



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

**Tendencias y escenarios posibles a mediano plazo de la
contaminación del aire por fuentes de origen
automotriz en Lima Metropolitana**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias
Ambientales con mención en Control de la Contaminación y
Ordenamiento Ambiental

AUTOR

Irma Janet ZEGARRA TELLO

ASESOR

Dr. Carlos Francisco CABRERA CARRANZA

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Zegarra, I. (2021). *Tendencias y escenarios posibles a mediano plazo de la contaminación del aire por fuentes de origen automotriz en Lima Metropolitana*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	ZEGARRA TELLO IRMA JANET.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10141903
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2227-7708
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	17402784
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5821-5886
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	ROLANDO REÁTEGUI LOZANO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06418510
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	WALTER JAVIER DÍAZ CARTAGENA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25726173
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ALEX SEGUNDINO ARMAS BLANCAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07568033
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	17402784
Datos de investigación	

Línea de investigación	NO APLICA
Grupo de investigación	NO APLICA
Agencia de financiamiento	SIN FINANCIAMIENTO
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Lima Metropolitana comprende: Lima Norte: Centro de Salud Laura Rodríguez Lima Sur: Hospital María Auxiliadora Lima Este: Hospital Hipólito Unanue Lima ciudad: CONACO Latitud: -12.0431800° Longitud: -77.0282400°
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2005 - Diciembre 2019 Proyecciones: 2020 – 2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería del Petróleo, Energía, Combustibles http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.03



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Lima, a los veintiún días del mes de octubre del año 2021, siendo las 15:00 horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 000430-2021-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 14 de octubre del 2021, con la finalidad de evaluar la sustentación virtual al amparo de la Directiva de la UNMSM aprobada con Resolución Rectoral N°01357-R-20 de la siguiente tesis:

TITULO

«TENDENCIAS Y ESCENARIOS POSIBLES A MEDIANO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR FUENTES DE ORIGEN AUTOMOTRIZ EN LIMA METROPOLITANA»

Que, presenta la Bach. **IRMA JANET ZEGARRA TELLO**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL**.

El Secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° 09417-FIGMMG-2016 del 07 de diciembre del 2016, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación, se procede con la calificación de la Tesis, de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente en conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

MUY BUENO 18

Habiendo sido aprobada la sustentación virtual de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL** a la Bach. **IRMA JANET ZEGARRA TELLO**.

Siendo las 16:00 horas, se dio por concluido al acto académico.



Firmado digitalmente por REATEGUI
LOZANO Rolando FAU 20148092282
soit
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26.10.2021 10:51:27 -05:00

DR. ROLANDO REÁTEGUI LOZANO
Presidente

MG. ALEX SEGUNDINO ARMAS BLANCAS
Miembro

DR. WALTER JAVIER DÍAZ CARTAGENA
Secretario



Firmado digitalmente por CABRERA
CARRANZA Carlos Francisco FAU
20148092282 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26.10.2021 14:56:22 -05:00

DR. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA
Asesor

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por brindarnos la oportunidad de formación como profesional en la especialidad de Ingeniería Ambiental.

A los docentes de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera Metalúrgica y Geografía, por contribuir con sus conocimientos y experiencias en nuestra formación profesional.

A mis asesores, el Doctor Carlos Francisco Cabrera Carranza y a la Doctora Rosa Moore Torres, quienes me ha guiado en la elaboración de esta tesis.

Al personal administrativo, por las múltiples atenciones y apoyos.

A mi esposo Carlos y a mis hijos Marcy y Erick, por el constante apoyo incondicional y la confianza brindada.

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1. Area Geográfica del estudio de Saturación de Lima y Callao	35
Tabla N° 2. Morbilidad y mortalidad en la Provincia de Lima.....	42
Tabla N° 3. Características físico químicas del Gas Natural y el GLP (*)	51
Tabla N° 4. Afectación del Servicio Automotriz al recurso AGUA.....	53
Tabla N° 5. Afectación del Servicio Automotriz al recurso AIRE.....	54
Tabla N° 6. Afectación del Servicio Automotriz al recurso SUELO.....	55
Tabla N° 7. Residuos Sólidos del Servicio Automotriz.....	56
Tabla N° 8. Diseño de la prueba de hipótesis.....	67
Tabla N° 9. Criterios de decisión y su valoración	73
Tabla N° 10. Ponderados de los Criterios de decisión	74
Tabla N° 11. Matriz de Consistencia	78
Tabla N° 12. Operacionalización de las variables .	81
Tabla N° 13. Concentración media anual de los cinco Contaminantes medidos en el aire de Lima Metropolitana, en el periodo (2005-2019).....	88
Tabla N° 14. Estándares Nacionales de Calidad de Aire	89
Tabla N° 15. Estándares Internacionales de Calidad de Aire.....	90
Tabla N° 16. Resultados de la comparación con la normativa.....	91
Tabla N° 17. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2020, experto H.R.....	93
Tabla N° 18. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2020, experto P.T.....	93
Tabla N° 19. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2020, experto R.V.....	94
Tabla N° 20. Resumen Estimación por 3 expertos de la concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para el año 2020	95
Tabla N° 21. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2021, experto H.R.	96
Tabla N° 22. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2021, experto P.T.	96

Tabla N° 23. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2021, experto R.V.	97
Tabla N° 24. Resumen de estimación por 3 expertos de la concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para el año 2021.....	98
Tabla N° 25. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2022, experto H.R.	99
Tabla N° 26. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2022, experto P.T.	99
Tabla N° 27. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2022, experto R.V.	103
Tabla N° 28. Resumen de Estimación por 3 expertos de la Concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para el año 2022.....	...
	¡Error! Marcador no definido.
Tabla N° 29. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/ 2023, experto H.R.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla N° 30. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/ 2023, experto P.T.	105
Tabla N° 31. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana /2023, experto R.V.	106
Tabla N° 32. Resumen de Estimación por 3 expertos de la Concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para el año 2023.....	¡Error!
	Marcador no definido.
Tabla N° 33. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/ 2024, experto H.R.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla N° 34. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/ 2024, experto P.T.	108
Tabla N° 35. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/ 2024, experto R.V.	108
Tabla N° 36. Resumen de Estimación por 3 expertos de la Concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para el año 2024.....	107
Tabla N° 37. Resumen estimación por 3 expertos de concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para quinquenio (2020-2024)..	108

Tabla N° 38. Evaluación de los resultados de los años 2020-2024 versus normativa...	109
Tabla N° 39. Evaluación de ideas a partir del Brain Storming.....	112
Tabla N° 40. Evaluación del Plan Estratégico. Matriz de Priorización (1),experto HR	114
Tabla N° 41. Evaluación del Plan Estratégico.Matriz de Priorización (2), experto PT	120
Tabla N° 42. Evaluación del Plan Estratégico.Matriz de Priorización (2), experto R.V	120
Tabla N° 43. Cuadro resumen a partir de las matrices de priorización	117
Tabla N° 44. Distribución por categorías vehiculares para Lima y Callao	118
Tabla N° 45. Concentraciones del NO ₂ , agrupadas en tres condiciones diferentes	121
Tabla N° 46. Concentraciones del SO ₂ , agrupada en tres condiciones diferentes	121
Tabla N° 47. Pruebas W de Kendall	123
Tabla N° 48. Prueba W de Kendall	...124
Tabla N° 49. Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad de Aire.....	121
Tabla N° 50. Normas Nacionales Estándares de Calidad del aire	145
Tabla N° 51. Guías de Calidad del aire de la OMS.....	146
Tabla N° 52. NAAQS para los seis principales contaminantes.....	147
Tabla N° 53. Guía de la calidad del aire sobre la contaminación por partículas.....	148
Tabla N° 54. Especificaciones técnicas de Combustibles: Gasolina 84 Octanos	. .149
Tabla N° 55. Especificaciones técnicas de Combustibles: Biodiesel.....	150

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Árbol del Problema.....	24
Gráfico N° 2. Sistema de Gestión óptima de la Calidad del Aire	28
Gráfico N° 3. Concentraciones de Material Particulado	36
Gráfico N° 4. Planeamiento del inventario de emisiones de origen automotor	46
Gráfico N° 5. Modelo de investigación de las emisiones de origen automotor	47
Gráfico N° 6. Relaciones entre las concentraciones (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de Contaminantes	66
Gráfico N° 7. Esquema de obtención de evidencia empírica.....	85
Gráfico N° 8. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Lima Metropolitana Callao	151
Gráfico N° 9. Línea de Tiempo de las medidas implementadas vinculadas a la calidad del aire, desde el año 2001 hasta la actualidad.....	152
Gráfico N° 10. Efectos de los contaminantes del aire en la salud.....	153

RESUMEN

Las tendencias y escenarios posibles a que se refiere el presente trabajo están directamente relacionado al parque automotor con sus variables y el impacto en la calidad del aire y en la salud de las personas.

En este estudio se desarrolla la evaluación de la medición de la calidad del aire, de una gran ciudad, como es Lima Metropolitana, para obtener las conclusiones objetivas y precisas para mejorarlo de manera permanente.

Se trata también de un esfuerzo por divulgar la importancia y necesidad insoslayable de realizar un PLAN ESTRATEGICO de amplia duración para reemplazar el actual parque automotor de esta ciudad como medida radical y necesaria para lograr, finalmente, una ciudad ecológica y sostenible.

En el Capítulo 1 se define el Problema, enfatizando la importancia de prestarle atención preferencial, debido a que es uno de los temas menos abordados con seriedad en la realidad nacional. Se explica con detalle la razón de la preferencia dada, sobre otros temas, tal vez más atendidos, pero menos urgentes y además se trazan los objetivos de la modernización que se propone.

En el Capítulo 2 se detalla el fundamento teórico que respalda la investigación resaltando los trabajos más relevantes al respecto.

En el Capítulo 3 se determina el núcleo que soporta toda la investigación: El Tipo y Diseño de la Investigación, la unidad de Análisis, la Muestra a tomarse para la prueba de VALIDEZ de las hipótesis.

En el Capítulo 4 se desarrolla el primer tratamiento específico, la determinación de la estructura y dinámica de la contaminación del aire de Lima. La necesidad de desarrollar

el PLAN ESTRATEGICO que se propone.

En el Capítulo 5 se desarrollan las posibilidades existentes de materializar estas conclusiones. Finalmente se cierra el documento con las conclusiones y recomendaciones que se extraen de todo lo actuado.

ABSTRACT

The possible trends and scenarios referred to in this paper are directly related to the car fleet with its variables and the impact on air quality and people's health.

This study develops the concept and way of conducting the process of measuring the air quality of a large city, such as Metropolitan Lima, and also draws out from it, objective and precise conclusions to improve it permanently.

It is also an effort to disseminate the importance and unavoidable need to make a STRATEGIC PLAN of long duration to replace the current automotive park in this city as a radical and necessary measure to finally achieve an ecological and sustainable city.

In **Chapter 1:** The Problem is defined emphasizing the importance of giving it preferential attention because it is one of the least seriously addressed issues in the national reality. It explains in detail the reason for the preference given to it on other issues, perhaps the more attended, but less urgent. The objectives of the proposed modernization are outlined.

In **Chapter 2:** The theoretical foundation that supports the research is highlighted, pointing the most relevant works in this regard.

In **Chapter 3:** The core that supports all the research is determined: The Type and Design of the Investigation, the Analysis unit, the Sample to be taken for the VALIDITY test of the hypotheses.

In **Chapter 4:** the first specific treatment is developed for the determination of the structure and dynamics of air pollution in Lima. The need to develop the STRATEGIC PLAN is argued.

Finally, in **Chapter 5** the existing possibilities of materializing these conclusions are developed. The document closes itself with the conclusions and recommendations that are extracted from everything that has been treated.

ESTRUCTURA DE LA TESIS (TABLA DE CONTENIDO)

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Situación Problemática	17
1.2. Formulación del Problema	23
1.2.1. Problema General	23
1.2.2. Problemas Específicos	23
1.3. Justificación Teórica	26
1.4. Justificación Práctica	27
1.5. Objetivos	29
1.5.1. Objetivo general	29
1.5.2. Objetivos Específicos	29
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	30
2.1. Marco Filosófico o epistemológico de la investigación	30
2.2. Antecedentes de investigación	34
2.3. Bases Teóricas	48
2.3.1. Guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS) relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre	48
2.3.2. Caracterización de los combustibles GNV y GLP	51
2.3.3. Contaminantes relacionados al sector automotriz	53
2.3.4. Normas EURO	57
2.4. Base Legal.	59
2.4.1. Normativa Legal del Perú	59
2.4.2. Normativa Internacional	64
CAPITULO 3. METODOLOGÍA	66
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	66
3.2. Unidad de Análisis	67
3.3. Población de estudio	69
3.4. Selección de la muestra	69
3.5. Técnicas de recolección de datos	71

3.5.1. Técnica de recolección de datos del registro DIGESA del MINSA y de los organismos internacionales	71
3.5.2. Técnica para encuesta prospectiva a Expertos	71
3.5.2.1. Juicio de los expertos respecto a las concentraciones optimas	71
3.5.2.2. Juicio de los expertos respecto a la evaluación de los criterios de decisión	73
3.5.3 Técnica de prueba de hipótesis	74
3.5.3.1. La prueba de hipótesis general	74
3.5.3.2. La prueba de la hipótesis específica N°1	74
3.5.3.3. La prueba de la hipótesis específica N°2	76
3.5.3.4. La prueba de la hipótesis específica N°3	77
3.6. Hipótesis de trabajo	77
3.6.1. Hipótesis general	77
3.6.2. Hipótesis específica	78
3.6.2.1. Hipótesis específica N° 1	78
3.6.2.2. Hipótesis específica N° 2	78
3.6.2.3. Hipótesis específica N° 3	78
3.7. Variables e Indicadores	78
3.8. Operacionalización de las variables	81
3.9. Análisis e interpretación de la información	85
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	86
4.1. Análisis, interpretación y discusión de los resultados	86
4.1.1. Hipótesis general	86
4.1.2. Hipótesis específica N° 1	87
4.1.2.1. Tabulación y presentación de la data oficial registrada [2000 – 2015]	88
4.1.2.2. Tabulación y presentación de la data oficial del Perú	90
4.1.2.3. Tabulación y presentación de la data oficial de la OMS y la EPA	90
4.1.3. Hipótesis específica N° 2	93
4.1.4. Hipótesis específica N° 3	111
4.2. Prueba de hipótesis	119

4.2.1. Respecto a la hipótesis general	119
4.2.2. Respecto a la hipótesis específica N° 1	119
4.2.3. Respecto a la hipótesis específica N° 2	123
4.2.4. Respecto a la hipótesis específica N° 3	125
4.3. Presentación de resultados	126
CAPITULO 5. IMPACTOS	127
5.1. Propuesta para la solución del problema	127
5.2. Costos de la implementación de la propuesta	131
5.3. Beneficios que aporta la propuesta	131
CONCLUSIONES	132
RECOMENDACIONES	132
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
ANEXOS	137
ANEXO N° 01:	137
ANEXO N° 02:	146
ANEXO N° 03:	148
ANEXO N° 04:	149
ANEXO N° 05:	151
ANEXO N° 06:	152

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

Las tendencias de la contaminación del aire tienen varias aristas: una de ellas está referida a la “caracterización tecnológica de la flota vehicular” es decir si el vehículo es de tecnología EURO III, IV, V o VI, otra arista se relaciona a las “variables atmosféricas” como la temperatura, humedad, presión, viento, nubosidad, precipitaciones, etc., por otro lado tenemos las “variables de tráfico” tales como la intensidad, velocidad, distancia, tiempo de recorrido, etc., y una arista importante la constituye la “composición química de los combustibles”, entre otras, como lo señala Puerto Ávila (2014).

Los escenarios dependen de las políticas de estado y de sus compromisos internacionales y nacionales relativas al Estado Peruano y de políticas específicas del sector como se indica en el “Decreto Supremo N° 012-2019-MTC, Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional de Transporte Urbano.

Políticas de Estado tales como:

Política 8: Descentralización política, económica y administrativa.

Política 11: Promoción de la igualdad de oportunidades sin discriminación.

Política 19: Desarrollo Sostenible y Gestión Ambiental.

Política 21: Desarrollo en infraestructura y vivienda.

Política 24: Estado eficiente y descentralizado.

Y los objetivos prioritarios de la Política Nacional de transporte urbano como:

OP1: Contar con sistemas de transporte público eficaces para el desplazamiento de personas.

OP2: Mejorar la gobernanza del transporte urbano de personas y mercancías.

OP3: Desarrollar servicios de transporte urbano con adecuada infraestructura para los usuarios.

OP4: Satisfacer las necesidades de transporte urbano de la población, en concordancia con el desarrollo urbano.

Además, también están relacionados a los “Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU)”:

El ODS 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.

El ODS 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva, sostenible y fomentar la innovación.

El ODS 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

El ODS 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

El uso del parque automotor, en las carreteras y en las ciudades de todo el mundo, se ha convertido en un aspecto altamente problemático de la vida moderna, muy particularmente en aquellas ciudades que tienen un parque automotor extenso, envejecido y/o una normativa inadecuada o mal gestionada, como es el caso del Perú, donde predominan enfoques políticos que planifican, pero la fiscalización no es efectiva.

Cabe mencionar, que, en nuestro país, el parque automotor es extenso, por que ingresaron vehículos usados provenientes del mercado asiático y por otro lado por el ingreso de vehículos nuevos, unos con un sistema de control de emisiones, los cuales compiten con vehículos nuevos que no cuentan con los mismos sistemas de control. En general, la presencia de vehículos económicos en el mercado nacional incrementó la flota vehicular, prevaleciendo además el uso del auto personal, sobre el de transporte público, lo cual ha congestionado la red vial sobre todo en horas punta en las principales avenidas de nuestro

país.

Según la “Encuesta de recolección de información básica, del transporte urbano, en el área de Lima Metropolitana y el Callao, realizada por la Agencia Internacional del Japón JICA, en coordinación con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en su informe final de Enero del año 2013, en la tabla 4.26 Número de vehículos en el área de Lima Metropolitana y el Callao, informa que en el año 2012, en Lima circulaban 672, 365 vehículos”, los cuales operan todos los días, y son la fuente principal de contaminación atmosférica, además afectan la salud de la población especialmente de aquella que se expone al tránsito vehicular por más de 8 horas al día.

Por otro lado, respecto al parque automotor envejecido, según la Ordenanza de la Municipalidad del Callao N° 005-2017 “Aprueban Cronograma de retiro vehicular de unidades del servicio de transporte público regular de pasajeros y disponen mejorar la calidad en el servicio de transporte conforme a estándares internacionales” en el artículo 3, se establece el Cronograma de Permanencia y retiro de vehículos según su antigüedad, como sigue”:

Fecha de fabricación	Fecha de salida del servicio
1991 a + 25 años	30-11-17
1992-1995	31-03-18
1996-2000	31-07-18
2001-2004	30-11-18
2005-2007	31-03-19

Como se puede observar, se han retirado en forma paulatina los vehículos de más de 25 años de antigüedad y solo permanecerán en circulación hasta un periodo máximo de 20 años a partir del 31 de marzo 2019.

