (Av. Carlos Alberto Izaguirre – Carretera Panamericana Norte) y la estación de muestreo 2 (Av. Eduardo de Habich – Carretera Panamericana Norte) presentan una concentración promedio de dióxido de azufre (SO₂) de 90.7 µg/m³ y 180.3 µg/m³ respectivamente, siendo la estación 2 quien más concentración posee de este contaminante. Ambas estaciones se encuentran por debajo del límite de los Estándares de Calidad para aire (no mayor de 250 µg/m).³

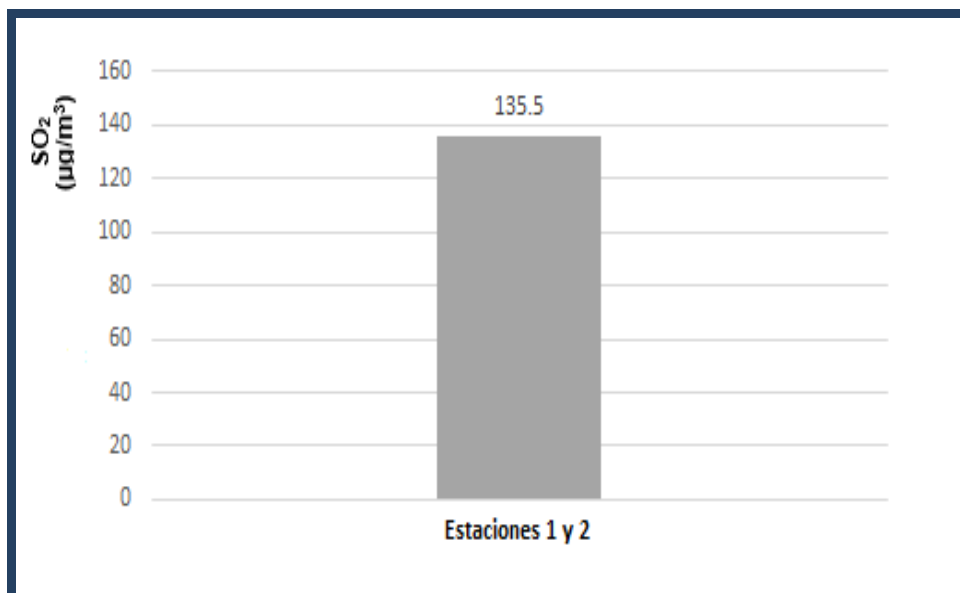


Gráfico N° 8. Concentración promedio total del dióxido de azufre

Fuente: Propia.2017

5.2. Discusión de los resultados

En el presente trabajo de investigación realizado en 2 estaciones de muestreo Lima Norte, se determinó el promedio de la concentración de dióxido de azufre con un valor de $135.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El resultado obtenido en la investigación se encuentra con similitud al estudio de Abel Sotomayor y Gloria Marín, titulada Evaluación e Interpretación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en el aire de Lima Metropolitana, donde en 5 estaciones de muestreo obtuvieron un promedio de la concentración de Dióxido de Azufre de $35.121 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ambos resultados no cumplen los Estandares de Calidad de la OMS, sin embargo se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental según D.S.003-2017- MINAM.

Los trabajos antes mencionados se encuentran en similitud de resultados debido a la técnica operatoria empleada, sin embargo el presente estudio refleja que la concentración de dióxido de azufre durante las horas de congestión vehicular es un factor que favorece considerablemente la presencia de dióxido de azufre en el ambiente. La nueva normativa considera un máximo de concentración de dióxido de azufre de $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y nos lleva a reflexionar los criterios de evaluación para la determinación de los estándares de calidad para aire, que según el proyecto de la normativa nos señala que no existe evidencia sólida que permita inferir la causalidad de los efectos de la concentración de dióxido de azufre en periodos mayores a 10 minutos.