En cambio, la Comuna Limeña estableció periodos de retiro de unidades con menor exigencia como se puede observar en la Resolución de Sub gerencia N° 731 -2016-MML-

GTU- SRT “Disponen el retiro de vehículos habilitados para la prestación del servicio de transporte público regular de personas en Lima Metropolitana, cuyo año de fabricación sea hasta el año 1986” del 26 de febrero 2016, establece:

Fecha de fabricación	Fecha de salida del servicio
1982 a 1988	30-12-17
1989-1990	31-12-18
1991-1992	31-12-19
1993-1994	31-12-20
1995-2006	31-12-21

Por otro lado, es importante mencionar que, para tener un sistema de transporte limpio y eficiente, se requiere que la calidad de los combustibles sea la adecuada, Diésel B5, el porcentaje de azufre ha bajado entre 5 a 27 ppm de Azufre, característica con efecto directo en las emisiones de SO₂, material particulado (PM) y otros gases. El uso de combustibles más limpios además permitirá la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el CO₂.

Otro de estos perfeccionamientos, que empezó por el año 1990, está relacionado con el cambio del tipo de combustible fósiles líquidos por gaseosos, a emplear en la cámara de combustión de estos motores. Era tradicional entonces el uso combustibles fósiles líquidos como la gasolina en los motores de automóviles, y del petróleo diésel en los de camiones y ómnibus, pero se sabe de antemano que ambos combustibles son contaminantes y afectan de manera directa al aparato respiratorio humano, debido a su alto contenido de subproductos de combustión, como el dióxido de azufre, SO₂; el monóxido de carbono CO; los óxidos de nitrógeno NO_x, etc. Debido a ello se ha ido adoptando, desde 1990, en algunos países como el Perú, el llamado “vehículo de combustible flexible”, como una solución provisional y transitoria “según el parecer de la autora” respecto a los vehículos

convencionales con motores a gasolina o petróleo, que ahora se les ha habilitado la capacidad alternativa de utilizar combustibles fósiles gasificados de menor peso molecular como el **GNV** o el **GLP** que son considerados como combustibles más limpios (**Gas Natural Vehicular** y **Gas Licuado de Petróleo**, respectivamente) cuya característica distintiva es la escasa generación de los subproductos moleculares contaminantes antedichos, muy dañinos para la salud humana.

En relación con la tecnología vehicular usada en nuestro país, se contaba con tecnología desactualizada como la del EURO III, mientras que en los países vecinos como Chile estaba vigente la norma EURO V para todas las categorías vehiculares desde el año 2013 y para las motos, la norma EURO III; y en el caso de Brasil, los vehículos en uso cuentan también con la tecnología EURO V desde el año 2012. En el Perú, recién a partir de marzo 2018 ingresaron los vehículos de la tecnología EURO IV.

Con relación a la normativa, si bien el 11 de enero del año 2017 se promulgó la Ley N° 30536 “Ley que fomenta la renovación del parque automotor y la formalización en la venta de unidades inmatriculadas” la cual aún no cuenta con su reglamento para su implementación, los municipios de Lima y el Callao con sus Cronogramas de retiro vehicular, del servicio de transporte público, están fomentando la renovación del parque automotor y el retiro de unidades.

Los resultados de las mediciones de Calidad de Aire, realizados por la DIGESA, a lo largo de este estudio, indican que hemos pasado de altos grados de contaminación del aire a bajos niveles de contaminación, ver Tabla N° 52 correspondiente al Programa Nacional de Vigilancia sanitaria de Calidad del Aire desde el año 2005 al año 2019, que en términos generales reflejan una adecuada política de gobierno, ver Gráfico N° 9 “Línea de tiempo

de las medidas implementadas vinculadas a la calidad del aire, desde el año 2001 hasta la actualidad” que puede mejorar con el aporte de esta tesis.

El resultado preliminar de esta política pública se ha manifestado en una evidente y clara mejoría de las condiciones del aire de la ciudad de Lima Metropolitana, ello a pesar del enorme incremento del parque rodado en esta ciudad, desde 1990 hasta la actualidad. Puede decirse que las condiciones actuales, en general, son bastante mejores a las que prevalecían antes de ese año 1990, con un parque automotor de mucho menor tamaño.

Por otra parte, se sabe bien que esta Tecnología Intermedia de motores con “combustible flexible” es solo una solución parcial y de ninguna manera puede ser la solución definitiva para este problema. Por otro lado, la solución de los países desarrollados es el uso de costosos catalizadores activos, en el tubo de escape de los vehículos, no puede ser la solución definitiva debido a sus costos y al poco tiempo de duración. El defecto común de todas ellas es que siguen atados al uso de combustibles fósiles, a pesar de que ya se ha demostrado científicamente, las limitaciones de continuar con ellos y la necesidad de proceder a retirarlos totalmente, o reemplazarlos si se desea evitar problemas a la salud como los que se describen en el Gráfico N° 10 “Efectos de la contaminación del aire en la salud” y al ambiente.

Por estas serias razones interesa prever, mediante técnicas de pronóstico estadístico, los distintos escenarios posibles de contaminación para el próximo quinquenio (2020-2024) dentro de la actual tecnología “flexible” establecida en el país. Es alta la probabilidad de que se confirme la idea científica de la necesidad impostergable de acabar con los combustibles fósiles, pero no se descarta la eventualidad de que esta tecnología “flexible” muestre suficiente vitalidad, como para prorrogar su vigencia por unos años más. En cualquier caso, el instrumento de elección que debería decidir la acción del Estado en esta

cuestión, en beneficio de la Nación, es la Planificación Estratégica del parque automotor para lograr el resultado óptimo en los próximos 25 años, lo que supone la reducción y renovación cualitativa del parque automotor, que incluye la adopción de los vehículos eléctricos, la plena adopción de las Energías Renovables y la cancelación definitiva de los combustibles fósiles.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuáles son las tendencias y escenarios posibles a mediano plazo de la contaminación del aire por fuentes de origen automotor en Lima Metropolitana?

1.2.2. Problemas Específicos

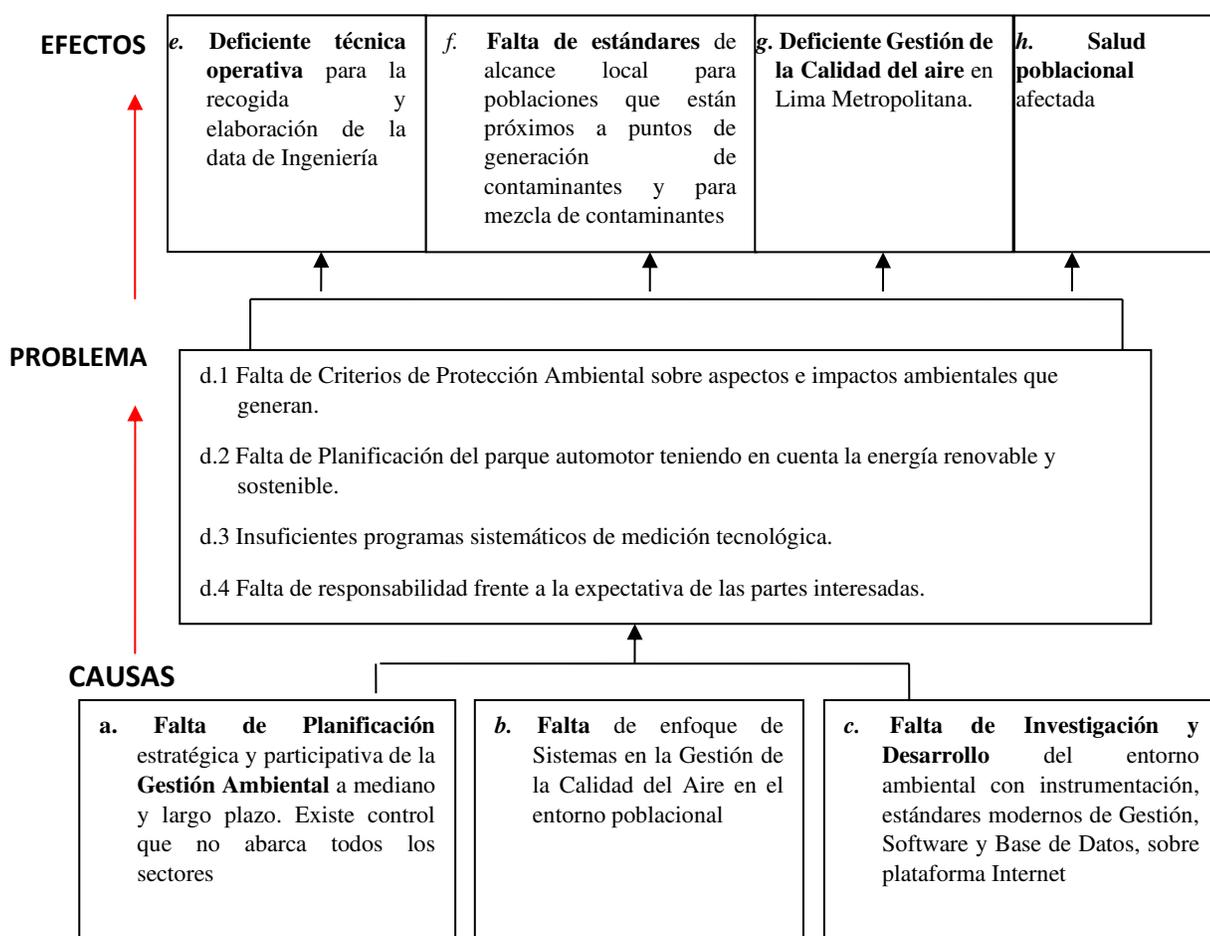
- ¿Cuáles son las concentraciones medias de los contaminantes identificados en la contaminación del aire, por fuentes de origen automotor, durante los años 2005 al 2019, respecto a los estándares máximos permitidos por la normativa nacional y la normativa internacional (OMS/EPA)?
- ¿Cómo evolucionaran las concentraciones de los contaminantes en el quinquenio (2020–2024) según muestran las proyecciones del definitivo establecimiento de la Tecnología del Combustible Flexible?
- ¿Qué Criterios de Decisión deberán considerarse para el futuro Plan Estratégico de Modernización del parque automotor de Lima Metropolitana?

Este problema también puede enunciarse y plantearse de modo dinámico y gráfico mediante la representación de acontecimientos, de abajo hacia arriba, de la secuencia

de causas y efectos que constituye el fenómeno bajo estudio, mediante el llamado “Árbol del Problema, de las raíces a los frutos”, como se ve en la siguiente figura:

Para la elaboración de este diagrama se utilizó como referencia “El Método del Árbol de Causas aplicado a la Investigación de Accidentes Laborales, (Cabrera Armando, 2012).

Gráfico N.º 1. Árbol del Problema



Fuente: Elaboración propia tomando como referencia:

- a Decreto Supremo N° 012-2019-MTC, Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional de Transporte Urbano

- b, c y f. Decreto Supremo N° 004-2017-MTC “Aprueban Reglamento de Protección Ambiental para el Sector Transportes” en el artículo 6: indica sistematización o difusión de información, uso de herramientas informáticas, mejora continua, métodos y otros que contribuyan al logro de los objetivos de la gestión ambiental”
- d.1 La Ley General del Ambiente Ley N° 28611, en su artículo N°75 “El titular de operaciones debe adoptar prioritariamente medidas de prevención del riesgo y daño ambiental en la fuente generadora de los mismos, así como las demás medidas de conservación y protección ambiental que corresponda en cada una de las etapas de sus operaciones, bajo el concepto de ciclo de vida de los bienes que produzca o los servicios que provea”
- d.2 El Decreto Supremo N.º 009-2006-EM se refiere a la implementación progresiva del uso de energías alternativas ecológicas.”
- d.3 ONU Instituciones públicas y gobierno digital. La Participación electrónica se refiere a cómo fomentar la participación cívica y la gobernanza participativa abierta a través de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC)
- d.4 NTP-ISO 26000 2010 Guía de Responsabilidad Social (71-83)
- e. Evaluación de las “Guías de Calidad de Aire” de la Organización Mundial de la Salud versus el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias” (Ej. 7 – 8pp).
- f. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. (7).

- g. La Ley N° 26842 Ley General de Salud, la cual señala: “Corresponde a la Autoridad de Salud competente, dictar las medidas necesarias para minimizar y controlar los riesgos para la salud de las personas, derivados de elementos, factores y agentes ambientales.”

1.3. Justificación Teórica

Teniendo en cuenta que la problemática del sector transportes se ha abordado desde diversas aristas adaptando acciones como por ejemplo pico y placa, pero no han tenido resultados favorables y sabiendo que a la fecha no se han presentado soluciones definitivas, sin embargo, este trabajo no aborda la problemática del tráfico, pero si del impacto de los combustibles y la tecnología de los vehículos en la calidad del aire y por ende los efectos en la salud de la población.

Esta investigación sirve para conocer los escenarios actuales de la contaminación del aire y cuáles son las acciones que se requieren adoptar de manera inmediata para solucionarla y a partir de allí que sirvan de referencia para la adopción de planes relacionados a la salud, especialmente aquellos relacionados a la prevención, con la difusión de la información a la población a través de los “Servicios de información de la calidad del aire” suministrados a través de la pantalla de televisión, y que se difundan las acciones de remediación realizadas para los valores que exceden las normas nacionales para que la población forme parte activa en la disminución de los riesgos a la salud. La sociedad debe participar para beneficiarse en primer lugar con la calidad del aire saludable, con la disminución de los gastos de salud por la disminución de las visitas médicas, y tener mejor calidad de vida y del ambiente que le rodea.

Determinar los criterios para la toma competente de decisiones con respecto a la regulación y cambio progresivo del parque automotor con meta final en la propulsión eléctrica completa y la supresión de los combustibles fósiles en el entorno geográfico en estudio.

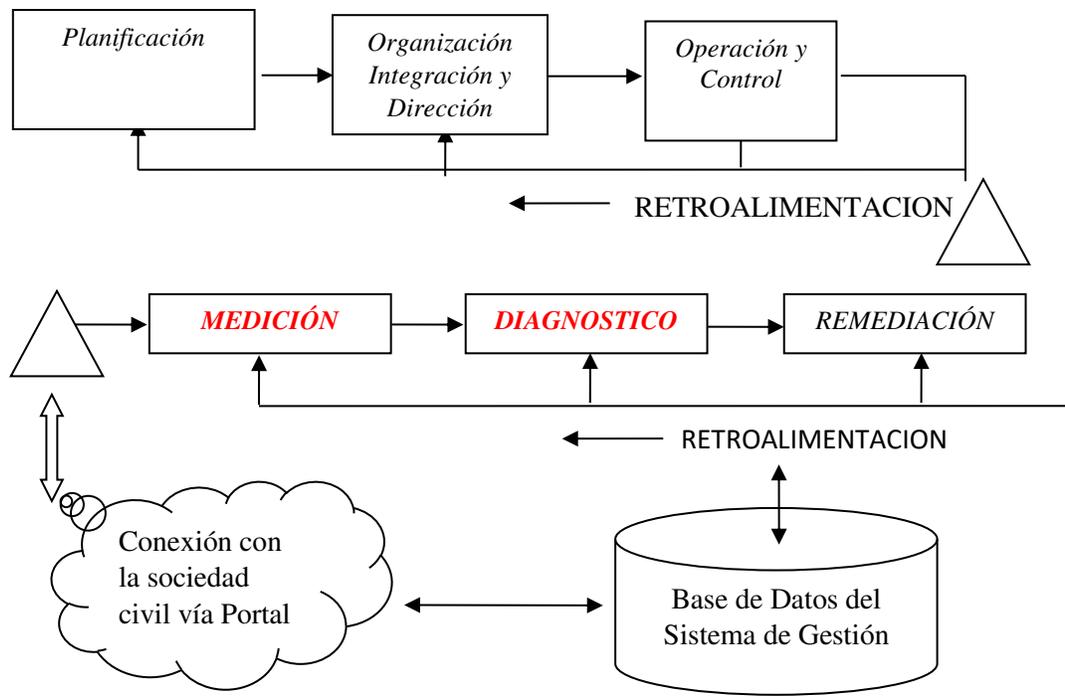
Es importante que el “Sector transportes” se evalúe como una empresa a la cual se debe exigir el cumplimiento de las normas de calidad del aire, siendo el tratamiento a este sector informal muy débil y permisivo de parte del Estado. Este sector requiere instrucción no solo en las reglas para conducir sino también en el impacto de la calidad del aire.

1.4. Justificación Práctica

Se juzga por ello, que este trabajo se justifica ampliamente, pues, una vez implementado, podrá contribuir al alineamiento unificado de las actuales políticas públicas de gestión, de la salud y del ambiente con el aporte de criterios concretos de modernización y optimización de la gestión de la Calidad del aire respecto del entorno vehicular, donde juega papel principal la adopción de medios electrónicos con apoyo satelital en tiempo real de la data acerca de los contaminantes atmosféricos, derivados de la actividad del tráfico automotor, que hace posible modelar matemáticamente la optimización de los procesos de control y de la toma de decisiones que corresponden a Políticas de Prevención, Control y Remediación sistémica de los efectos contaminantes del parque automotor de la cual hace referencia las normas de salud, con arreglo a planes estratégicos concretos y técnicas de informática computacional avanzada; todo ello con la participación directa de las poblaciones y de los grupos de interés involucrados.

La siguiente figura muestra cómo se aplicaría el Ciclo de la Gestión Óptima de la Calidad del Aire:

Gráfico N.º 2. Sistema de Gestión óptima de la Calidad del Aire



Fuente: Elaboración propia en base a la interpretación de la Norma ISO 14001:2015

Se resalta en rojo la operación de MEDICION y DIAGNOSTICO por ser los temas que se desarrollan en esta Tesis.

Del examen de esta figura se concluye, que el Sistema de Gestión Óptima de la Calidad del Aire, debe incluir características propias participativas en la Previsión y Planificación Estratégica a largo plazo del sector Transportes; la adopción del Enfoque de Sistemas Informáticos y los Métodos de Investigación & Desarrollo modernos para formular los Criterios para la toma competente de Decisiones; para la regulación y cambio progresivo del parque automotor con meta final en la propulsión eléctrica completa y la supresión de los combustibles fósiles en el entorno geográfico indicado.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar las tendencias y escenarios posibles a mediano plazo de la contaminación del aire por fuentes de origen automotor en Lima Metropolitana

1.5.2. Objetivos específicos

- Calcular las concentraciones medias de los contaminantes identificados en la contaminación del aire, por fuentes de origen automotor, durante los años 2005 al 2019, respecto a los estándares máximos permitidos por la normativa nacional y la normativa internacional (OMS/EPA).
- Determinar la evolución de las concentraciones de los contaminantes para el quinquenio (2020-2024) según las proyecciones del definitivo establecimiento de la Tecnología del Combustible flexible.
- Establecer los Criterios de Decisión que deberán considerarse para el futuro Plan Estratégico de Modernización del parque automotor de Lima Metropolitana.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Filosófico o epistemológico de la investigación

La autora ha preparado el siguiente resumen en base a los estudios realizados por (Böhler-Baedeker et al 2010) y la información obtenida del (Instituto del Transporte, 2015) los cuales se muestran a continuación:

“El sector transporte tiene un papel muy importante en el desarrollo de un país porque moviliza a las personas según sus necesidades hacia diferentes lugares como por ejemplo hacia sus centros de trabajo, lugares de estudio (colegios, universidades, etc.), servicios médicos, en general a los lugares donde atenderá sus necesidades básicas. Asimismo, este sector moviliza la carga dentro y fuera de las ciudades que es lo que mueve la industria en el país”. (Böhler-Baedeker et al 2010) y la información obtenida del (Instituto del Transporte, 2015)

“El sector transporte tiene diferentes modos” (Böhler-Baedeker et al 2010) y la información obtenida del (Instituto del Transporte, 2015), por ejemplo, la ciudad de Lima tiene los siguientes modos de transporte: autos particulares, transporte público (buses, buses rápidos, trenes, combis, micros), moto taxis dentro de determinados distritos como por ejemplo el Distrito de San Miguel, etc. Se puede observar que la ciudad de Lima está muy congestionada por el tráfico vehicular, principalmente por los autos y las avenidas principales se encuentran muy saturadas por la excesiva cantidad de vehículos. Lo cual representa un gran desafío para la planificación y en general la evaluación de este sector presenta varios enfoques.

Un enfoque muy importante de este sector está relacionado al cambio climático:

“Los gases de efecto invernadero entre los cuales se encuentran el dióxido de carbono, metano, el dióxido de nitrógeno, el ozono, etc. producen el cambio climático y el principal

sector productor de estos gases, es el de transportes”. (Böhler-Baedeker et al 2010) y la información obtenida del (Instituto del Transporte, 2015)

Este sector es el principal productor del Dióxido de carbono y según las cifras del Intergubernamental Panel on Climate Change en el informe del grupo intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014): “El CO₂ sigue siendo el principal gas de efecto invernadero y representó en el año 2010 el 76% de las emisiones antropógenas totales de gases de efecto invernadero”.

“Se espera construir un sistema de desarrollo ligado a la **descarbonización** conocido también como **carbón cero** para lograr que los fenómenos climáticos extremos disminuyan su intensidad y su frecuencia”; en esta fase es importante que las instituciones como Defensa Civil, definan las vulnerabilidades de las diferentes áreas geográficas de nuestro país frente a dichos eventos, de manera que la población esté preparada para actuar ante ellos.

“El transporte y la energía es otro enfoque importante y cabe mencionar que el sector, está relacionado al uso de los combustibles fósiles el cual es una fuente de energía “no renovable” unido al crecimiento del uso de los combustibles dado por el aumento del parque automotor”; (Böhler-Baedeker et al 2010) y la información obtenida del (Instituto del Transporte, 2015), en nuestro país se usan combustibles fósiles líquidos y gaseosos.

En el caso de los combustibles fósiles líquidos la gasolina de 84 octanos ha bajado en cuanto al contenido de plomo del año 1998: 0.84 gr/L; año 2003: 0.14 gr/L y en el año 2019: 0.0013 gr/L y con relación al Diésel B5, el porcentaje de azufre ha bajado a máximo 0.50 % masa.

En el caso de los combustibles fósiles gaseosos se usan el Gas Natural vehicular (GNV) y el Gas Licuado de Petróleo (GLP), combustibles que se describen más adelante y que producen menos emisiones que sus pares líquidos y que su utilización paulatina a partir del año 2001 en adelante es una de las causantes de la mejora en la calidad del aire en Lima Metropolitana.

En este punto es importante mencionar también que se debe promocionar la menor dependencia de estos combustibles, por un lado, por tratarse de energías no renovables y por el otro lado por el grado de contaminación que producen.

Tal como lo menciona (Jía S, et al. ,2018) en su artículo “El crecimiento del uso de vehículos de motor no solo ha aumentado la congestión del tráfico en las áreas urbanas, sino también la contaminación del aire en las ciudades, debido a las emisiones por el tubo de escape de los vehículos.”

Además, cabe mencionar que es importante “la mejora de la eficiencia de los vehículos orientado al uso de mejoras tecnológicas como la utilización de la propulsión híbrida (motores que están habilitados para usar combustibles fósiles y a batería) o de motores eléctricos puros o la introducción de nuevos combustibles” (Böhler-Baedeker et al 2010) y la información obtenida del (Instituto del Transporte, 2015).

“Otro aspecto importante es la planificación del uso del suelo, es decir la planificación de una ciudad, implica la provisión de todos los servicios (incluido el transporte público) para ese espacio geográfico que requiere la eliminación de los viajes innecesarios, implementar limitaciones al transporte individual e incentivar el transporte público para que las emisiones por persona disminuyan, además que se intensifiquen los modos de transporte, que producen menores emisiones de carbono, como los modos no motorizados como es el caso de la bicicleta. Esto determina la calidad de vida de los habitantes de un

entorno geográfico”. (Böhler-Baedeker et al 2010) y la información obtenida del (Instituto del Transporte, 2015).

También es importante mencionar, que se deben aplicar buenas prácticas, como el mantenimiento preventivo en los vehículos y la exigencia debería estar establecida de manera obligatoria y ser objeto de fiscalización para el sector transportes, esta práctica debe tener el mismo valor como cuando se imponen papeletas, cuando el conductor pasa la luz roja y/o las emisiones por el tubo de escape excede la normativa y así como se cuenta con un equipo que mide el estado etílico de los conductores, se debe medir también las emisiones de los vehículos.

Respecto a la contaminación del aire, se ha identificado que el “sector transportes es el principal productor de dióxido de carbono”, según lo indicado en la Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, donde se especifica que el transporte representa el 43.24% de las emisiones GEI, dentro del sector Energía, a nivel nacional y, el transporte urbano de Lima Metropolitana y el Callao, representa aproximadamente el 42% del transporte nacional. Asimismo, podemos ver los efectos en la salud del hombre, como son los casos presentados en el año 2016, según el Gráfico N° 11 “Morbilidad por enfermedades respiratorias atribuibles a la contaminación del aire en la provincia de Lima” que afectan del sistema respiratorio con casos como: sinusitis aguda, faringitis aguda, neumonía, bronquitis y enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, además también pueden presentarse enfermedades oculares por la incrustación de material particulado en la retina. Todos estos aspectos mencionados traen costos ambientales, de salud y económicos en el desarrollo de un país”. (Böhler-Baedeker et al 2010) y la información obtenida del (Instituto del Transporte, 2015).

2.2 Antecedentes de investigación

En la literatura disponible, sobre la contaminación del aire, en condiciones de uso alternado de combustibles GNV y GLP, en el ámbito sudamericano y del Perú, se encuentran numerosos trabajos que se orientan en la dirección de ampliar, mejorar la calidad del diseño y la instalación de plantas generadoras de estos combustibles, minimizando los costos de su producción, almacenaje y distribución, aspectos que han tomado gran importancia en el ámbito de la industria automotriz y del transporte público nacional e internacional. También el creciente problema de la contaminación del aire, impulsa la búsqueda de nuevas soluciones que minimicen estos efectos, mientras se buscan las soluciones definitivas para la presente condición mixta de los combustibles tradicionales (gasolina y diésel 2) y de combustibles gaseosos como el **GNV** y **GLP**; solución muy satisfactoria o insatisfactoria (es lo que se pretende probar en esta tesis), pero que se acepta, pues la solución “definitiva” (probablemente la eléctrica) tardará todavía varios años en llegar a ser técnica, comercial y económicamente viable. Algunos de estos trabajos, examinados por la autora, tocan muy de cerca la problemática concreta de este Proyecto de Tesis relacionado a la contaminación y su incidencia sobre la salud humana, por lo que pueden considerarse como antecedentes motivadores del mismo.

Destacan entre ellos los siguientes estudios:

Estudio de saturación en Lima Metropolitana y Callao 2011.

El resumen de este estudio, (DIGESA, 2011) “El cual consiste en monitorear la calidad del aire de manera temporal (durante un mes), pero con amplia cobertura geográfica (32 distritos cuyo detalle se encuentra en la tabla N° 1) con equipos de distinta metodología de análisis (muestreo pasivo: Captador Pasivo Passam y el método activo Estándar EPA 40 CFR PL 50 App B) en dos estaciones: verano e invierno. Los resultados del material

particulado fueron realizados por la DIGESA y los análisis de gases, se realizaron en Suiza. Esta información, permite conocer la distribución espacial de los contaminantes (que distritos presentan mayor contaminación) con la finalidad de determinar acciones preventivas y correctivas.

El área geográfica estaba conformada por las siguientes zonas:

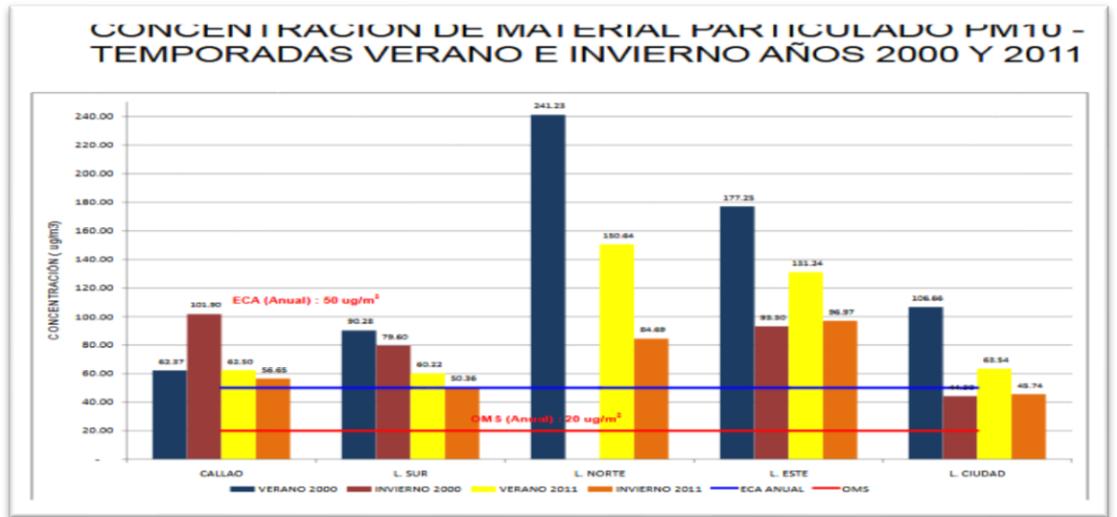
Tabla N° 1 Área Geográfica del estudio de Saturación en Lima y Callao

ZONAS	GRUPO	DISTRITOS
Zona I	CALLAO	Carmen de la Legua Reynoso, Bellavista, La Punta, La Perla, Callao, Ventanilla.
Zona II	LIMA SUR	Pachacamac, Villa María del Triunfo, Villa El Salvador, Lurín, San Juan de Miraflores, Santiago de Surco, Barranco, Chorrillos, Santa María del Mar, San Bartolo, Punta Negra, Punta Hermosa, Pucusana.
Zona III	LIMA NORTE	Ancón, Santa Rosa, Puente Piedra, Carabaylo, Comas, San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia.
Zona IV	LIMA ESTE	Cieneguilla, San Juan de Lurigancho, Lurigancho de Chosica, Ate-Vitarte, El Agustino, Santa Anita, La Molina, Miraflores, Surquillo, Santiago de Surco.
Zona V	LIMA CENTRO	Cercado de Lima, Rímac, Breña, Pueblo Libre, Jesús María, La Victoria, San Luis, Lince, San Miguel, Magdalena del Mar, San Isidro, San Borja, Miraflores, Surquillo.

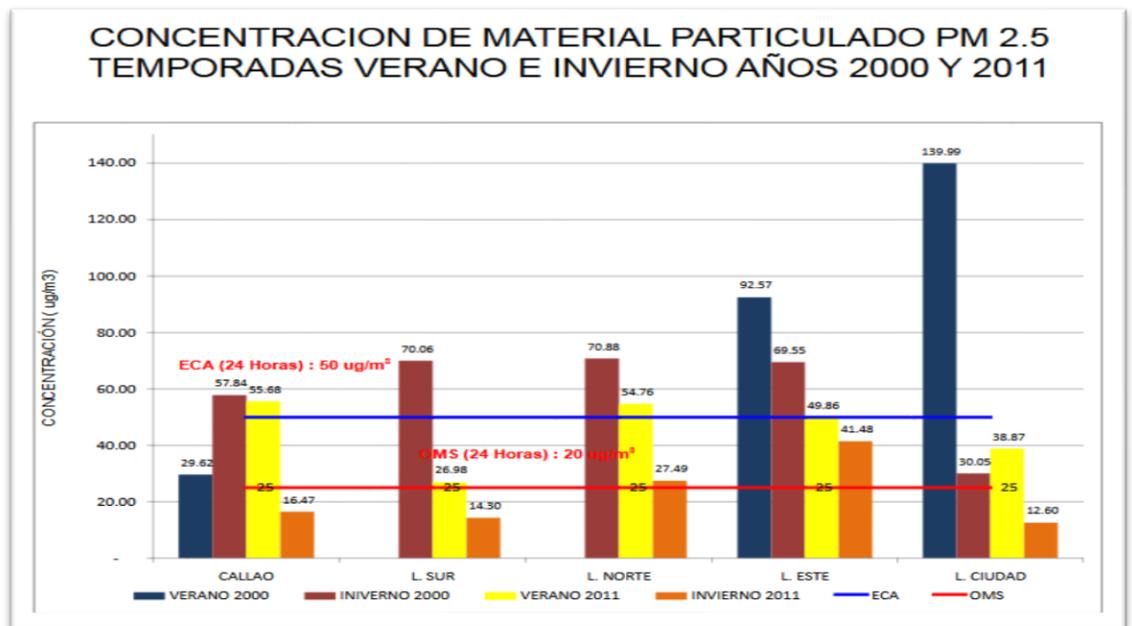
Fuente: La DIGESA Estudio de Saturación en Lima y Callao, año 2011

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de dos estudios similares:

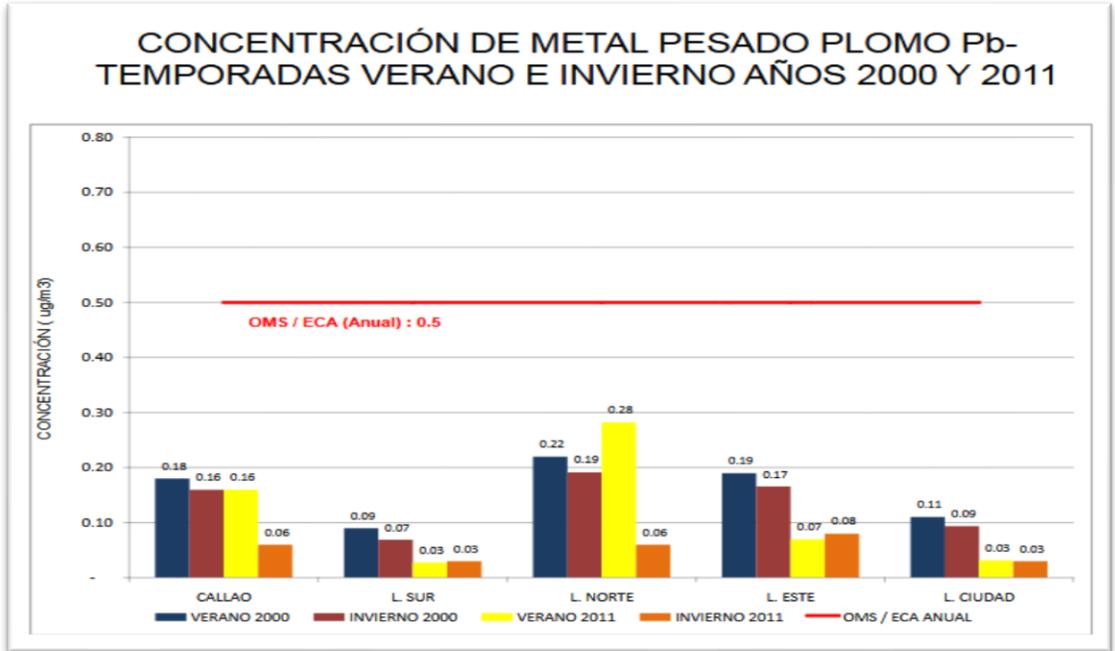
Gráfico N° 3 Concentraciones de Material Particulado



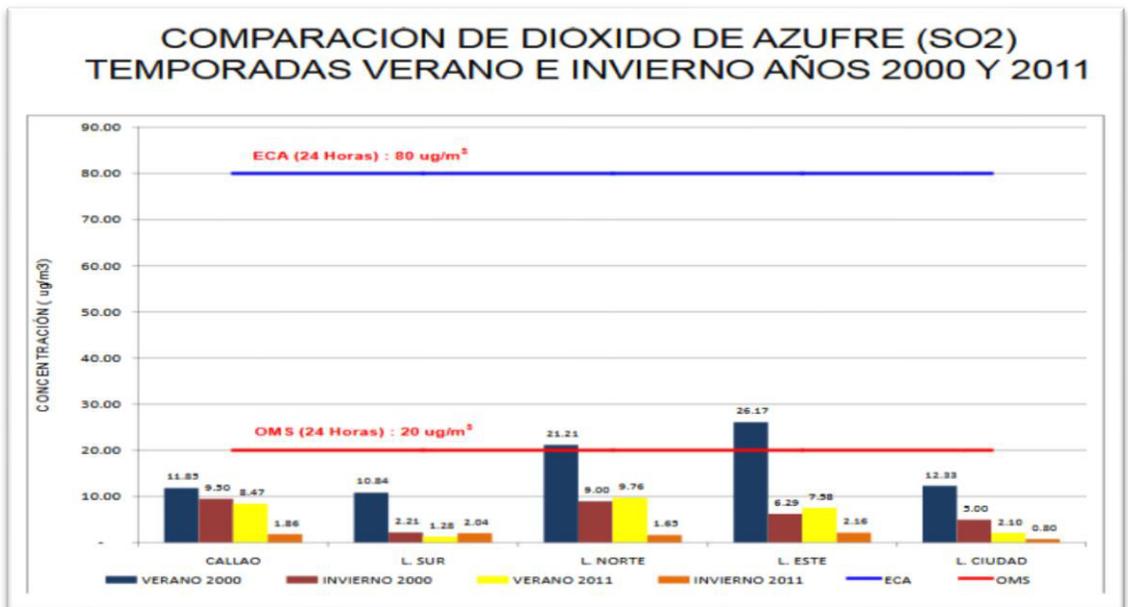
Fuente: La DIGESA Estudio de Saturación en Lima y Callao, año 2011



Fuente: La DIGESA Estudio de Saturación en Lima y Callao, año 2011

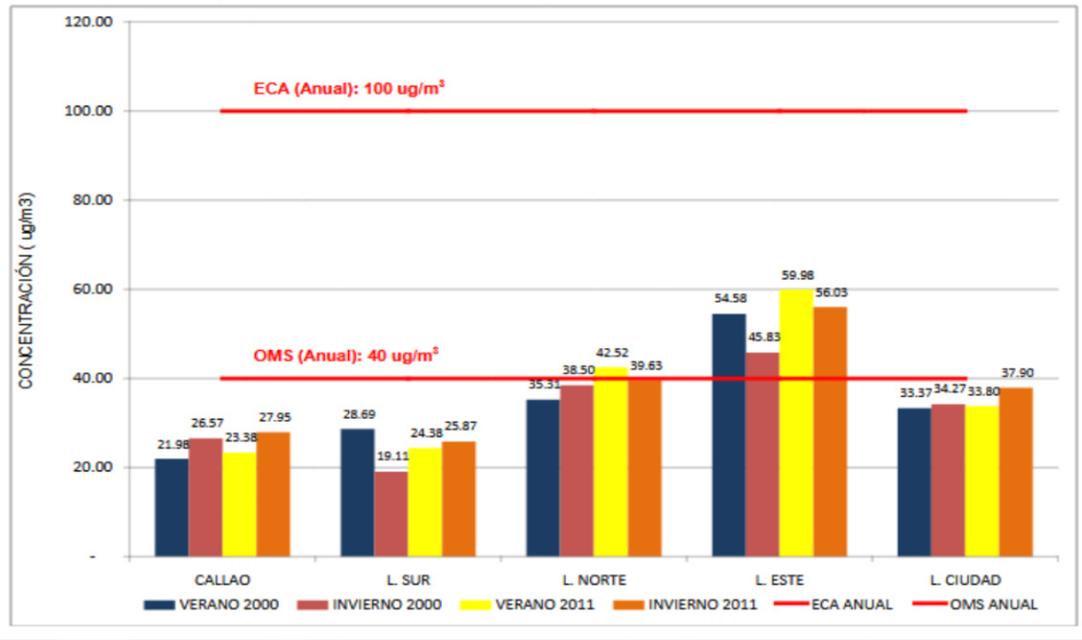


Fuente: La DIGESA Estudio de Saturación en Lima y Callao, año 2011



Fuente: La DIGESA Estudio de Saturación en Lima y Callao, año 2011

COMPARACION DE DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂) TEMPORADAS VERANO E INVIERNO AÑOS 2000 Y 2011



Fuente: La DIGESA Estudio de Saturación en Lima y Callao, año 2011

Conclusiones del estudio según (DIGESA, 2011):

- Los gráficos comparativos de las concentraciones de los contaminantes en los años 2000 y 2011 “determinó que el principal contaminante presente en Lima y Callao sigue siendo el material particulado, PM 10 y PM 2.5.
- Los valores de Dióxido de Azufre (SO₂) han disminuido debido a la disminución de azufre (ppm) en los combustibles, además porque se cuentan con combustibles más limpios como el GNV, GLP, Gashol y otros.
- Los valores del Dióxido de Nitrógeno (NO₂), no sobrepasaron los ECA’ s, sin embargo, al compararlos con los valores recomendados por la OMS, se observaron que superan en la zona de Lima Este y seguidos por Lima Norte, lo que puede contribuir con el incremento de procesos respiratorios”.