La muestra tomada de la estación N° 2 reportó la mayor concentración de dióxido de azufre con un valor de $211.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se pudo observar una concentración elevada, a diferencia de la investigación realizada por Cinthia Carolina Farroñán Díaz, titulada Concentraciones de gases y niveles de ruido según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las Estaciones de servicio de la ciudad de Chiclayo 2012-2014, donde hace referencia que la mayor concentración de dióxido de azufre fue de $24.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cuyo valor en la nueva normativa establecida por el MINAM podemos observar que, si cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para aire. Además, podemos inferir que la nueva medida regulatoria adoptada para la disminución de este contaminante en el aire no es del todo exitosa, por el gran aumento del parque automotor en Lima y provincia.⁴⁶

CONCLUSIONES

- El área de estudio muestra una relación directamente proporcional entre la contaminación de aire por dióxido de azufre frente a los horarios de mayor congestión vehicular en Lima Norte.
- El promedio de la concentración de dióxido de azufre en la Estación 1 y 2 de 07:00 a 08:00 horas es de $123.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, encontrándose dentro del estándar establecido por el MINAM y por encima del valor guía de la OMS.
- El promedio de la concentración de dióxido de azufre en la Estación 1 y 2 de 13:00 a 14:00 horas es de $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$, encontrándose dentro del estándar establecido por el MINAM y por encima del valor guía de la OMS.
- El promedio de la concentración de dióxido de azufre en la Estación 1 y 2 de 19:00 a 20:00 horas es de $114.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, encontrándose dentro del estándar establecido por el MINAM y por encima del valor guía de la OMS.

RECOMENDACIONES

1. Los gobiernos locales y la Policía Nacional deben controlar y establecer medidas para la mejora de la fluidez del tránsito vehicular en la zona norte de Lima, especialmente en las horas punta de las intersecciones Av. Eduardo de Habich con la Carretera Panamericana Norte, siendo este punto el que más contaminante presenta, mediante un Plan de monitoreo del Transporte Urbano.
2. El Ministerio del Ambiente y entes involucrados en la vigilancia y control de la Calidad del aire deben optimizar la red de control y aumentar el número de estaciones de monitoreo de aire para todos los contaminantes considerados en la normativa vigente que establece los Estándares de Calidad para aire.
3. En el presente trabajo de investigación se recomienda mejorar los criterios para la propuesta de los Estándares de Calidad Ambiental para aire e incorporar el factor congestión vehicular, dado que las concentraciones de dióxido de azufre en zonas de congestión vehicular son elevadas por el creciente aumento del parque automotor y la falta de vías alternas.
4. Se recomienda al Ministerio del Ambiente y entes de control y vigilancia de la Calidad del aire para hacer monitoreo de control y promover estudios en otros puntos de Lima donde existe mayor congestión vehicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Sánchez C. Odón, Ordoñez A. Carol, Aliaga R. Rulman, Rojas Q. Jhojan. Evaluación de la Calidad de aire en Lima Metropolitana 2014. Lima – Perú 2015. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/pdf/pdf_dgia_eval2014.pdf
2. Organización Mundial de la Salud (OMS). Comunicado de prensa del 27 de Setiembre 2016 Ginebra. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/es/>
3. Informe 137. El transporte Urbano en Lima Metropolitana: Un desafío en defensa de la Vida. Defensoría del Pueblo. [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/51EE40F8172A673B05257EBB005BFBD/\\$FILE/informe_137.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/51EE40F8172A673B05257EBB005BFBD/$FILE/informe_137.pdf)
4. Gamarra E., Jiménez M. Ministerio del Ambiente. Informe Nacional de Calidad de aire 2013-2014. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>
5. Informe Nacional del Estado del Ambiente 2012-2013. Ministerio de Ambiente <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/informe-nacional-estado-ambiente-2012-2013>
6. Ávila G., Castañeda L., Minaya C., Orihuela O. Mejoramiento de la Competitividad en Lima con la reducción del caos vehicular, implementando un terminal terrestre interprovincial con interconexión vial futura al metro de Lima y corredor complementario. 2016 (tesis posgrado). Disponible en: <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/handle/10757/621031>