Análisis de situación de salud de la Dirección de Salud IV Lima Este-2014 del Ministerio de Salud

Según el Doctor Javier Martín Yagui Moscoso, en el análisis situacional identifica a “los determinantes de la salud (ambientales, demográficos, socioeconómicos, el sistema de salud, políticos) como los factores que ejercen influencia sobre la salud de las personas y determinan el estado de salud de la población”.

Este estudio realizó una evaluación de los contaminantes presentes en el aire con relación a la normativa de calidad de aire derogada en la actualidad “D.S. N° 074-2001-PCM”, que a nuestro criterio era mucho más exigente que la norma actual.

Además, define a los contaminantes y sus efectos en la salud como sigue:

“El material particulado es el contaminante respirable presente en el aire que proviene de los procesos de combustión de fuentes, tanto móviles (vehículos) como fijas (máquinas y equipos de la industria) y de fenómenos naturales” y en relación con sus efectos es “la reducción de la función respiratoria y la relación de estas partículas con el desarrollo de la diabetes”.

“El Dióxido de Azufre (SO_2) producido por la quema de combustibles fósiles”, causando “broncoconstricción, bronquitis y traqueítis, que agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares preexistentes”.

El Dióxido de Nitrógeno (NO_2) “producido por la quema de combustibles a altas temperaturas (termoeléctricas, plantas industriales y combustión del parque automotor) cuya exposición a periodos prolongados o altas concentraciones irrita las vías respiratorias, ocasionando bronquitis y neumonía reactiva, además reduce significativamente la resistencia respiratoria a las infecciones.”

La Salud Ambiental en el Perú. - Impacto de la contaminación del agua, del aire y del cambio climático

En el capítulo II se trata el punto de la contaminación del aire y su impacto en la salud en el Perú, y se exponen los trabajos de los siguientes profesionales:

- Según Denisse Núñez de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, “la contaminación del aire se puede dividir en contaminación del aire interior y del aire exterior.” Como en nuestro caso específico tratamos de la contaminación proveniente del sector transportes, el profesional de este informe indica que “la contaminación del aire exterior es provocada por la combustión incompleta de combustibles fósiles de vehículos motorizados, industrias y centrales eléctricas, y se considera como principales contaminantes al dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, ozono y material particulado (Correia-Deur y col. 2007).
- Situación ambiental en el Perú relacionado a la contaminación del aire y su impacto a la salud, según la Dra. Gastañaga del Instituto Nacional de Salud, indica que “la organización Mundial de la Salud (OMS) define al aire puro a la mezcla de gases, vapor de agua, partículas sólidas y líquidas, cuyo tamaño varía desde unos cuantos nanómetros hasta 0.5 milímetros”. Es importante tener una buena calidad del aire (condición cuando sus componentes están en equilibrio, en porcentajes establecidos) porque cada persona respira un aproximado de 3,000 galones de aire al día”.

“La calidad del aire se rompe no solo por el aumento o disminución de uno de sus componentes sino debido a factores geofísicos, meteorológicos y factores socio económicos. El aire tiene capacidad de autodepuración, pero ha sido saturada. Problema principal: material particulado y la presencia de plomo en la gasolina.

Efectos de estos contaminantes: aumentan el índice de mortalidad, generan alergias, infecciones respiratorias agudas (IRA), patologías cardiovasculares, diversos tipos de cáncer y la disminución del peso de los fetos.

Este estudio refiere que “la contaminación del aire en Lima está relacionada a las emisiones generadas por la actividad de transporte”.

- En el estudio de saturación de la Calidad del aire en Lima Metropolitana y Callao 2011, (Rocío Espinoza, DIGESA), indica que “la Municipalidad de Lima Metropolitana y Callao debe seguir promoviendo e impulsando el ingreso de buses limpios en vías exclusivas y en la red metropolitana y posteriormente ampliarse a las unidades menores. La policía debe fiscalizar y controlar el tránsito y las emisiones vehiculares. Es importante sensibilizar y concientizar a la población sobre el uso de combustibles más limpios (gas natural vehicular (GNV) y gas licuado de petróleo (GLP)).”
- En el estudio del Asma y la Contaminación del aire en la ciudad de Lima, (Luz Carbajal, Universidad Peruana Cayetano Heredia), se indica que “El tráfico vehicular es una fuente principal de contaminación del aire en áreas urbanas e industrializadas. El efecto de la contaminación afecta al tracto respiratorio: asma y aumenta la mortalidad y morbilidad. Los estudios epidemiológicos sugieren que personas que viven cerca de las avenidas principales presentan más síntomas respiratorios crónicos, función respiratoria pobre y mayor tasa de hospitalización debido al asma”.

Data sobre la mortalidad y morbilidad del Ministerio de Salud, relacionada a enfermedades respiratorias atribuibles a la contaminación del aire correspondiente al periodo 2009 - 2016

Comencemos definiendo que es morbilidad: según la Organización Mundial de la Salud (OMS) define la “Morbilidad: es el índice de personas enfermas en un lugar y tiempo determinado”.

Según el Ministerio de Salud, define la mortalidad como “el número de defunciones por lugar, intervalo de tiempo y causa”.

La causa básica de defunción se define como "la enfermedad o lesión que desencadenó, la sucesión de eventos patológicos que condujeron directamente a la muerte, o las circunstancias del accidente o acto de violencia que produjeron la lesión mortal".

A continuación, se muestra un resumen con los datos de morbilidad y mortalidad para la Lima:

Tabla N° 2 Morbilidad y Mortalidad en la provincia de Lima

Año	Morbilidad (todas las enfermedades)	Morbilidad (solo enfermedades respiratorias)	Mortalidad (Todas las enfermedades)	Mortalidad (solo enfermedades respiratorias)
2009	5'651,502	3'329,434	27,095	4,222
2010	5'769,399	3'328,384	29,948	4,505
2011	5'526,767	2'886,738	29,136	4,440
2012	5'568,634	2'963,624	29,131	4,505
2013	6'072,838	3'101,074	31,410	5,473
2014	5'487,412	1'250,178	30,381	5,297
2015	6'677,366	1'328,022	28,383	3,828
2016	7'013,204	1'439,831	26,824	3,766

Fuente: Elaboración propia con los datos del Ministerio de Salud.

De los datos obtenidos, se observa que número de personas enfermas el año 2009 (3'329,434) con respecto al año 2016 (1'439,831) ha bajado en (56.75%).

Con respecto a la mortalidad, el número de muertes ocasionadas por enfermedades respiratorias en el año 2009 (4,222) respecto al año 2016 (3,766) ha disminuido en (10.80%).

Antecedentes para una política gubernamental de energía que favorezca la salud, el ambiente, la economía y la soberanía nacional

El Dr. (Montoya, 2005); explica sobre este trabajo con claridad y precisión, que características debería tener esta política pública, en los siguientes términos:

“Si bien es cierto que hay que mantener al país funcionando en el futuro inmediato, y que ello, en los próximos tres o cuatro años, no podrá sino significar un mayor consumo de petróleo, lo esencial es adoptar una opción que cumpla para el corto, mediano y largo plazo con las siguientes características:

- “Fuente energética: disponible en el país, sin limitaciones; renovable indefinidamente y bien distribuida geográficamente; no contaminante y que por lo tanto contribuya a la salud y mantenimiento del entorno hoy dañado por el smog, el hollín y la lluvia ácida; que contribuya a la supervivencia del planeta y de la vida, cumpliendo con los tratados internacionales suscritos por Chile; de costo abordable y que incluso pueda pagarse en parte con bonos de carbono y con utilidades por exportación de electricidad ;
- Sistemas que puedan empezar a instalarse a corto plazo;
- Procesos que aporten a un avance tecnológico en que participen activamente nuestros propios científicos y técnicos”.

El autor explica, con solvencia científica, por qué y cómo la única solución es el cambio total hacia las energías renovables (fotovoltaica, eólica, etc.) y a su expresión común, que es la energía eléctrica. Ello obliga a transformar a la brevedad el parque automotor a la propulsión eléctrica. Demuestra cómo y porqué es imposible seguir insistiendo en el uso de las energías no renovables y fósiles, incluyendo los gases GNV y GLP, a pesar del alivio parcial que ellas representan hasta ahora.

Salud pulmonar y contaminación ambiental en comerciantes de las ciudades de la Paz y el Alto

La Doctora (Melgarejo, 2010), explica con claridad el concepto de la idea clave de su trabajo y el de sus estudiantes en los siguientes términos:

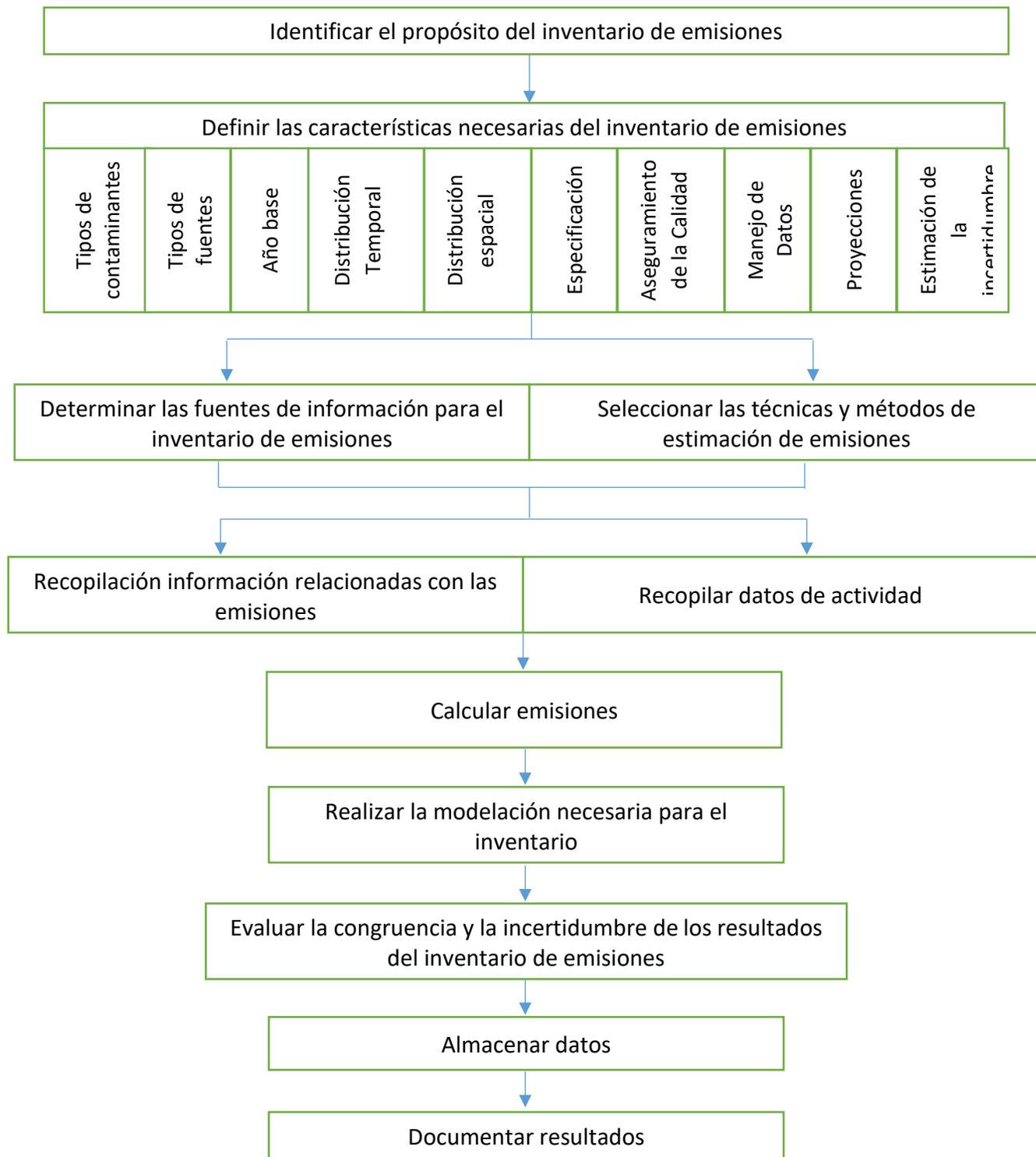
“El estudio fue realizado en los comerciantes de la vía pública considerados vulnerables a adquirir enfermedades ambientales crónicas pulmonares por estar gran parte del día (8 a 13 horas diarias) expuestos a tóxicos provenientes del parque automotor. Este estudio tiene por finalidad determinar qué proporción de la población de altura expuesta a la contaminación, presenta alteraciones funcionales respiratorias. Se aplicaron 831 encuestas. A cada sujeto se le realizó una valoración clínico funcional radiológico y una oximetría de pulso, que permitió el diagnóstico y el establecimiento de una prevalencia elevada de Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC); se evaluó esta prevalencia en la ciudad de La Paz; resultados: 36% en mujeres y el 64% en varones, y en la ciudad de El Alto se encontró en el 50% de mujeres y el 50% en varones. El estudio estableció prevalencias de otras enfermedades pulmonares como: bronquiectasias en un 8%, bronquitis aguda en 4%, neoplasia pulmonar en 3 % Enfermedad Pulmonar Intersticial Difusa (EPID) en 11%, asma bronquial en 6% y tuberculosis pulmonar en 5%. Un porcentaje importante de comerciantes estudiados son mujeres. Es importante mencionar

que, si bien la mayoría de los contaminantes criterio en ambas ciudades se encuentran dentro de los niveles permisibles, la alta prevalencia de EPOC y de otras enfermedades crónicas pulmonares, como el asma bronquial y la Fibrosis Pulmonar, indican que la contaminación ambiental asociada a otros factores, como la exposición al humo de leña en la infancia, la vida en la altura y factores ocupacionales, deben ser considerados en este grupo poblacional.”

Metodología para realizar inventarios de fuentes móviles de contaminación atmosférica en la ciudad de Cartagena, Colombia

(Puerto, 2014), explica el contenido de su trabajo como sigue “Los componentes para desarrollar un inventario de emisiones de fuentes móviles son: Factores de emisión, Actividad vehicular y Distribución de la flota vehicular (DFV). Este trabajo corresponde a una investigación de tipo documental, Exploratoria y Descriptiva, no experimental, cuya finalidad es proponer una “Metodología para realizar inventarios de fuentes móviles relacionados con la contaminación atmosférica en la ciudad de Cartagena”. Este proyecto pretende brindar una herramienta para las instituciones que estudian la contaminación ambiental dándole un enfoque alternativo para encontrar el número más probable de vehículos circulantes en una ciudad (IFM), haciendo una correcta obtención y sistematización de los datos, lo que da mayor precisión el estudio de este tema. A continuación, se presenta de manera gráfica el planteamiento.

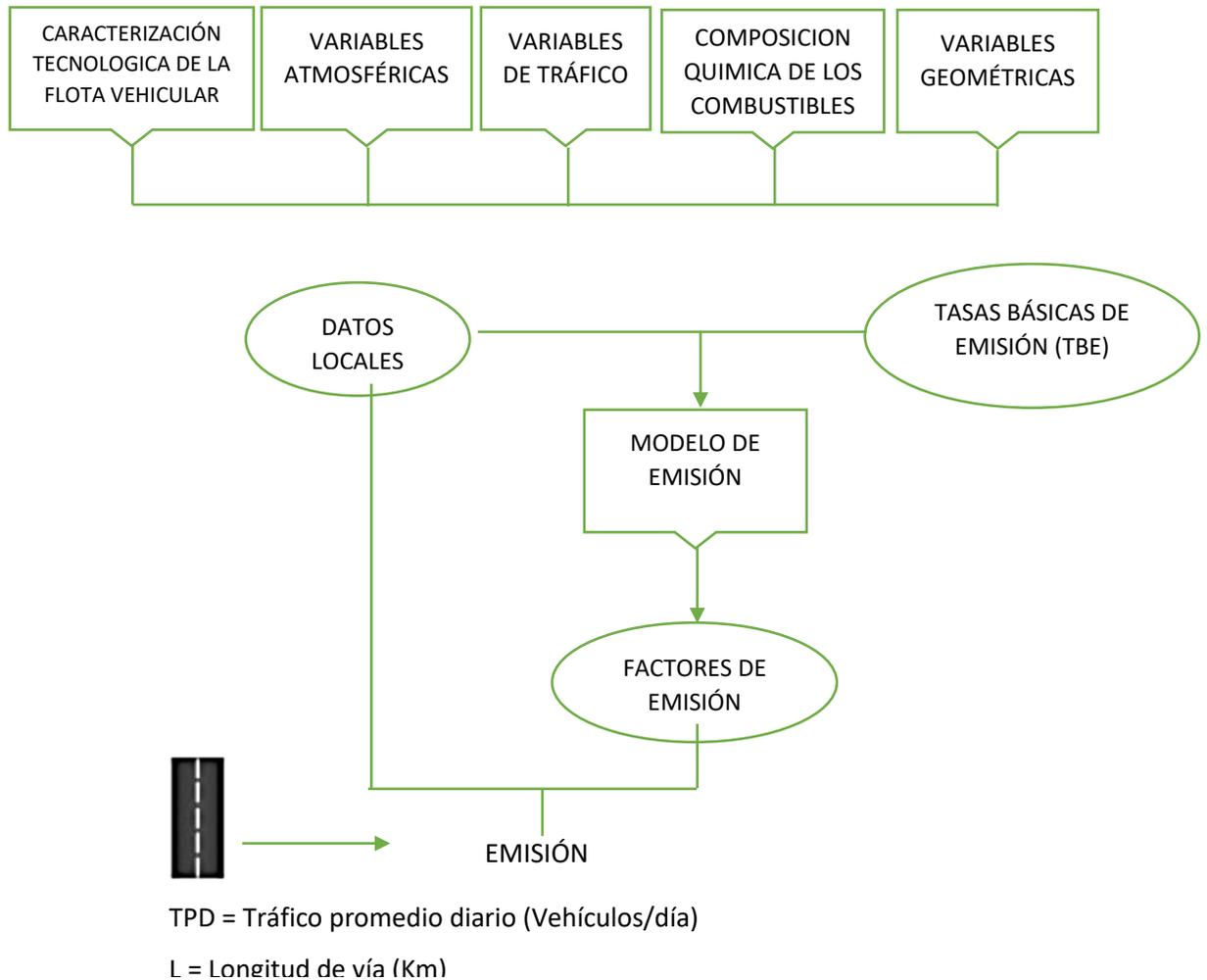
Gráfico N.º 4. Planeamiento del inventario de emisiones de origen automotor



Fuente: Puerto Ávila (2014)

La siguiente figura permite visualizar los factores involucrados de manera sumaria pero muy clara:

Gráfico N.º 5. Modelo de Investigación de las emisiones de origen automotor



Fuente: Instituto Nacional de Ecología (2005)

Debe notarse; “en este modelo, que el cálculo de la emisión, que es el punto de partida del análisis de cada contaminante, se realiza mediante funciones lineales de tipo estadístico-matemático, lográndose determinar la emisión esperada en ton/año de cada contaminante emitido por esta sustancia que es de uso general en las carreteras de todo el país”.

2.3 Bases Teóricas

2.3.1 Guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS) relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre

“La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016), describe su filosofía y métodos aplicados para la elaboración de sus Guías de Calidad del Aire que periódicamente publica a nivel mundial en beneficio de las entidades de gobierno encargadas de asegurar la Salud Pública”. Sus conclusiones y recomendaciones son extremadamente importantes y provechosas y serán usadas durante el desarrollo de esta investigación al evaluar los resultados del trabajo de campo realizado por la DIGESA.

La finalidad de estas guías es proteger la salud de la población y para ello es imprescindible contar con “aire limpio, requisito básico de la salud y el bienestar humanos. Sin embargo, su contaminación sigue representando una amenaza importante para la salud en todo el mundo. Según la evaluación de la OMS sobre la carga de enfermedad debida a la contaminación del aire, son más de dos millones las muertes prematuras que se pueden atribuir cada año a los efectos de la contaminación del aire en espacios abiertos urbanos y en espacios cerrados (producida por la quema de combustibles sólidos). Más de la mitad de esta carga de enfermedad recae en las poblaciones de los países en desarrollo”.

Las guías de calidad del aire (GCA) de la OMS pueden ser usadas por cualquier país y cuentan con tres objetivos intermedios (OI-1, OI-2, OI-3) con sus respectivos fundamentos asociados a niveles de riesgo de mortalidad. Sin embargo, es potestad de los países elegir los niveles en los cuales van a proteger a sus poblaciones y eso se refleja en sus propias normativas.

“Las normas nacionales varían en función del enfoque adoptado con el fin de equilibrar los riesgos para salud, la viabilidad tecnológica, los aspectos económicos y otros factores políticos y sociales de diversa índole, que a su vez dependerán, entre otras cosas, del nivel de desarrollo y la capacidad nacional en relación con la gestión de la calidad del aire. En los valores guía recomendados por la OMS tiene en cuenta esta heterogeneidad y se reconoce, en particular, que cuando los gobiernos fijan objetivos para sus políticas deben estudiar con cuidado las condiciones locales propias antes de adoptar las guías directamente como normas con validez jurídica”.

Las Guías de Calidad de Aire de la OMS “se basan en el conjunto de pruebas científicas relativas a la contaminación del aire y sus consecuencias para la salud.

Si bien estas guías proporcionan información para contaminantes aislados se observa que “la mezcla de contaminantes en el aire ha puesto cada vez más de manifiesto las limitaciones del control de la contaminación del aire mediante guías para contaminantes aislados” dado por ejemplo, “el dióxido de nitrógeno (NO₂) es un producto derivado de los procesos de combustión y se suele encontrar en la atmósfera íntimamente asociado con otros contaminantes primarios, como las partículas ultrafinas” conocidas también como PM_{2.5}. Además de ser de por sí tóxico, también es precursor del ozono, con el que coexiste junto con varios otros oxidantes generados en procesos fotoquímicos. Las concentraciones de NO₂ muestran con frecuencia una fuerte correlación con las de otros contaminantes tóxicos”.

Se deben seleccionar, además, adecuadamente los puestos de muestreo de calidad de aire evitando la proximidad a los puntos de generación donde la contaminación es elevada así lo indican estas Guías “Las concentraciones de contaminantes en el aire se deben medir en lugares sometidos a vigilancia que sean representativos de la

exposición de la población. Pueden ser más elevadas en la proximidad de fuentes específicas de contaminación del aire (carreteras, centrales eléctricas y fuentes estacionarias de gran tamaño) de manera que la población que vive en esas condiciones puede requerir medidas especiales para poner los niveles de contaminación por debajo de los valores guía”.

Estas Guías de Calidad del aire presentan a continuación valores por cada contaminante como son para el Material Particulado, el ozono, el NO₂ y el SO₂. Además otro punto que es importante resaltar es que “Las pruebas epidemiológicas indican que la posibilidad de efectos adversos en la salud, pueden persistir aun cuando se alcance el valor guía, motivo para adoptar concentraciones inferiores a los valores guía, aspecto que no se cumple en nuestro caso dado que la normativa de calidad del aire, en nuestro país no solo sobrepasan los valores de estas Guías sino que también la normativa se adapta en función a las características de los combustibles que producen las refinerías y por lo tanto no protegen la salud de la población que es la finalidad primordial de estas Guías que además sugieren de disminución progresiva de la contaminación del aire. “... Estos objetivos se han propuesto como pasos de una reducción progresiva de la contaminación del aire y su utilización está prevista en zonas donde la contaminación del aire es alta. Tienen por objeto pasar de concentraciones elevadas de contaminantes en el aire, con consecuencias agudas y graves para la salud, a concentraciones más bajas. Si se consiguieran estos objetivos, cabría esperar una reducción significativa del riesgo de efectos agudos y crónicos de la contaminación del aire en la salud. Sin embargo, el objetivo último de la gestión de la calidad del aire y la reducción de los riesgos para la salud en todos sus aspectos debe moverse hacia la Guía de calidad del aire (GCA)”.

2.3.2. Caracterización de los combustibles GNV y GLP

En nuestro país se viene utilizando combustibles fósiles gaseosos tales como; (OSINERGMIN, 2015) “El gas natural (GN) y el gas licuado de petróleo (GLP) los cuales tienen similitudes en cuanto a su origen y aplicaciones, pero son diferentes respecto a su composición, obtención, procesamiento, transporte y comercialización, y esto da lugar a sustantivas diferencias en su manipulación y precios. Tienen también similitudes en cuanto a su relación con el medio ambiente ya que ambos son combustibles limpios y menos contaminantes que otros de similar origen”.

Tabla N.º 3. Características fisicoquímicas del Gas Natural y el GLP (*)

Propiedad	Gas Natural	GLP
Composición	90% Metano	60% Propano 40% Butano
Fórmula química	CH ₄	C ₄ H ₁₀ C ₃ H ₈
Gravedad específica	0,60	2,05 1,56
Poder calorífico	9 200 kcal / m ³ (**)	22 244 Kcal/m ³ 6 595 Kcal/ lit. 11 739 Kcal/Kilo
Presión de suministro	21 m bar (***)	50 mbar
Estado físico	Gaseoso sin límite de compresión. Líquido a -160°C y a presión atmosférica	Líquido a 20°C con presión manométrica de 2,5 bar
Color/olor	Incoloro / Inodoro	Incoloro / Inodoro
(*) Corresponde a características predominantes de ambos combustibles (**) Kcal/m ³ : Kilocalorías por m ³ = 4,18684 x 103J/m ³ (***) mbar (milibar): milésima parte del bar.		

Fuente: (OSINERGMIN, 2015)

Según (OSINERGMIN, 2012): “El gas natural (GN) es un combustible formado por una mezcla de hidrocarburos (alrededor de un 90% de metano y otros gases como nitrógeno, etano, CO₂, propano y butano, entre otros) que puede estar acompañado con petróleo o carbón extraído de yacimientos del interior de la tierra y que es utilizado como fuente de energía para diferentes usos de tipo doméstico, industrial, comercial, incluida en estas aplicaciones la generación de energía eléctrica.

El gas natural se forma a partir de la descomposición de restos orgánicos que quedaron sepultados bajo capas de sedimentos por espacio de millones de años, en condiciones de temperatura y presión similares a las que dieron origen a la formación del petróleo.

Es utilizado en el sector transporte, por ser un producto más limpio porque produce menos emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con otros combustibles y al ser menos pesado que el aire se disipa eliminando la posibilidad de riesgo (Luis Reyes, 2008).

El GLP: Es un hidrocarburo que se obtiene del proceso de refinación del petróleo o en el proceso de fraccionamiento de los líquidos contenidos en el gas natural. Se almacena en balones en estado líquido a presión, para su posterior suministro a los consumidores finales. No es tóxico.

En el Decreto Supremo N° 007-2020-MINAM el gobierno aprobó los índices de nocividad de combustibles para el periodo 2020-2021, para incentivar el uso de combustibles más limpios, para proteger el ambiente y la salud de la población, mediante un ranking de los combustibles más usados y su índice de nocividad, según estos los cuales el Índice del Gas Naturales (1,0), el GLP (2,3), índices más bajos

en comparación que los Gasholes 95/97/98 octanos (10,7), Gashol 90 octanos (13,1) y el Diesel B5-S50 (14,2).

2.3.3. Impactos relacionados al sector automotriz

Los impactos del sector automotriz se deben evaluar desde la perspectiva del ciclo de vida de los vehículos, es decir desde que se extraen los recursos de la naturaleza y se transforman en productos terminados (planchas de acero, llantas, pinturas, soldadura, etc.) los cuales van a ingresar al proceso de fabricación de vehículos a cuyo término serán utilizados y requerirán mantenimiento las veces que sean necesarias hasta que el vehículo llegue al final de su vida útil donde una parte ingresará al proceso productivo y otra parte requerirá disposición final.

Según el informe de “Oportunidades de Producción Más Limpia en el Sector automotriz/Guía para empresarios” de la (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2005), a continuación, se muestran los Impactos y Contaminantes de origen automotor versus los recursos afectados:

Tabla N.º 4. Afectación del Servicio Automotriz al recurso AGUA

Recurso Afectado “AGUA”			
Fuente de Generación	Impactos / Contaminantes	Actividad	Valoración
Lavado exterior de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas residuales con alto contenido de sólidos suspendidos, aceites y grasas, desengrasantes, tensoactivos. • Alto consumo de agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Lavado de vehículos - Mecánica automotriz 	Alto
Lavado de piezas	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas Residuales • Solventes • Tensoactivos • Grasas y aceites 	<ul style="list-style-type: none"> - Mecánica automotriz - Lavado de vehículos (motor) 	Alto
Lavado de equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de residuos peligrosos 	<ul style="list-style-type: none"> - Latonería y pintura 	Alto

	<ul style="list-style-type: none"> • Solventes • Aceites y Grasas • Sólidos de pintura 		
Lavado de Instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de residuos peligrosos • Solventes • Aceites y Grasas • Sólidos de pintura • Aguas residuales con alto contenido de sólidos suspendidos, aceites y grasas, desengrasantes, tensoactivos. • Alto consumo de agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Lavado de vehículos - Mecánica automotriz - Lubricación - Latonería y pintura 	Medio
Cambio y reparación de llantas	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas residuales • Grasas y aceites • Sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Mecánica automotriz 	Bajo

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2005

Tabla N°5. Afectación del Servicio Automotriz al recurso AIRE

Recurso Afectado AIRE			
Fuente de Generación	Impactos / Contaminantes	Actividad	Valoración
Lavado de piezas	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mecánica automotriz 	Medio
Pintura y acabado pulimento	<ul style="list-style-type: none"> • Material Particulado • Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) • Olores • Ruido 	<ul style="list-style-type: none"> - Mecánica automotriz 	Alto
Revisión y Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de gases de combustión • Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mecánica automotriz 	Bajo
Reparación de Aire acondicionado	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de refrigerantes • Clorofluorocarbonos (CFC) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mecánica automotriz 	Alto
Soldadura	<ul style="list-style-type: none"> • Vapores • Humos metálicos • Olores 	<ul style="list-style-type: none"> - Mecánica automotriz - Latonería y Pintura 	Bajo
Preparación de superficie	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) • Olores • Utilización de solventes 	<ul style="list-style-type: none"> - Latonería y Pintura 	Bajo

Enderezado	• Ruido	- Latonería y Pintura	Alto
Reparación de piezas	• Ruido	- Mecánica automotriz - Latonería y Pintura	Alto
Maquinaria y Equipos - Compresores - Bombas - Pistolas neumáticas - Extractores - Pulidoras - Elevadores - Aspiradoras	• Ruido y vibración	- Mecánica automotriz - Latonería y Pintura - Lubricación - Lavado de vehículos	Medio

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2005

Tabla N°6. Afectación del Servicio Automotriz al recurso SUELO

Recurso Afectado			
SUELO			
Fuente de Generación	Impactos / Contaminantes	Actividad	Valoración
Cambio y reparación de llantas	• Neumáticos usados • Adhesivos • Parches	- Mecánica automotriz	Alto
Pintura	• Envases plásticos y metálicos • Residuos de pintura • Cinta de residuos de pintura • Papel con residuos de pintura • Lija gastada • Abrasivos • Estopas con residuos de pintura • Filtros de las cabinas de pintura • Lodos de pintura	- Latonería y Pintura	Alto
Otros Residuos	• Bandas y pastillas de freno • Líquidos de frenos • Refrigerante para radiadores • Lodos de sistemas de tratamiento de aguas residuales • Residuos de oficina • Basura orgánica	- Mecánica automotriz	Alto

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2005

Tabla N°7. Residuos Sólidos del Servicio Automotriz

Residuos	Clase de Residuo	Tratamiento y disposición final
Empaques, vidrio, papel, bolsas plásticas, cartón	Reciclable	<ul style="list-style-type: none"> • Los residuos de plástico, papel y cartón que no estén contaminados con aceite, grasas, solvente, gasolina y/o otras sustancias pueden ser reciclados. • Se debe contactar asociaciones de reciclaje para la valoración (venta) de cada tipo de residuo. Es importante separar por tipo.
Chatarra Viruta metálica, Retal metálico Piezas metálicas.	Reciclable	Estos residuos poseen un alto valor por su carácter metálico. Puede ser vendido a fundidoras, recuperadoras de metales, etc. Se recomienda que en su transporte se tenga en cuenta el derrame de aceite y grasa por goteo.
Lodo proveniente de tratamiento de aguas	Inerte o Toxico	<p>Antes de escoger el sistema de tratamiento y disposición final se debe realizar una caracterización de los lodos con el fin de determinar sus propiedades: Composición, filtrabilidad contenido de humedad, etc.</p> <p>La disposición final se puede realizar en relleno sanitario siempre y cuando el lodo no contenga sustancias químicas y no sobrepase el contenido de humedad requerido por la administración del relleno.</p> <p>En caso de contener residuos aceitosos y materiales o metales tóxicos, debe pensarse primerio en el tratamiento por métodos de encapsulamiento, el tratamiento biológico o la incineración.</p>
Plásticos, cartón, estopas, bayetillas, trapos, petos, guantes, otros elementos con residuos de grasas.	Peligroso	Disposición a través de gestores de residuos autorizados No pueden enviarse al relleno sanitario. Debe manejarse como un residuo peligroso.
Aserrín impregnado de aceite. Arena impregnada con solventes	Peligroso	Disposición a través de gestores de residuos autorizados. No pueden enviarse al relleno sanitario. Debe manejarse como residuo peligroso.
Cables, Bujías viejas, elementos y componentes electrónicos	Electrónico	Disposición a través de gestores de residuos autorizados. Algunos elementos como cables pueden ser valorizados por la recuperación del metal
Carcasas plásticas Baterías Acido Plomo	Peligrosos reciclable	<p>Cada uno de los componentes se puede reciclar por separado. La valorización de los residuos se puede hacer a través de gestores autorizados.</p> <p>Puede igualmente utilizar herramientas como bolsas de residuos para la venta de estos.</p>

Envases plásticos, hojalata y metálicos de aceite. Filtros de aire Filtros de aceite Filtros de gasolina	Peligroso	La valorización de los residuos se puede hacer a través de gestores autorizados Puede igualmente utilizar herramientas como bolsas de residuos para la venta de estos No pueden enviarse a relleno sanitario Debe manejarse como residuo peligroso.
Papel con pintura Cinta Envases de pintura Filtros de pintura Residuos de pintura Solventes	Peligroso Reciclable	Consultar la lista de gestores de aceite La valorización de los residuos se puede hacer a través de gestores autorizados Puede igualmente utilizar herramientas como bolsas de residuos para la venta de estos. Para la disposición final de estos residuos deben contemplarse tratamientos como la incineración Algunos solventes es posible recuperarlos para su posterior utilización.
Bandas de asbesto	Peligroso Reciclable	Su valorización es posible mediante la separación de componentes. Se recomienda hablar con los proveedores para la disposición adecuada de los asbestos.
Llantas	Peligroso	La valorización de los residuos se puede hacer a través de los gestores autorizados. Puede igualmente utilizar herramientas como bolsas de residuos para la venta de estos.

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2005

Como se puede observar los contaminantes producidos durante el uso del vehículo son muchos, en el desarrollo de esta tesis, la autora ha seleccionado los contaminantes que salen por el tubo de escape durante la etapa de uso del vehículo por parte del usuario relacionados con la calidad del aire, respecto a los parámetros identificados en la normativa nacional e internacional (SO₂, NO₂, Pb, PM10 y PM2.5).

2.3.4 Normas EURO

En la revisión de la data de la Unión Europea (CESVIMAP, 1994) informa que “En los años 90 la Unión Europea limitó las emisiones contaminantes de los vehículos con su normativa. La primera norma fue la EURO 0, la última vigente, la EURO VI. Con la finalidad de reducir los riesgos para la salud frente a los contaminantes: Óxidos de

nitrógeno, monóxido de carbono, la porción del combustible mal quemado y el material particulado”.