7. Sotomayo T. Abel, Marin V. Gloria. Evaluación e Interpretación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en el aire de Lima Metropolitana. 2010. (Tesis pregrado). Universidad Mayor de San Marcos. Disponible en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/1622/1/Sotomayor_ta.pdf
8. Ordenes Odi Felipe. Indicador de impacto del transporte urbano en sectores residenciales: aplicación en tres lugares de la ciudad de Santiago de Chile. 2017. Tesis posgrado. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143686>
9. Franco Juan. Contaminación atmosférica en centros urbanos. Desafío para lograr su sostenibilidad: caso de estudio Bogotá. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100013
10. Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial. Gestión de Calidad de aire. Causas, efectos y soluciones. Libro electrónico. 1ra Ed. Peru. 2014. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/libros/Geologia/gestion_calidad/contenido.htm
11. Alfaro María del Rosario. Contaminación del aire. Emisiones vehiculares, situación actual y alternativas. 1ra Edición. Costa Rica. UENED. 1998
12. Calidad de aire y su salud. ECODES y Gobierno de España. Disponible en: <http://ecodes.org/salud-calidad-aire/201302176118/Las-causas-de-la-contaminacion-atmosferica-y-los-contaminantes-atmosfericos-mas-importantes>

13. Sergio Triana Morales. Contaminantes físicos, químicos y biológicos. 2015. Disponible en: <https://prezi.com/gungap6qodoe/contaminantes-fisicos-quimicos-y-biologicos/>
14. Romero Cristian Camilo. Contaminantes físicos, químicos y biológicos. 2015. Disponible en: <http://cristiancamiloromerosena.blogspot.pe/>
15. Lilia A. Albert. Contaminación Ambiental. Origen, Clases, fuentes y efectos. Capítulo 4. Pág. 37-52 Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-01a4.pdf>
16. López Teresa A. Efectos Contaminantes del Tráfico Urbano: Evaluación de la Contaminación Atmosférica en Madrid. 2000. (Tesis doctoral) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Disponible en: <http://oa.upm.es/715/>
17. Aragón Piña Antonio. ¿Cómo son las partículas atmosféricas antropogénicas y cuál es su relación con los diversos tipos de fuentes contaminantes? México. 2011. Pág. 20
18. Solórzano Hernández Laura. Ciencias Naturales CEUJA Tercero. Contaminantes antropogénicos primarios y secundarios. 2014. Disponible en: <http://naturalesceujatercero.blogspot.pe/2014/10/contaminantes-antropogenicos-primarios.html>
19. Contaminantes Antropogénicos. EUCURED Conocimiento con todos y para todos. Disponible en: https://www.ecured.cu/Contaminantes_antropog%C3%A9nicos

20. Medicina General Integral. Control de la Contaminación de aire. 2014. Tomo 1. Capítulo 28. Pág. 233-241. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/295861652_Control_de_la_contaminacion_del_aire
21. Fundación para la salud Geoambiental. Titulado Dióxido de Azufre. España. Disponible en: <http://www.saludgeoambiental.org/dioxido-azufre-so2>
22. Estándares de Calidad. Ministerio de Ambiente. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/estandares-de-calidad-ambiental/>
23. Decreto Supremo 003-2017 MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. Lima. Publicado en el diario oficial El peruano el 06 junio 2017. Disponible en: <http://busquedas.elperuano.com.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-aire-y-e-decreto-supremo-n-003-2017-minam-1529835-1/>
24. Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. Gobierno de España. Calidad de aire y Evaluación Ambiental. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire-old/Default.aspx>
25. Resolución Ministerial 181- 2016 MINAM del 14 de Julio 2016. Publicado en el Diario Oficial El Peruano. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-181-2016-MINAM.pdf>

26. Sistema de Información de Calidad de aire en el Perú. Ministerio del Ambiente. Disponible en: <http://infoaire.minam.gob.pe/INFOAIRE/>
27. Guías de Calidad de aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf
28. Calidad de aire ambiente (exterior) y salud. Organización Mundial de la Salud. Centro de Prensa. Actualización septiembre 2016. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
29. Fundación Crana. Una nueva cultura hacia la sostenibilidad. Dióxido de Azufre. España. Disponible en: http://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion_3/diaxido-azufre-so2
30. La Calidad de aire en Europa. Gobierno de España. Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. Informe 2012. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/Calidad_Aire_en_Europa_tcm7-317018.pdf
31. Principios de Medición de la Calidad de aire. Disponible en: <http://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/1-%20Principios%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf>
32. Diario oficial de la Unión Europeo. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:Es:PDF>