Las Normas EURO son cada vez más exigentes y para disminuir las emisiones de contaminantes utilizan el apoyo tecnológico: filtros de partículas, catalizadores de óxidos de nitrógeno, sistemas de tratamiento de gases FAP (filtro de partículas Diesel conectado al tubo de escape para eliminar hollín), tratamiento de gases SCR (reducción catalítica selectiva para reducir las emisiones de NOx de hasta un 95%), otra manera de reducir las emisiones está relacionada a “La reducción del consumo de combustible”. En Europa se utiliza actualmente la norma EURO VI.

Límites de emisiones por contaminante en la Unión Europea (g/km)						
Tipo	Fecha	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM (ppm)
Diésel						
Euro I	Julio de 1992	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	0,14 (0,18)
Euro II	Enero de 1996	1,0	-	0,7	-	0,08
Euro III	Enero de 2000	0,64	-	0,56	0,50	0,05
Euro IV	Enero de 2005	0,50	-	0,30	0,25	0,025
Euro V	Septiembre de 2009	0,50	-	0,23	0,18	0,005
Euro VI	Septiembre de 2014	0,50	-	0,17	0,08	0,005
Gasolina						
Euro I	Julio de 1992	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	-
Euro II	Enero de 1996	2,2	-	0,5	-	-
Euro III	Enero de 2000	2,30	0,20	-	0,15	-
Euro IV	Enero de 2005	1,0	0,10	-	0,08	-
Euro V	Septiembre de 2009	1,0	0,10	-	0,06	0,005 ^b
Euro VI	Septiembre de 2014	1,0	0,10	-	0,06	0,005

* Antes de Euro V turismos > 2500 kg estaban clasificados en la categoría Vehículo industrial ligero N1 - I
Tabla en g/km salvo PM (partículas) en partes por millón (PPM)

En nuestro país el portal del Ministerio del Ambiente publicó el 03-04-2018 la entrada en vigor del Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM, para la adopción de la norma de emisiones vehiculares Euro IV y equivalentes reemplazando a la tecnología EURO III vigente desde el año 2007 para vehículos gasolineros y 2015 para vehículos diésel, la

adopción de esta norma fue postergada hasta en 2 oportunidades al no contar con condiciones adecuadas para su aplicación”.

Es importante resaltar que como parte de los beneficios ambientales del cambio de la tecnología Euro III por la tecnología Euro IV, significa la reducción de sus emisiones hasta un 90% respecto de los contaminantes tales como el material particulado (PM_{2.5}) y el dióxido de azufre (SO₂).

No obstante, aún queda pendiente impulsar mayores y continuos avances en la reducción de azufre en los combustibles, para establecer a futuro la adopción de la norma de emisiones Euro VI, norma más exigente y de mayores beneficios ambientales que las tecnologías Euro IV y Euro V”.

2.4 Base Legal.

2.4.1 Normativa Legal del Perú

- **La Constitución Política del Perú,**

En el Artículo 2°, numeral 22, establece conceptos generales acerca de que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

- **Ley N° 28611 Ley General del Ambiente**

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva.

La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Por lo que se puede deducir que en general esta Ley expresa las condiciones ideales del ambiente, las medidas concretas y concertadas son obligación

del Ministerio del Ambiente, así como el de establecer un sistema para prevenir, controlar y remediar de manera completa, efectiva y verificable, en el día a día, la contaminación del aire en el país.

- **Decreto Supremo N°023-2021-MINAM “Política Nacional del Ambiente 2030”**

Principal instrumento orientador y de más alto nivel que define y conduce las acciones del estado hacia un ambiente sano y seguro para todos los peruanos.

- **Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.”**

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente;

- **Ley N.º 26842 Ley General de Salud**

La protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares con la finalidad de preservar la salud de las personas (art.103).

Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente (Artículo 104).

Corresponde a la Autoridad de Salud competente, dictar las medidas necesarias para minimizar y controlar los riesgos para la salud de las personas, derivados de elementos, factores y agentes ambientales, y en el caso que la contaminación del ambiente

signifique riesgo o daño a la salud de las personas, la Autoridad de Salud de nivel nacional dictará las medidas de prevención y control para que cesen los actos o hechos que ocasionan dichos riesgos y daños.

- **Resolución Ministerial N° 258-2011/MINSA Política Nacional de Salud Ambiental,**

Elaborado por: (Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud MINSA, 2011). En el acápite relativo a la Vigilancia de la Calidad del Aire (Tercera Política, página 27). “La Autoridad de Salud debe regular un conjunto de estándares de calidad de aire relacionados a la salud, así como desarrollar estudios de costo efectividad que asocien contaminación del aire y daños a la salud que permitan establecer estrategias e intervenciones específicas de mejora de la calidad de aire para la protección de la salud”. Además, propone estrategias de vigilancia de la calidad del aire para implementar estados de alerta en los principales centros urbanos del país, a través de un sistema de telemetría. Investigación operativa de costo efectividad o de costos en salud en general que relacionen contaminación ambiental con daños a la salud, promover que los Gobiernos Regionales y Locales desarrollen la infraestructura y equipamiento para la vigilancia de la calidad del aire y desarrollar capacidades técnicas en los recursos humanos del nivel regional y local para garantizar la vigilancia de la calidad del aire.

- **Decreto Supremo N° 004-2017-MTC “Aprueban Reglamento de Protección Ambiental para el Sector Transportes”**

Establece que se debe “Fortalecer los mecanismos de protección ambiental y socioambiental en la provisión de infraestructura y servicios de transporte. Además, indica que el sistema de transporte público debe ser eficiente y se debe promover el

uso de modos de transporte distintos al automóvil. Realizar esfuerzos por mejorar la calidad de los combustibles, con estándares cercanos a los de países de la OCDE. Promover incentivos económicos sobre la base del principio de quien contamina paga, con el fin de reducir las emisiones vehiculares y la contaminación atmosférica. Restringir el ingreso de vehículos usados e instaurar normas de ingreso más estrictas para vehículos nuevos. Fiscalizar el cumplimiento de las normas de emisión de los vehículos y la aplicación de las revisiones técnicas del parque automotriz. Promover el chatarreo de vehículos viejos que todavía están en uso como medida de reducir las emisiones de NOx. En el artículo 6 menciona el uso de herramientas informáticas, mejora continua, métodos y otros que contribuyan al logro de los objetivos de la gestión ambiental y en el artículo 7 resalta los Instrumentos de Gestión Ambiental y la implementación del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental.

- **Decreto Supremo N.º 025-2017-EM “Establecen medidas relacionadas al contenido de azufre en el Diésel, Gasolina y Gashol para su comercialización y uso”.**

En el Artículo 2. Se dispone que el contenido de azufre en las Gasolinas y Gasholes de alto octanaje que se comercialice y use a nivel nacional, no deba ser mayor a 50 ppm, a partir del 01 de enero del 2018. Las Gasolinas y Gasholes de alto octanaje son las Gasolinas y Gasholes de 95, 97 y 98 octanos.

- **Decreto Supremo N° 009-2015-MINAM “Aprueban medidas destinadas a la mejora de la calidad ambiental del aire a nivel nacional”**

En el artículo N° 2 se refiere a la aplicación del Euro IV, a partir del 01 de enero de 2017” esta disposición recién fue aplicada a partir de abril 2018.

- **Decreto Supremo N.º 047-2001-MTC “Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para Vehículos Automotores que circulen en la Red Vial”**

Dado el inadecuado mantenimiento de los vehículos automotores y por falta de control y crecimiento del parque automotor, ha generado un incremento sustantivo en los niveles de contaminación ambiental con efectos nocivos para la salud de la población. En esta norma se establecen procedimientos de prueba y análisis de resultados para el control de las emisiones, los equipos a utilizarse para el control de los Límites Máximos Permisibles (LMP), asimismo señala que los vehículos cuyas emisiones superen los Límites Máximos Permisibles serán sancionados conforme lo establece el Reglamento Nacional de Tránsito.

- **Decreto Supremo N.º 010-2017-MINAM “Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores”**

Se aprobaron los Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisiones atmosféricas para vehículos automotores destinados, exclusivamente, al uso fuera del Sistema Nacional de Transporte Terrestre, así como los vehículos de competencia y los vehículos menores de las Categorías L1 y L2, se encuentran fuera del ámbito de aplicación del presente Decreto Supremo.

- **Decreto Supremo N.º 012-2019-MTC “Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional de Transporte Urbano”**

Expresa las deficiencias del sector y lo que genera un problema público que requiere ser atendido.

- **Decreto Supremo N° 095-2018-EF “Modifican el Literal A del Nuevo Apéndice IV del Texto Único Ordenado de la Ley del Impuesto General a las Ventas e Impuesto Selectivo al Consumo”**

Mediante este dispositivo se modifica los impuestos selectivos al consumo de los vehículos que se incorporan al parque automotor, y los automóviles nuevos a gas, híbridos y eléctricos cuentan con un ISC de 0%.

- **Decreto Supremo N° 181-2019-EF “Decreto Supremo que modifica el Impuesto Selectivo al Consumo aplicable a los bienes del Nuevo Apéndice IV del TUO de la Ley del Impuesto General a las Ventas e Impuesto Selectivo al Consumo y el Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta”**

Se actualizan el ISC de los vehículos que se incorporan al parque automotor. Se establece el ISC de 40% para vehículos antiguos.

2.4.2 Normativa Internacional:

- **La Norma Internacional ISO 14001: 2015 “Sistemas de gestión ambiental- Requisitos con orientación para su uso”**

La autora considera al sector Transportes como una empresa que debe demostrar según “5.1 “Liderazgo y compromiso respecto al sistema de gestión ambiental, asumiendo la responsabilidad y la rendición de cuentas con relación a la eficacia del sistema de gestión ambiental; estableciendo la política ambiental del sector con objetivos ambientales, con recursos necesarios para asegurar que el sistema de gestión ambiental logre los resultados previstos; promoviendo además la mejora continua del sector”.

Esta norma debe ser exigencia para el sector Transporte así los empresarios relacionados a este sector tendrían la obligación de demostrar liderazgo, compromiso y responsabilidad con la Gestión Ambiental del País.

- **Convenios Internacionales**

Con la finalidad de cuidar el medio ambiente los países adoptan compromisos traducidos en Protocolos algunos de los cuales se derivan en normas nacionales.

Algunos de ellos, los más resaltantes son los siguientes:

- **Decreto Supremo N° 033-2000-ITINCI “Disposiciones para la aplicación del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono”.**

El Estado Peruano asume el compromiso de controlar la producción, consumo y comercialización de las sustancias que deterioran la capa de ozono, ocasionando daños a la salud y al ambiente. De acuerdo con los compromisos asumidos por el Perú existen plazos para alcanzar consumo cero de las SAO en el país.

- **Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.**

Esta norma tiene como objetivo: “Estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

Según Ñaupas et al. (2013) por su finalidad, es una investigación aplicada o tecnológica. Según (Hernández S. et al., 2006; Cerda, 1997) su enfoque es cuantitativo, porque “utiliza métodos y técnicas cuantitativas que requieren muestreo, tratamiento estadístico, utiliza datos, los analiza y contesta las preguntas de investigación y prueba las hipótesis formuladas”.

Según (Cerda, 1997) el enfoque de esta tesis es cuantitativo: es decir que “se caracteriza por utilizar métodos y técnicas cuantitativas y por ende tiene que ver con la medición, el uso de magnitudes, la observación y medición de las unidades de análisis, y el tratamiento estadístico”.

Por su alcance, esta es una investigación Correlacional, según (Bernal, 2006) esta investigación tiene como propósito conocer la relación entre variables.

Diseño que adopta la Investigación:

El Diseño de la investigación se define con claridad y suficiencia, pues se espera que sea capaz de proporcionar al investigador la información relevante que está buscando, para validar las hipótesis. El siguiente diseño se realiza por pasos y con ello se decide la validez o no de las Hipótesis.

Gráfico N.º 6. Relaciones entre las Concentraciones (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de Contaminantes

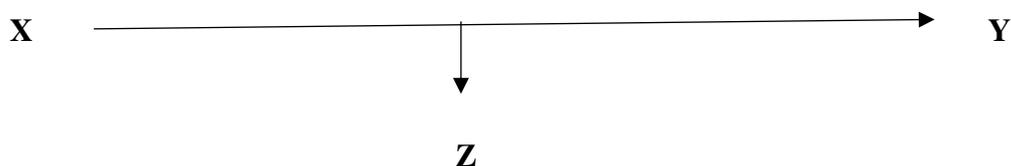


Tabla N° 8. Diseño de la prueba de hipótesis

Concentraciones	Origen	Tratamiento		Diferencias
Actuales (X)	Examen de Registros DIGESA	Tabulación	Prueba de KRUSKAL WALLIS	¿Las diferencias son Significativas? SI/NO
Ideales (Y)	Examen de Estándares nacionales e internacionales (OMS/EPA)	Comparación	--	--
Optimas (Z)	Examen del Juicio de Expertos	Tabulación	Coficiente de KENDALL	¿Existe concordancia entre jueces? SI/NO

Fuente: Elaboración Propia del planteamiento de desarrollo de la investigación

3.2 Unidad de Análisis

- Hipótesis General:

- Tendencias del consumo de combustibles:

- Vehículo que consume combustible fósil líquido con altos contenidos de contaminantes.
- Vehículo que consume combustibles fósiles líquidos en proceso de mejora de su calidad.
- Vehículo que consume combustibles fósiles líquidos de calidad mejorada.
- Vehículo que consume solo combustibles fósiles gaseosos GNV o GLP.
- Vehículo que consume 100% electricidad.

- Escenarios:
 - **1er escenario:** vehículo que transita en Lima Metropolitana durante el periodo 2005-2019, consumiendo combustibles fósiles líquidos con altos contenidos de contaminantes, y la tecnología del vehículo del tipo EURO III.
 - **2do escenario:** posterior al anterior, corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana consumiendo combustibles fósiles líquidos en proceso de mejora de su calidad, con la tecnología EURO III y la introducción progresiva de vehículos del tipo EURO IV.
 - **3er escenario:** corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana con consumiendo combustibles fósiles líquidos de calidad mejorada, de la tecnología EURO IV y la introducción progresiva de la tecnología EURO V.
 - **4to escenario:** corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana que consume solo combustibles fósiles gaseosos GNV o GLP.
 - **5to escenario:** corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana del tipo 100% eléctrico.
- Hipótesis Específica N°1:

Promedio anual del contaminante identificado (NO₂, SO₂, Pb, PM 10, PM 2.5) en el periodo (2005-2019) y comparado en la normativa nacional e internacional.
- Hipótesis Específica N°2:

Juicio de los expertos respecto del contaminante identificado (NO₂, SO₂, Pb, PM 10, PM 2.5) en el periodo (2020-2024) y comparado con las normas nacionales e internacionales.

- Hipótesis Específica N°3:

Los criterios de decisión identificados por los expertos.

3.3 Población de Estudio

- Para la Hipótesis General: la población de estudio está conformada por todos los vehículos que circulan por la red vial de Lima Metropolitana, con sus diferentes tipos de combustibles y tecnologías.
- Para la Hipótesis Específica N°1: la población de estudio está constituida por los diferentes contaminantes de origen automotor que afecta al recurso aire, descritos en 2.3.3 como son los Compuestos Orgánicos volátiles, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Compuestos Cloro-Flúor-Carbono, olores, ruido, vibración, etc., además de los identificados en las normas nacionales e internacionales (NO₂, SO₂, Pb, PM10, PM2.5, Ozono, etc.), población que es objetivamente muy grande y medirlos todos sería poco práctico por su costo y duración, ambos prohibitivos.
- Para la Hipótesis Específica N°2, la población de estudio está conformada por el juicio de los expertos respecto al comportamiento de todos los contaminantes presentes en el aire respecto al periodo 2020-2024.
- Para la Hipótesis Específica N°3, la población de estudio la conforman los diferentes criterios de decisión asociados a las políticas de gobierno, las diferentes acciones o inacciones y obligaciones que no cumple el sector transportes y las necesidades de la población y la evaluación realizada por los expertos.

3.4 Selección de la Muestra

Para el caso de la Hipótesis General, se obtuvo la muestra de la información proporcionada por la SUNARP respecto a los vehículos que circulan en la red vial de Lima Metropolitana y los tipos de combustibles usados.

Para la Hipótesis Específica N°1:

Para este caso, la selección de la muestra consistió en la toma de valores mensuales obtenidos por la DIGESA entre los años 2005 y 2019, y se prepararon los valores medios anuales de cada contaminante presentes en el aire: Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Plomo (Pb), PM10 y PM2.5.

Para la comparación se procedió a realizar la consulta en las normas nacionales (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM) e internacionales las cuales son el producto de investigaciones científicas (Guías de la Organización Mundial de la Salud OMS) y de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency: EPA).

Para la Hipótesis Específica N°2:

Para obtener los valores de la evolución de las concentraciones de los contaminantes para el periodo 2020-2024, se efectuó la consulta a los expertos, respecto a los parámetros (Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Plomo (Pb), PM10, PM2.5).

Para la Hipótesis Específica N°3:

Los criterios de decisión fueron evaluados según el criterio de los expertos apoyados en la evaluación realizada en el Gráfico N° 1 “Árbol del problema”.

3.5. Técnicas de Recolección de Datos:

3.5.1 Técnica de recolección de datos del registro DIGESA del MINSA y de los organismos internacionales

El recojo de los datos se registraron en una única Base de Datos. Estos se hallan distribuidos en varias tablas independientes y ello requirió al uso de fichas de registro para recogerlas, de manera ordenada y segura, para los propósitos de la investigación. En principio se admite que estos datos son suficientemente confiables, para los fines de la investigación, pues pertenecen a la DIGESA. En estas condiciones, el mejor modo de recoger la data de concentración de los años [2005 – 2019] era volcándolos desde sus fuentes de origen de la DIGESA, a una FICHA uniforme de registro. Una FICHA similar permitiría recoger los datos homólogos de los estándares de la OMS/EPA, a partir de los comunicados oficiales de las entidades internacionales. Véase en la Sección Anexos (Tablas N°49, 50, 51 y 52).

3.5.2 Técnica para encuesta prospectiva a Expertos

3.5.2.1 Juicio de los expertos respecto a las concentraciones óptimas

- La evaluación prospectiva de los Expertos es siempre aproximativa y por ello requiere ajustarla en lo posible a la realidad.
- El medio más poderoso para hacerlo es utilizar tres respuestas (OPTIMISTA, NORMAL y PESIMISTA) para cada pregunta, cuyos valores, en teoría tienen distribución de probabilidades de tipo BETA (en tres valores discretos). Los tres adjetivos indican, en este caso, “Condiciones” del entorno del que escapan al control y que tiene que aceptarse y adaptarse a ello. La Condición NORMAL indica:

“Condiciones consideradas normales, es decir las que cabe esperar del promedio de tendencias actuales del comportamiento del parque automotor en estudio”. Obviamente, las otras dos son las condiciones inferiores (Optimista) y superiores (Pesimista) a las Normales, respectivamente. El experto juzgará, basado en su experiencia y conocimientos, que cabe esperar en cada una de estas tres coyunturas posibles y calificarlas con un número específico.