33. Brunatti Carlos. Martin Ana María. Introducción a la Electroscopia de Absorción Molecular, Visible e Infrarrojo cercano. Disponible en: <http://materias.fi.uba.ar/6305/download/Espectrofotometria.pdf>
34. Daniel C. Harris. Análisis Químico Cuantitativo. Grupo Ed. Iberoamérica. 3ra Edición.
35. Odi Felipe O. Indicador de Impacto de Transporte Urbano en sectores residenciales. Aplicación en tres ciudades de Santiago de Chile. (Tesis para Magister) Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143686>
36. Sánchez V. Alan. Caos Vehicular en Lima Metropolitana. Perú 2013. Disponible en: <http://caosvehicularlima.blogspot.pe/>
37. Bull Alberto. Congestión de Transito. El problema y como enfrentarlo. CEPAL. Publicación de las Naciones Unidas. Chile. 2003
38. Saavedra V. Juan. Análisis de nuevos escenarios de emisión de Contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de Tráfico Vehicular. 2014 (Tesis pregrado) Universidad Nacional Agraria. Perú. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1872>
39. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Servicios. Transporte Terrestre. Parque vehicular nacional estimado según departamento 2007-2016. Disponible en: <http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/transportes.html>
40. Todo Autos. Congestión vehicular en Lima, todo lo que perdemos y contaminamos. Disponible en:

<http://www.todoautos.com.pe/f122/congestión-vehicular-en-lima-todo-lo-que-perdemos-y-contaminamos-115078.html>

41. Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. Gobierno de España. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/default.aspx>
42. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Nota de Prensa del 09 de julio del 2015. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/al-30-de-junio-de-2015-el-peru-tiene-31-millones-151-mil-643-habitantes-8500/>
43. Ministerio del Ambiente. Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). Ley Nro. 28694.- Ley que regula el contenido de azufre en el combustible diésel. Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-que-regula-contenido-azufre-combustible-diesel>
44. Área Metropolitana del Valle Aburra. Procedimiento para la determinación de la concentración másica de Dióxido de azufre. Método de Tetracloruro Mercurato (TCM) Pararosanilina. Disponible en: <http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/isodocRedAire/Procedimiento%20determinacion%20concentracion%20SO2.pdf>
45. Cornell Law School. Legal Information Institute. Appendix A-2 to Part 50 - Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method). Disponible en: https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-A-2_to_part_50

46. Cinthia Farroñan D. Concentraciones de gases y niveles de ruido según los estándares de calidad ambiental (ECA) en las estaciones de servicio en la ciudad de Chiclayo. 2012-2014. (Tesis pregrado). Universidad de Lambayeque. Disponible en: <http://repositorio.udl.edu.pe/xmlui/handle/UDL/79?show=full>

ANEXOS

Tabla N° 4. Toma de muestra – Estación “n”

| Nro. DIAS | Nro. MUESTRAS | HORAS | | | LECTURA |
|-----------|------------------|--------|-------|-------|---------|
| | | Mañana | Tarde | Noche | A |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

n: número de estación

Fuente: Propia. 2017

F-0001



Figura N° 2. Estación de muestreo N° 1

Fuente: Google maps. 2017

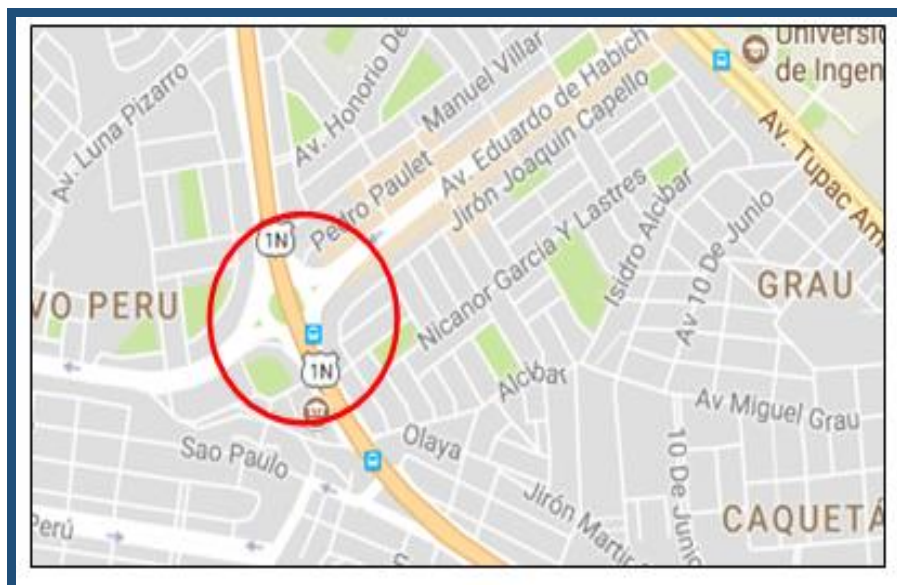


Figura N° 3. Estación de muestreo N° 2

Fuente: Google maps. 2017

Tabla N° 5. Medida de la absorvancia del dióxido de azufre

| $\mu\text{g}(\text{SO}_2)$ | Absorbancia |
|----------------------------|-------------|
| 1.8 | 0.24 |
| 3.6 | 0.31 |
| 7.2 | 0.42 |
| 14.4 | 0.62 |

Fuente: Propia. 2017

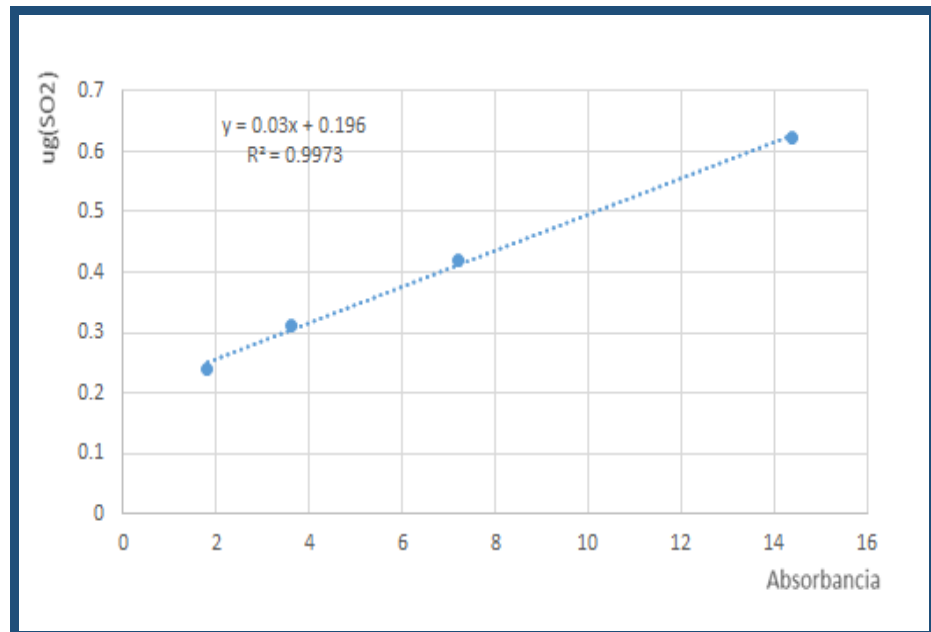


Gráfico N° 9. Calibración del método para dióxido de azufre

Fuente: Propia. 2017

Donde:

$$\text{Abs} = 0.03 * \text{Conc} (\text{SO}_2) + 0.196$$

$$r^2 = 0.9973$$

Tabla N° 6. Toma de muestra – Estación 1

| DIAS | Nro. MUESTRAS | HORAS | | | LECTURA |
|-----------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------|
| | | Mañana | Tarde | Noche | A |
| 28-Ago-17 | M1 | 07:02 a 08:02 | - | - | 0.259 |
| 29-Ago-17 | M2 | 07:05 a 08:05 | - | - | 0.271 |
| 30-Ago-17 | M3 | 07:00 a 08:00 | - | - | 0.267 |
| 28-Ago-17 | M4 | - | 13:02 a 14:02 | - | 0.443 |
| 29-Ago-17 | M5 | - | 13:05 a 14:05 | - | 0.439 |
| 30-Ago-17 | M6 | - | 13:00 a 14:00 | - | 0.451 |
| 28-Ago-17 | M7 | - | - | 19:00 a 20:00 | 0.371 |
| 29-Ago-17 | M8 | - | - | 19:06 a 20:06 | 0.364 |
| 30-Ago-17 | M9 | - | - | 19:04 a 20:04 | 0.375 |