- Aplicando las fórmulas de la Función de Probabilidades BETA, es posible obtener el valor medio y la desviación estándar de las tres respuestas a una pregunta dada y se halla, con los valores calculados, la respuesta final única para esa pregunta. Véase en el apartado 4.1.3 el Modelo de Encuesta que contestaron los expertos.
- La data sobre los 4 contaminantes de origen vehicular, en el ámbito de Lima Metropolitana, estimada por cada uno de los 3 ingenieros, con experiencia en temas ambientales, para cada uno de los 5 años del quinquenio [2020 – 2024] fueron tabulados y luego calculados sus estadísticos básicos: Valor medio y Desviación estándar.
- La lógica de la Distribución de probabilidades BETA, asume tres valores (Optimista, Normal y Pesimista) que definen una morfología gráfica (curva paramétrica BETA) con dos parámetros funcionales: valor medio (Ve) y desviación estándar (Ds). Estos parámetros se calcularon, para cada contaminante con las dos fórmulas BETA siguientes:

$$\mathbf{Ve = (EO + 4EN + EP) / 6}$$

$$\mathbf{Ds = (EP - EO) / 6}$$

Dónde:

EP = Estimación Pesimista, en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

EN = Estimación Normal en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

EO = Estimación Optimista en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

3.5.2.2 Juicio de los expertos respecto a la evaluación de los criterios de decisión

- La determinación de los Criterios de Decisión utilizó el método de lluvia de ideas.

Para aplicar los criterios de decisión, se utilizó la Matriz de Priorización según el autor (Jiménez Lozano, G. y Jiménez Muñoz, A, 2012) “Algunos modelos de toma de decisiones” siguen los pasos que se describen a continuación:

- Definir el objetivo: “plantear el objetivo de manera clara y explícita”. En nuestro caso, es contar con una matriz de priorización de criterios que permita tomar decisiones, usando el criterio analítico adecuado para grupos de 3 a 8 personas con pocas opciones y pocos criterios”.
- Identificar los factores involucrados en la matriz: es decir las alternativas para alcanzar el objetivo. Se ha utilizado los datos del Árbol de Problema (Gráfico N° 1), se identificaron los factores cuya aplicación indicaba la participación de los siguientes sectores: del Gobierno, del sector Transportes y la Población.
- Establecer los criterios de decisión elegidos según el método Delphi. En este caso se tomaron los (4) criterios elegidos por los expertos: tiempo, impacto, factibilidad y costo con sus respectivas valoraciones la cual se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N.º 9. Criterios de Decisión y su valoración

Criterio de Decisión	Mayor	Moderado	Menor
Tiempo	1	3	5
Impacto	5	3	1
Factibilidad	5	3	5
Costo	5	3	1

- Asignar pesos ponderados de los criterios: pesos definidos dándose mayor importancia al impacto y a la factibilidad:

Tabla N.º 10. Ponderados de los Criterios de Decisión

Criterio de Decisión	Ponderado
Tiempo	10
Impacto	35
Factibilidad	35
Costo	20

- Evaluar las opciones y seleccionar la mejor opción.
- Elaborar la Matriz de Priorización.
- Elaborar la Matriz de Comparación de alternativas.

3.5.3 Técnica de prueba de hipótesis

3.5.3.1 La prueba de la Hipótesis General

Se realiza con la información proporcionada por la SUNARP, solicitada mediante el sistema de acceso a la información pública y contestada con carta N° 254-2019-SUNARP/OGA de fecha 06 de setiembre 2019.

Con esta información se evalúa la tendencia y los escenarios descritos en 3.2.

3.5.3.2 La prueba de la hipótesis Específica N° 1

Entre las técnicas de Tratamiento de datos utilizadas en esta investigación está la prueba de Kruskal Wallis (Agudelo et al., 2010) para los contaminantes NO₂ y SO₂ provenientes del sector automotriz.

No se aplicó este tratamiento para los materiales particulados por provenir además del sector automotriz, del sector industrial.

Requisitos para su aplicación:

- Contar al menos con tres muestras independientes, las cuales se seleccionan al azar.
- Cada muestra debe tener al menos 5 observaciones.
- La distribución de los datos no debe ser normal.
- Formula:

$$H = \frac{12}{N(N + 1)} \sum_j^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N + 1)$$

Dónde:

N= Número total de observaciones en todas las muestras combinadas.

K= Número de muestras.

R1= suma de los rangos de la muestra 1.

N1= Número de observaciones de la muestra 1.

G1 grados de libertad= k-1

- Planteamiento de las hipótesis:

Hipótesis nula (Ho) = No existe diferencia entre las tres épocas de medición.

Hipótesis alternativa (H1) = Existe diferencia entre las tres épocas de medición.

- Establecer nivel de significancia: α (alfa) = 5% = 0.05
- Estadístico seleccionado: Kruskal Wallis.
- Calcular el valor de H.
- Interpretar resultados.
- Cálculos:

Ordenar las observaciones de menor a mayor y asignar rangos de 1 hasta n. Se agrupó por periodos de 5 años.

Sumar los rangos de cada muestra quinquenio, y hallar el rango promedio.

Calcular el estadístico de prueba (h calculado).

Hallar el H teórico o crítico= $X_{2\alpha}$ con el nivel de significancia de igual a 0.05 con $k-1= 2$ grados de libertad. Se busca el H en la tabla del Chi cuadrado.

Con los valores obtenidos el H calculado y el H crítico se aplica el siguiente criterio:

Si el H calculado $>H$ crítico, entonces se procede a rechazar la hipótesis nula.

- Se extraen las conclusiones.

3.5.3.3 La prueba de la Hipótesis Específica N° 2

Para evaluar esta hipótesis se eligió entre las técnicas de Tratamiento de datos el estadístico de la Concordancia W de Kendall (“Estadística aplicada a las ciencias de la salud”, Rafael Alvarez Cáceres).

- Formula:

$$W = \frac{12 \sum_j^k S_j^2 - 3n^2 K(K+1)}{n^2 K^2 (K-1)}$$

$$\bullet n^2 K^2 (K-1)$$

Dónde:

K= Número de observadores. En este caso tres jueces.

N= Número de elementos que intervienen en el estudio.

Nivel de confianza=0.05=95%

- Planteamiento de las hipótesis:

Hipótesis nula (Ho): No existe concordancia entre los jueces respecto al parámetro evaluado.

Hipótesis alternativa (H1): existe concordancia entre los jueces respecto al parámetro evaluado.

Hallar el W teórico o crítico.

Hallar el W calculado mediante el método del SPSS.

Con los valores obtenidos: W calculado y el W crítico se aplica el siguiente criterio:

Si el W calculado $>$ W crítico, entonces se procede a rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

- Extraer conclusiones.

3.5.3.4 La prueba de la Hipótesis Específica N° 3

La evaluación se realiza mediante la técnica del “Juicio de los expertos”, utilizando la prueba no paramétrica: Concordancia W de KENDALL, determinando las Hipótesis estadísticas:

H₀= No existe concordancia entre el juicio de los expertos.

H₁= Existe concordancia entre el juicio de los expertos.

En base a la Tabla de valores críticos del coeficiente de acuerdos W de Kendall, se calcula el valor W teórico o crítico. Posteriormente, se determina el W calculado, mediante el software estadístico SPSS, pruebas no paramétricas: Concordancia W de KENDALL. Si el W calculado $>$ W crítico, entonces se procede a rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

3.6. Hipótesis de Trabajo

3.6.1 Hipótesis General

“Las tendencias y escenarios posibles a mediano plazo, de la contaminación del aire por fuentes de origen automotor en Lima Metropolitana, están relacionadas al uso de combustibles fósiles líquidos”.

3.6.2 Hipótesis Específicas

3.6.2.1 Hipótesis Específica N° 1

“Las concentraciones medias de los contaminantes identificados en el aire, por fuentes de origen automotor, durante los años 2005 al 2019 muestran resultados menores con el paso de los años respecto a los estándares nacionales pero superiores a los estándares internacionales”.

3.6.2.2 Hipótesis Específica N° 2

“La Evolución de las concentraciones de los contaminantes por fuentes de origen automotor para el quinquenio (2020-2024), sugiere el cumplimiento de la normativa nacional e internacional”.

3.6.2.3 Hipótesis Específica N° 3

“Los Criterios de Decisión posibles a considerarse para el Plan Estratégico de modernización del parque automotor requieren la participación del Estado, el Sector Transportes y la Población”.

3.7 Variables e Indicadores

Tabla N° 11 Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable	Dimensión de la variable	Medición
¿Cuáles son las tendencias y escenarios posibles a mediano plazo de la contaminación del aire por fuentes de origen automotor en Lima Metropolitana?	Determinar las tendencias y escenarios posibles a mediano plazo de la contaminación del aire por fuentes de origen automotor en Lima Metropolitana	Las tendencias y escenarios posibles a mediano plazo de la contaminación del aire por fuentes de origen automotor en Lima Metropolitana están relacionadas al uso de combustibles fósiles líquidos	Tendencias del uso de combustibles	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vehículo que consume combustible fósil líquido con altos contenidos de contaminantes. 2. Vehículo que consume combustibles fósiles líquidos en proceso de mejora de su calidad. 3. Vehículo que consume combustibles fósiles líquidos de calidad mejorada. 4. Vehículo que consume solo combustibles fósiles gaseosos GNV o GLP. 5. Vehículo que consume 100% electricidad. 	Cantidad de vehículos según el tipo de combustibles que usan
			Escenarios de la contaminación del aire	<p>1er escenario: vehículo que transita en Lima Metropolitana durante el periodo 2005-2019, con consumo de combustibles fósiles líquidos con altos contenidos de contaminantes, y la tecnología del vehículo del tipo EURO III.</p> <p>2do escenario: posterior al anterior, corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana con consumo de combustibles fósiles líquidos en proceso de mejora de su calidad, con la tecnología EURO III y la introducción progresiva de vehículos del tipo EURO IV.</p> <p>3er escenario: corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana con consumo de combustibles fósiles líquidos de</p>	Las concentraciones de los contaminantes presentes en el aire actualmente

				<p>calidad mejorada, de la tecnología EURO IV y la introducción progresiva de la tecnología EURO V.</p> <p>4to escenario: corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana que consume solo combustibles fósiles gaseosos GNV o GLP.</p> <p>5to escenario: corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana del tipo 100% eléctrico.</p>	
<p>¿Cuáles son las concentraciones medias de los contaminantes identificados en la contaminación del aire, por fuentes de origen automotor, durante los años 2005 al 2019, respecto a los estándares máximos permitidos por la normativa nacional y la normativa internacional (OMS/EPA)?</p>	<p>Calcular las concentraciones medias de los contaminantes identificados en la contaminación del aire, por fuentes de origen automotor, durante los años 2005 al 2019, respecto a los estándares máximos permitidos por la normativa nacional y la normativa internacional (OMS/EPA)</p>	<p>Las concentraciones medias de los contaminantes identificados en el aire, por fuentes de origen automotor, durante los años 2005 al 2019 muestran resultados menores con el paso de los años respecto a los estándares nacionales pero superiores a los estándares internacionales.</p>	<p>X1= Concentración media anual, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Azufre (SO_2)</p> <p>X2 = Concentración media anual, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Nitrógeno (NO_2)</p> <p>X3 = Concentración media anual, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Plomo (Pb),</p> <p>X4= Concentración media anual, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM10,</p> <p>X5= Concentración media anual, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM2.5,</p> <p>Y1= Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Azufre (SO_2),</p> <p>Y2= Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Nitrógeno (NO_2),</p> <p>Y3= Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del plomo (Pb),</p> <p>Y4= Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM10,</p>	<p>Concentraciones de los contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$</p> <p>Concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$</p>	<p>Promedios anuales de los datos de la DIGESA</p> <p>Estándares de la normativa nacional e internacional</p>

			Y5= Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM2.5		
¿Cómo evolucionaran las concentraciones de los contaminantes en el quinquenio (2020–2024) según muestran las proyecciones del definitivo establecimiento de la Tecnología del Combustible Flexible?	Determinar la evolución de las concentraciones de los contaminantes para el quinquenio (2020-2024) según las proyecciones del definitivo establecimiento de la Tecnología del Combustible flexible.	La Evolución de las concentraciones de los contaminantes por fuentes de origen automotor para el quinquenio (2020-2024), sugiere el cumplimiento de la normativa nacional e internacional.	Z1 = Concentración optima, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Azufre (SO ₂), Z2 = Concentración optima, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Nitrógeno (NO ₂), Z3 = Concentración optima, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Plomo (Pb), Z4 = Concentración optima, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM10, Z5 = Concentración optima, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM2.5	Concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Juicio de los expertos
¿Qué Criterios de Decisión deberán considerarse para el futuro Plan Estratégico de Modernización del parque automotor de Lima Metropolitana?	Establecer los Criterios de Decisión que deberán considerarse para el futuro Plan Estratégico de Modernización del parque automotor de Lima Metropolitana.	Los Criterios de Decisión posibles para considerarse para el Plan Estratégico de modernización del parque automotor requieren la participación del Estado, el Sector Transportes y la Población.	Impacto Factibilidad Costo Tiempo	Calificación Peso	Juicio de los expertos

3.8 Operacionalización de Variables

Tabla N° 12 Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición
Tendencias del uso de combustibles	Preferencias de uso de combustibles en vehículos	Consumo de combustible	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vehículo que consume combustible fósil líquido con altos contenidos de contaminantes. 2. Vehículo que consume combustibles fósiles líquidos en proceso de mejora de su calidad. 3. Vehículo que consume combustibles fósiles líquidos de calidad mejorada. 4. Vehículo que consume solo combustibles fósiles gaseosos GNV o GLP. 5. Vehículo que consume 100% electricidad. 	Cantidad de Vehículos versus el tipo de combustibles usados	%	%
Escenarios de la contaminación del aire	Uso de combustibles con sus características y de la tecnología del vehículo producto del cual se produce la contaminación del aire	Contaminantes del aire que salen por el tubo de escape del vehículo	<p>1er escenario: vehículo que transita en Lima Metropolitana durante el periodo 2005-2018, con consumo de combustibles fósiles líquidos con altos contenidos de contaminantes, y la tecnología del vehículo del tipo EURO III.</p> <p>2do escenario: posterior al anterior, corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana con consumo de combustibles fósiles líquidos en proceso de mejora de su calidad, con la tecnología EURO III y la introducción progresiva de vehículos del tipo EURO IV.</p> <p>3er escenario: corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana con consumo de combustibles fósiles líquidos de calidad mejorada, de la tecnología EURO IV y</p>	Comportamiento de la calidad del aire en los diferentes escenarios	µg/m ³	ECA Aire y estándares internacionales

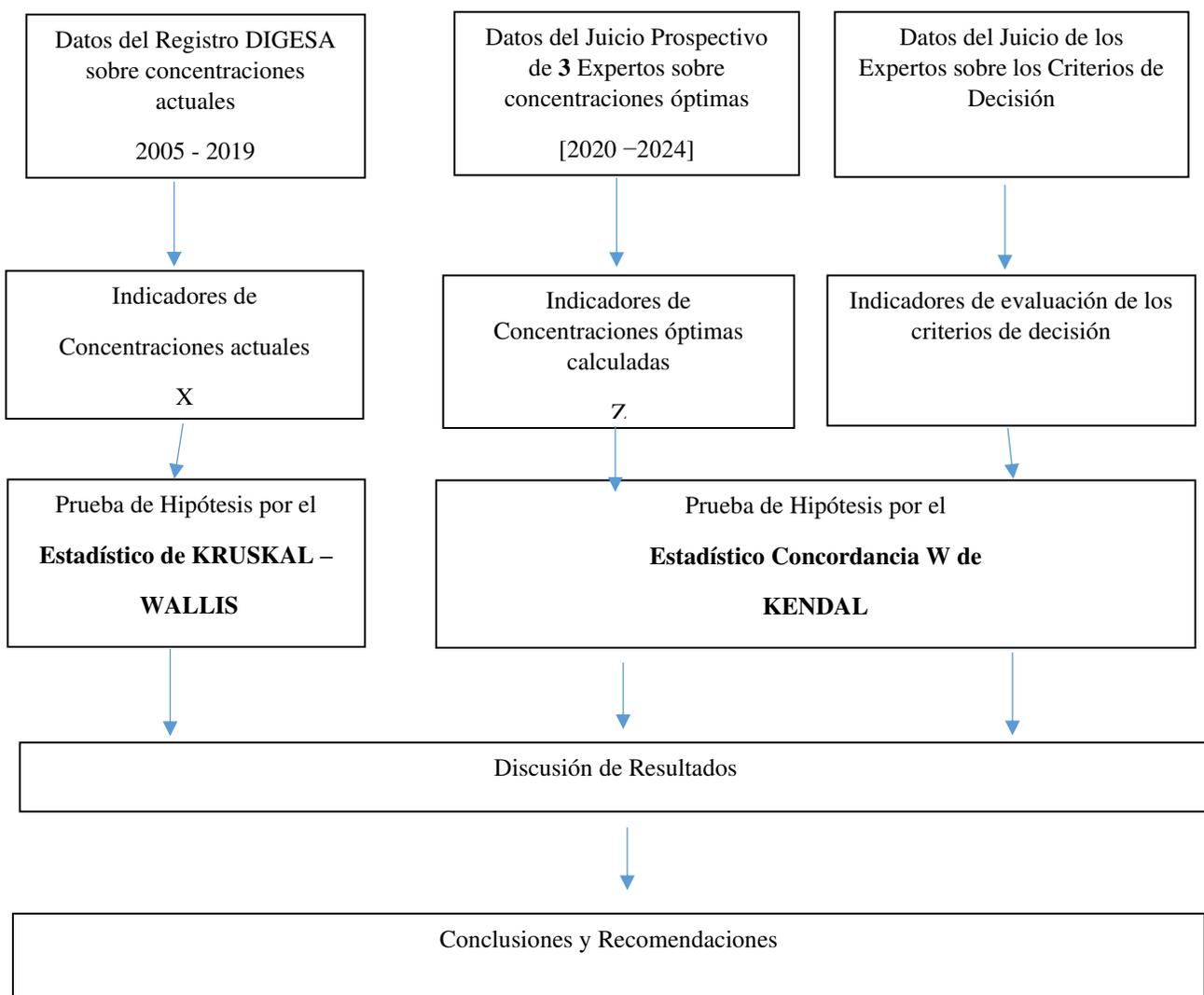
			la introducción progresiva de la tecnología EURO V. 4to escenario: corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana que consume solo combustibles fósiles gaseosos GNV o GLP. 5to escenario: corresponde a un vehículo que transita en Lima Metropolitana del tipo 100% eléctrico.			
X1= Concentración media anual, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Azufre X2 = Concentración media anual, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Nitrógeno X3 = Concentración media anual, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Plomo, X4= Concentración media anual, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM10, X5= Concentración media anual, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM2.5,	Es la medida que establece el nivel de concentración de parámetros físicos, químicos o biológicos presentes en el aire	Medición de concentraciones en el aire	SO ₂ NO ₂ Pb PM10 PM2.5	Índice de cumplimiento de ECA Aire	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ECA Aire y estándares internacionales
Y1= Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Azufre, Y2= Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Nitrógeno, Y3= Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del plomo, Y4= Concentración	Es la medida del nivel de concentración de parámetros físicos, químicos o biológicos determinados por la normativa	Medición de concentraciones en el aire a cargo de entidades nacionales e internacionales	SO ₂ NO ₂ Pb PM10 PM2.5	Metas de calidad de aire	mg/m^3	ECA Aire y estándares nacionales e internacionales

máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM10, Y5= Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM2.5	nacional o internacional					
Z1 = Concentración optima, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Azufre, Z2 = Concentración optima, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Dióxido de Nitrógeno, Z3 = Concentración optima, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del Plomo, Z4 = Concentración optima, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM10, Z5 = Concentración optima, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del PM2.5	Calculo que establece el nivel de concentración optima de los parámetros físicos, químicos o biológicos presentes en el aire	Medición de concentraciones en el aire	SO ₂ NO ₂ Pb PM10 PM2.5	Índice de cumplimiento de ECA Aire	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ECA Aire y estándares nacionales e internacionales
Impacto Factibilidad Costo Tiempo	Criterios de decisión para evaluar el plan estratégico	Datos para evaluar el plan estratégico	Calificación Peso	Evaluación de los criterios de decisión	N° %	N°

3.9 Análisis e Interpretación de la Información

Fluye de los argumentos anteriores, que el proceso de Tratamiento de Datos para realizar la Prueba de Hipótesis e inferir las conclusiones, que se realiza en el siguiente Capítulo, obedece al siguiente esquema de procedimientos jerárquicamente encadenados:

Gráfico N.º 7. Esquema de obtención de evidencia empírica



CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

4.1.1 Hipótesis General

“Las tendencias y escenarios posibles a mediano plazo de la contaminación del aire por fuentes de origen automotor en Lima Metropolitana están relacionadas al uso de combustibles fósiles líquidos”.