Fuente: Propia. 2017

F-0001

Tabla N° 7. Toma de muestra – Estación 2

| DIAS | Nro. MUESTRAS | HORAS | | | LECTURA |
|----------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------|
| | | Mañana | Tarde | Noche | A |
| 4-Set-17 | M10 | 07:05 a 08:05 | - | - | 0.573 |
| 5-Set-17 | M11 | 07:05 a 08:05 | - | - | 0.568 |
| 6-Set-17 | M12 | 06:59 a 07:59 | - | - | 0.579 |
| 4-Set-17 | M13 | - | 13:04 a 14:04 | - | 0.551 |
| 5-Set-17 | M14 | - | 13:01 a 14:01 | - | 0.564 |
| 6-Set-17 | M15 | - | 13:07 a 14:07 | - | 0.548 |
| 4-Set-17 | M16 | - | - | 19:10 a 20:10 | 0.434 |
| 5-Set-17 | M17 | - | - | 19:04 a 20:04 | 0.441 |
| 6-Set-17 | M18 | - | - | 19:01 a 20:01 | 0.438 |

Fuente: Propia. 2017

F-0001

Tabla N° 8. Cálculo de la masa de dióxido de azufre

| Muestras | Absorbancia | Masa de SO₂ (µg) | Dilución (mL) | Masa de SO₂ (µg) |
|-----------------|--------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| M1 | 0.259 | 2.1 | 5 | 0.42 |
| M2 | 0.271 | 2.5 | 5 | 0.5 |
| M3 | 0.267 | 2.3 | 5 | 0.46 |
| M4 | 0.443 | 8.2 | 5 | 1.64 |
| M5 | 0.439 | 8.1 | 5 | 1.62 |
| M6 | 0.451 | 8.5 | 5 | 1.7 |
| M7 | 0.371 | 5.8 | 5 | 1.16 |
| M8 | 0.364 | 5.6 | 5 | 1.12 |
| M9 | 0.375 | 5.9 | 5 | 1.18 |
| M10 | 0.573 | 12.6 | 5 | 2.52 |
| M11 | 0.568 | 12.4 | 5 | 2.48 |
| M12 | 0.579 | 12.7 | 5 | 2.54 |
| M13 | 0.551 | 11.8 | 5 | 2.36 |
| M14 | 0.564 | 12.2 | 5 | 2.44 |
| M15 | 0.548 | 11.7 | 5 | 2.34 |
| M16 | 0.434 | 7.9 | 5 | 1.58 |
| M17 | 0.441 | 8.1 | 5 | 1.62 |
| M18 | 0.438 | 8 | 5 | 1.6 |

Fuente: Propia.2017

Tabla N° 9. Volumen de aire muestreado

| Muestras | Flujo (L/min) | Tiempo de muestreo (min) | Volumen aire muestreado (L) | Volumen aire muestreado (m³) |
|-----------------|--------------------------|---|--|--|
| M1 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M2 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M3 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M4 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M5 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M6 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M7 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M8 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M9 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M10 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M11 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M12 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M13 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M14 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M15 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M16 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M17 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |
| M18 | 0.2 | 60 | 12 | 0.012 |

Fuente: Propia. 2017



Figura N° 4. Etapa de pre-muestreo

Fuente: Propia.2017



Figura N° 5. Toma de muestra estación N° 1

Fuente: Propia.2017

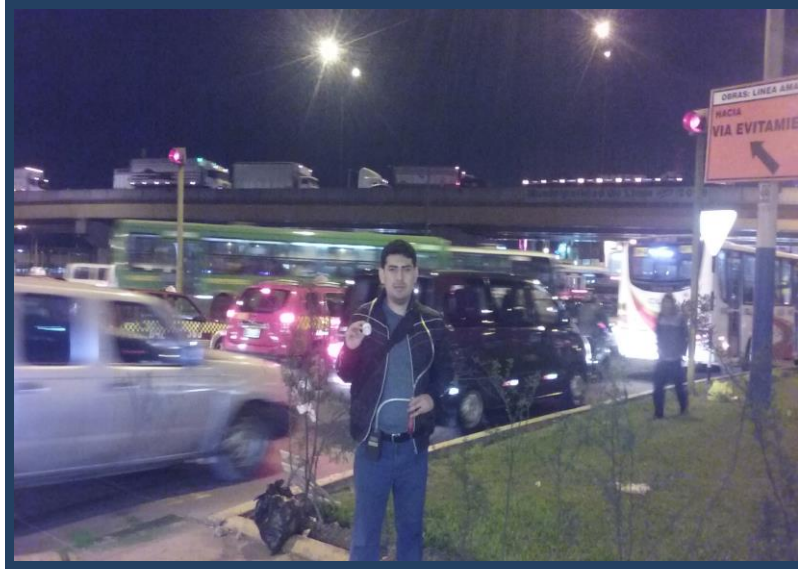


Figura N° 6. Toma de muestra estación N° 2

Fuente: Propia. 2017



Figura N° 7. Trasvaso de la muestra

Fuente: Propia. 2017



Figura N° 8. Muestras para análisis

Fuente: Propia.2017



Figura N° 9. Análisis de las muestras

Fuente: Propia. 2017

Certificate of Calibration

SKC UltraFlo® CALIBRATOR

Date Calibrated: 10/05/17 Next Calibration Due Date: 10/05/18

Serial Number: 011549 Model No. 709

Applicable Measurement Standards

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

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

This calibrator as received on 10/06/17 at A.P. Buck, Inc.'s facility was found to be :

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

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

- Unit within specifications after calibration.

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

QA APPROVAL BY: *Federico A. Vargas*

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

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

BUCK
A.P. BUCK, INC.

CCAR-003 REV-03 4-26-2013

Figura N° 10. Certificado de Calibración de la bomba de vacío

Fuente: CENSOPAS-2017



INSTITUTO NACIONAL DE SALUD

CENTRO NACIONAL DE SALUD OCUPACIONAL Y PROTECCIÓN DEL AMBIENTE PARA LA SALUD (CENSOPAS)

Las Amapolas N° 350 Urb. San Eugenio – Lince
Teléfono: 7480 – 000 Anexo: 7722 o 7728

Solicitante: **BAZAN RODRIGUEZ VICTOR**
Dirección : *Av. Túpac Amaru 348- Independencia*
Solicitud de ensayo N°: *2356-2017/N*
Cantidad recibida: *18 muestras*
Presentación: *En frasco polietileno cerrado*
Fecha de recepción: *05 de setiembre del 2017*
Análisis solicitado: **DETERMINACIÓN DE DIOXIDO DE AZUFRE**
Muestra: *Solución de TCM*
Investigación solicitada: **DIOXIDO DE AZUFRE**
Fecha de ejecución del análisis: *Del 06 al 10 Setiembre*

| N O | CÓDIGO | Absorbancia | Masa de SO ₂ | Volumen de aire | Dióxido de Azufre µg/m ³ |
|-----|--------|-------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| 1 | M1 | 0.259 | 0.42 | 0.012 | 35 |
| 2 | M2 | 0.271 | 0.5 | 0.012 | 41.6 |
| 3 | M3 | 0.267 | 0.46 | 0.012 | 38.3 |
| 4 | M4 | 0.443 | 1.64 | 0.012 | 136.6 |
| 5 | M5 | 0.439 | 1.62 | 0.012 | 135 |
| 6 | M6 | 0.451 | 1.7 | 0.012 | 141.6 |
| 7 | M7 | 0.371 | 1.16 | 0.012 | 96.6 |
| 8 | M8 | 0.364 | 1.12 | 0.012 | 93.3 |
| 9 | M9 | 0.375 | 1.18 | 0.012 | 98.3 |



INSTITUTO NACIONAL DE SALUD

**CENTRO NACIONAL DE SALUD OCUPACIONAL Y PROTECCIÓN DEL AMBIENTE
PARA LA SALUD (CENSOPAS)**

Las Amapolas N° 350 Urb. San Eugenio – Lince
Teléfono: 7480 – 000 Anexo: 7722 o 7728

| Nº | CÓDIGO | Absorbancia | Masa de SO ₂ | Volumen de aire | Dióxido de Azufre µg/m ³ |
|----|--------|-------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| 10 | M10 | 0.573 | 2.52 | 0.012 | 35 |
| 11 | M11 | 0.568 | 2.48 | 0.012 | 41.6 |
| 12 | M12 | 0.579 | 2.52 | 0.012 | 38.3 |
| 13 | M13 | 0.551 | 2.36 | 0.012 | 136.6 |
| 14 | M14 | 0.564 | 2.44 | 0.012 | 135 |
| 15 | M15 | 0.548 | 2.34 | 0.012 | 141.6 |
| 16 | M16 | 0.434 | 1.58 | 0.012 | 96.6 |
| 17 | M17 | 0.441 | 1.62 | 0.012 | 93.3 |
| 18 | M18 | 0.438 | 1.60 | 0.012 | 98.3 |

INFORME DE RESULTADOS

Método de ensayo utilizado
Técnica

MET - CENSOPAS - 003
Espectrofotométrico o de la Pararosanilina

Lince, 26 de setiembre del 2017

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
CENSOPAS
Manuel Chávez Ruiz
Q. Manuel Chávez Ruiz
Laboratorio químico toxicológico
C.Q.P 683

Figura N° 11. Certificado de análisis

Fuente: Instituto Nacional de Salud

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título del Proyecto de Tesis: Contaminación de aire por dióxido de azufre y la congestión vehicular en Lima Norte.

Bachiller: Bazán Rodríguez Víctor Alexander

CELULAR: 933787220

CORREO: c.vlu@hotmail.com

Asesor: Jean Paul Miranda Paredes

| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPOTESIS GENERAL | TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION | METODO Y DISEÑO DE INVESTIGACION | VARIABLES | POBLACION Y MUESTRA |
|--|--|---|--|--|--|---|
| <p>¿Qué relación existe entre la contaminación del aire por dióxido de azufre frente a los horarios de congestión vehicular en Lima Norte?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <p>1.- ¿Cuál es el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 07:00 a 08:00 horas?</p> <p>2.- ¿Cuál es el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 13:00 a 14:00 horas?</p> <p>3.- ¿Cuál es el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 19:00 a 20:00 horas?</p> | <p>Evaluar la relación que existe entre la contaminación del aire por dióxido de azufre frente a los horarios de congestión vehicular en Lima Norte.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>1.- Determinar el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 07:00 a 08:00 horas.</p> <p>2.- Determinar el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 13:00 a 14:00 horas.</p> <p>3.- Determinar el promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 19:00 a 20:00 horas.</p> | <p>La relación existente entre la contaminación del aire por dióxido de azufre frente a los horarios de congestión vehicular en Lima Norte es directamente proporcional.</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICOS</p> <p>1.- El promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 07:00 a 08:00 horas es elevada.</p> <p>2.- El promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 13:00 a 14:00 horas es moderada.</p> <p>3.- El promedio de la concentración de dióxido de azufre en las estaciones 1 y 2 de 19:00 a 20:00 horas es elevada.</p> | <p>Tipo de Investigación: Cuantitativo Longitudinal Analítico</p> <p>Nivel de Investigación: Correlacional</p> | <p>METODO DE INVESTIGACION Deductivo</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACION: No Experimental</p> | <p>Variable Dependiente: Concentración de dióxido de azufre</p> <p>Indicadores: -Espectrofotómetro UV-VIS (μ/m^3)</p> <p>Variable Independiente: Horarios de congestión vehicular</p> <p>Indicadores: - De 07:00 a 08:00 horas. - De 13:00 a 14:00 horas. - De 19:00 a 20:00 horas.</p> | <p>POBLACION: Zona de Lima Norte</p> <p>MUESTRA: Se obtuvieron 18 muestras de la solución captadora TCM de las estaciones 1 y 2.</p> <p>Estaciones: Estación Nro. 1: Av. Carlos Alberto Izaguirre – Carretera Panamericana Norte Estación Nro. 2: Av. Eduardo de Habich – Carretera Panamericana Norte.</p> |