Para efectuar el análisis, como primera medida, se evaluaron las “Tendencias”, las mismas que se relacionan con el uso de los combustibles. Con la finalidad de conocer la cantidad de vehículos y el tipo de combustibles en uso en la actualidad; como primera medida se solicitó información al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la cual fue derivada a la SUNARP, mediante el sistema de acceso a la información pública y contestada con carta N° 254-2019-SUNARP/OGA de fecha 06 de setiembre 2019, a continuación, se detalla la información como sigue:

- Cantidad de vehículos que consumen gasolina al 2019: 1,762,131
- Cantidad de vehículos que consumen Diésel 2 al 2019: 450,210
- Cantidad de vehículos que consumen GLP al 2019: 15,881
- Cantidad de vehículos que consumen GNV al 2019: 8,069
- Total, cantidad de vehículos 2,236,291

De la información suministrada se desprende el siguiente análisis:

- El porcentaje en uso de combustibles fósiles líquidos es del 98.92%
- El porcentaje en uso de combustibles fósiles gaseosos es del 1.08%

En la actualidad en nuestro país, viene utilizando gasolinas mezcladas con biocombustibles en la siguiente proporción: gasolinas (92.2%) y etanol (7.8%), lo que se conoce con el nombre de GASOHOLES. El Gashol más utilizado es el G90.

Al 2019, se continúa usando combustibles fósiles, con una mejora en su calidad como lo demuestran las Especificaciones técnicas de los combustibles de PETRO PERÚ (Tabla N° 54 y 55), y con el ingreso de vehículos de la tecnología EURO IV (Decreto Supremo N° 009-2015-MINAM “Aprueban medidas destinadas a la mejora de la calidad ambiental del aire a nivel nacional”), que tienen como característica la aplicación de medidas de control de la contaminación. Lo que indica que actualmente nos encontramos en el segundo escenario porque se continúa usando combustibles fósiles líquidos con una mejora en la calidad del combustible lo que ha permitido el ingreso de vehículos de la tecnología EURO IV. Para la evaluación de los Escenarios se evalúan los resultados con los datos obtenidos de la tendencia del consumo de combustibles y se compara con la lista de escenarios descritos en 3.2.

Es importante mencionar que el Perú mediante Decreto Supremo N° 007-2020-MINAM, aprobó los índices de nocividad de combustibles, con la finalidad de incentivar el uso de combustibles más limpios para el periodo 2020-2021, donde se incentiva el uso de combustibles gaseosos como el Gas Natural cuyo índice de nocividad es de 1,00, el Gas Licuado de Petróleo es de 2,3, además informa los índices de nocividad para el resto de combustibles como: el Gasohol 95/97/98 octanos es de 10,7, Gasohol 90 octanos es de 13,1 y el Diesel B5 – S-50 es de 14,2.

4.1.2 Hipótesis Específica N° 1

“Las concentraciones medias de los contaminantes identificados en el aire, por fuentes de origen automotor, durante los años 2005 al 2019 muestran resultados menores con el paso de los años respecto a los estándares nacionales pero superiores a los estándares internacionales”. Para analizar las concentraciones y la contaminación del aire producto del uso de combustibles fósiles analicemos la siguiente información:

4.1.2.1 **Tabulación y presentación de la data oficial registrada [2005 – 2019]**

El examen de la documentación disponible en entidades públicas, acerca de la contaminación del aire de Lima Metropolitana en el lapso de **quince años**, ha permitido reunir un conjunto de registros, de la fuente acreditada DIGESA (Tabla N° 49) en la Tabla N.º 13 en el siguiente Cuadro Resumen, consolidado y ordenado:

Tabla N° 13. Concentración media anual de los cinco contaminantes, medidos en el aire de Lima Metropolitana, en el periodo [2005 – 2019]

CONTAMINANTE	CONCENTRACION ANUAL MEDIA* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)														
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
NO ₂	47	42	34.85	39.19	31.21	24.89	15.34	21.85	23.24	23.30	19.46	21.35	19.35	25.14	25.08
SO ₂	32	34.78	37.55	32.69	21.43	11.68	7.85	11.22	12.83	8.29	7.76	14.91	22.07	29.22	36.92
Pb	0.19	0.20	0.21												
PM ₁₀			97.76	110.58	97.95	78.48	65.03	62.46	60.49	58.22	65.25	69.47	68.34	73.83	69.70
PM _{2.5}	65.37	66.77	68.17	60.46	53.56	34.21	35.88	38.80	39.36	34.68	29.40	26.41	24.05	29.30	24.33

Fuente: Elaboración propia a partir de la determinación de promedios de los datos de la DIGESA

Nota: Los espacios en blanco indican que no se cuentan con valores de las mediciones de los contaminantes como es el caso del plomo cuyo comportamiento está relacionado a las características de los combustibles y del sector industrial.

4.1.2.2 Tabulación y presentación de la data oficial del Perú

Tabla N.º 14. Estándares Nacionales de Calidad de Aire

CONTAMINANTE	NORMAS NACIONALES ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Decreto Supremo Nº 003-2017- MINAM Vigente	Decreto Supremo Nº 074-2001-PCM Derogado	Decreto Supremo Nº 069-2003-PCM Derogado
NO ₂	100	100	
SO ₂	250*	20*	
Pb	0.5		0.5
PM ₁₀	50	50	
PM _{2.5}	25		
<ul style="list-style-type: none"> Las muestras de dióxido de azufre corresponden a un muestreo de 24 horas 			

Fuente: Elaboración propia con data de la base legal indicada.

De la evaluación de las normas nacionales, Tabla antes descrita, se puede observar que el parámetro Dióxido de Azufre ha bajado su grado de exigencia respecto a la norma derogada y la explicación a este hecho estaba fundamentada en las características de los combustibles que se producen en las refinerías de nuestro país.

4.1.2.3 Tabulación y presentación de la data oficial de la OMS y la EPA

Conviene ahora reunir en un cuadro comparativo mostrando las concentraciones de estos contaminantes provenientes de las dos entidades, la primera de la Organización Mundial de la Salud (OMS), ver tabla N° 51 y la segunda a la Agencia de Protección Ambiental del gobierno de los Estados Unidos (EPA), ver tabla N°

52, propuestos bajo la forma de guías recomendadas para los países y entidades interesadas:

Para ello, se traslada de manera resumida y conveniente, para los fines de la investigación, en la siguiente tabla:

Tabla N.º 15. Estándares Internacionales de Calidad de Aire

CONTAMINANTE	NORMAS INTERNACIONALES*		
	(µg/m ³)		
	OMS	EPA	PROMEDIO
NO ₂	40	100	70
SO ₂	--	196	108
Pb	---	0,15	0,15
PM ₁₀	20	15	17,5
PM _{2.5}	10	12	11

Fuente: Elaboración propia

Las normas internacionales, establecidos por dos entidades, la primera a nivel mundial y la segunda americana, respectivamente (OMS y EPA) sobre las concentraciones, en µg/m³, que en nuestro caso han sido anualmente promediados, para los cinco contaminantes escogidos, y de acuerdo con los estudios epidemiológicos se consideran que no deben excederse para proteger la salud.

Discusión de resultados, relativos a la comparación de los resultados del año 2019 versus los estándares nacionales e internacionales:

Tabla N° 16. Resultados de la comparación con la normativa

CONTAMINANTE	CONCENTRACION ANUAL				
	MEDIA (µg/m3)	COMPARACIÓN CON LAS NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES			
	2019	OMS	EPA	D.S N° 003-2017-MINAM	Resultados
NO ₂	25.08	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	Menores con el paso de los años respecto a normas nacionales e internacionales
SO ₂	36.92	--	CUMPLE	CUMPLE	Menores con el paso de los años respecto a normas nacionales e internacionales
Pb					Respecto al parámetro Plomo, no se cuenta con la data para la evaluación.
PM ₁₀	69.70	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	Resultados menores con el paso de los años, pero superiores a normas nacionales e internacionales
PM _{2.5}	24.33	NO CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	Resultados menores con el paso de los años, respecto a normas nacionales pero superiores respecto a normas internacionales

Fuente: Elaboración propia a partir de la evaluación de los resultados

En cuanto a los particulados, PM 10, PM 2.5, estas partículas microscópicas resultan de la combustión incompleta de la gasolina y diésel y además están relacionadas a las industrias que usan leña y carbón, así como las plantas de elaboración de cementos, fundiciones y fábricas de baterías. Su erradicación resulta muy problemática, por tocar un aspecto vital de la actividad diaria de buena parte de la población, industrias que continúan usando tecnologías antiguas y máquinas de poca eficiencia energética.

Es imprescindible una política de modernización del sector industrial para obtener resultados efectivos contra los materiales particulados.

4.1.3 Hipótesis Especifica N° 2

“La Evolución de las concentraciones de los contaminantes por fuentes de origen automotor para el quinquenio (2020-2024), sugiere el cumplimiento de la normativa nacional e internacional”.

Tabulación y presentación de la data estimada respecto a las concentraciones óptimas

(Z):

Para el año 2020, se utilizó el formato BETA de tres entradas probables por dato, una para cada experto con los datos obtenidos se calculó el promedio beta y la desviación estándar, adoptando el siguiente aspecto:

Tabla N.º 17. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2020, experto H.R.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto H.R.				
Dióxido de azufre (SO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	10	15	25	15.83	2.5
PM ₁₀	35	40	50	40.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°18. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2020, experto P.T.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto P.T				
Dióxido de azufre (SO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	10	15	25	15.83	2.5
PM ₁₀	35	40	50	40.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°19. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2020, experto R.V.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto R.V.				
Dióxido de azufre (SO ₂)	10	15	25	15.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	10	15	25	15.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	10	15	25	15.83	2.5
PM ₁₀	35	40	50	40.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Resumiendo, las 3 tablas en una sola, **para el año 2020**, se tiene:

Tabla N°20. Resumen Estimación por 3 expertos de la concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para el año 2020

CONTAMINANTES	EXPERT O.H.R	EXPERT O	P.T	EXPERTO R.V	Parámetros de Contaminantes en Lima Metropolitana			
	PB	DE	PB	DE	PB	DE	Promedio	Desviación Estándar
Estimación de los expertos	PB	DE	PB	DE	PB	DE	Promedio	Desviación Estándar
Dióxido de azufre (SO ₂)	15.83	2.5	15.83	2.5	15.83	2.5	15.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	15.83	2.5	15.83	2.5	15.83	2.5	15.83	2.5
Plomo (Pb)								
PM _{2.5}	15.83	2.5	15.83	2.5	15.83	2.5	15.83	2.5
PM ₁₀	40.83	2.5	40.83	2.5	40.83	2.5	40.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

La misma metodología se ha seguido para los años: 2021, 2022, 2023 y 2024.

Tabla N.º 21. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2021, experto H.R.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto H.R.				
Dióxido de azufre (SO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	20	25	35	25.83	2.5
PM ₁₀	35	40	50	40.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 22. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2021, experto P.T.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto P.T.				
Dióxido de azufre (SO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	15	20	30	20.83	2.5
PM ₁₀	40	45	55	45.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°23. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2021, experto R.V.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto R.V.				
Dióxido de azufre (SO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Plomo (Pb)					
$\text{PM}_{2.5}$	15	20	30	20.83	2.5
PM_{10}	35	40	50	40.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Resumiendo, las 3 tablas en una sola, para el año 2021, se tiene:

Tabla N.º 24. Resumen de Estimación por 3 expertos de la Concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para el año 2021

CONTAMINANTES	EXPERTO H.R		EXPERTO P.T		EXPERTO R.V		Parámetros de Contaminantes en Lima Metropolitana	
	PB	DE	PB	DE	PB	DE	Promedio BETA	Desviación Estándar
Estimación de los expertos								
Dióxido de azufre (SO ₂)	15.83	2.5	15.83	2.5	15.83	2.5	15.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	15.83	2.5	15.83	2.5	15.83	2.5	15.83	2.5
Plomo (Pb)								
PM _{2.5}	25.83	2.5	20.83	2.5	20.83	2.5	22.50	2.5
PM ₁₀	40.83	2.5	45.83	2.5	40.83	2.5	42.50	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 25. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2022, experto H.R.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto H.R.				
Dióxido de azufre (SO_2)	15	20	30	20.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	15	20	30	20.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	20	25	35	25.83	2.5
PM ₁₀	50	55	65	55.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 26. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2022, experto P.T.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto P.T.				
Dióxido de azufre (SO_2)	15	20	30	20.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	15	20	30	20.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	15	20	30	20.83	2.5
PM ₁₀	45	50	60	50.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 27. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2022, experto R.V.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto R.V.				
Dióxido de azufre (SO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	15	20	30	20.83	2.5
PM ₁₀	40	45	55	45.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Resumiendo, las 3 tablas en una sola, **para el año 2022**, se tiene:

Tabla N.º 28. Resumen de Estimación por 3 expertos de la Concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para el año 2022

CONTAMINANTES	EXPERTO H.R		EXPERTO P.T		EXPERTO R.V		Parámetros de Contaminantes en Lima Metropolitana	
	PB	DE	PB	DE	PB	DE	Promedio BETA	Desviación Estándar
Estimación de los expertos	PB	DE	PB	DE	PB	DE	Promedio BETA	Desviación Estándar
Dióxido de azufre (SO ₂)	20.83	2.5	20.83	2.5	15.83	2.5	19.16	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	20.83	2.5	20.83	2.5	15.83	2.5	19.16	2.5
Plomo (Pb)								
PM ₁₀	25.83	2.5	20.83	2.5	20.83	2.5	22.50	2.5
PM _{2.5}	55.83	2.5	50.83	2.5	45.83	2.5	50.83	2.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°29. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2023, experto H.R.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto H.R.				
Dióxido de azufre (SO_2)	20	25	35	25.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	20	25	35	25.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	20	25	35	25.83	2.5
PM ₁₀	60	65	75	65.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 30. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2023, experto P.T.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto P.T.				
Dióxido de azufre (SO_2)	15	20	30	20.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	20	25	35	25.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	30	35	45	35.83	2.5
PM ₁₀	55	60	70	60.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 31. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2023, experto R.V.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto R.V.				
Dióxido de azufre (SO_2)	15	20	30	20.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	20	25	35	25.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	20	25	35	25.83	2.5
PM ₁₀	55	60	70	60.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Resumiendo, las 3 tablas en una sola, **para el año 2023**, se tiene:

Tabla N°32. Resumen de Estimación por 3 expertos de la Concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para el año 2023

CONTAMINANTES	EXPERTO H.R.		EXPERTO P.T.		EXPERTO R.V.		Parámetros de Contaminantes en Lima Metropolitana	
	PB	DE	PB	DE	PB	DE	Promedio BETA	Desviación Estándar
Estimación de los expertos	PB	DE	PB	DE	PB	DE	Promedio BETA	Desviación Estándar
Dióxido de azufre (SO ₂)	25.83	2.5	20.83	2.5	20.83	2.5	22.50	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	25.83	2.5	25.83	2.5	25.83	2.5	25.83	2.5
Plomo (Pb)								
PM _{2.5}	25.83	2.5	35.83	2.5	25.83	2.5	29.16	2.5
PM ₁₀	65.83	2.5	60.83	2.5	60.83	2.5	62.50	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N°33. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana /2024, experto H.R.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto H.R.				
Dióxido de azufre (SO_2)	20	25	35	25.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	15	20	30	20.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	15	20	30	20.83	2.5
PM ₁₀	55	60	70	60.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 34. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima M /2024, experto P.T.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto P.T.				
Dióxido de azufre (SO_2)	15	20	30	20.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	15	20	30	20.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	20	25	35	25.83	2.5
PM ₁₀	55	60	70	60.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 35. Concentración media anual de Contaminantes esperada en Lima Metropolitana/2024, experto R.V.

Contaminante de origen vehicular	Condición Optimista	Condición Normal	Condición Pesimista	Promedio BETA de cada contaminante	Desviación Estándar
	Concentración media anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) esperada por experto V.R.				
Dióxido de azufre (SO_2)	15	20	30	20.83	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	10	15	25	15.83	2.5
Plomo (Pb)					
PM _{2.5}	15	20	30	20.83	2.5
PM ₁₀	50	55	65	55.83	2.5

Fuente: Elaboración Propia

Resumiendo, las 3 tablas en una sola, para el año 2024, se tiene:

Tabla N°36. Resumen de Estimación por 3 expertos de la Concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para el año 2024

CONTAMINANTES	EXPERT O H.R		EXPERT O P.T		EXPERT O R.V		Parámetros de Contaminantes en Lima Metropolitana	
	PB	DE	PB	DE	PB	DE	Promedio BETA	Desviación Estándar
Estimación de los expertos	PB	DE	PB	DE	PB	DE		
Dióxido de azufre (SO ₂)	25.83	2.5	20.83	2.5	20.83	2.5	22.50	2.5
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	20.83	2.5	20.83	2.5	15.83	2.5	19.16	2.5
Plomo (Pb)								
PM _{2.5}	20.83	2.5	25.83	2.5	20.83	2.5	22.50	2.5
PM ₁₀	60.83	2.5	60.83	2.5	55.83	2.5	59.16	2.5

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se procede a tabular la data necesaria a partir del resumen de la evaluación de los tres expertos y su interpretación:

Tabla N.º 37. Resumen Estimación por 3 expertos de la Concentración media anual de contaminantes para Lima Metropolitana para el Quinquenio [2020 – 2024]

Parámetros de Contaminantes de origen vehicular en Lima Metropolitana, medidos en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									
Años 2020 al 2024									
Año 2020		Año 2021		Año 2022		Año 2023		Año 2024	
Promedio BETA	Desviación Estándar	Promedio BETA	Desviación Estándar	Promedio BETA	Desviación Estándar	Promedio BETA	Desviación Estándar	Promedio BETA	Desviación Estándar
15.83	2.5	15.83	2.5	19.16	2.5	22.50	2.5	22.50	2.5
15.83	2.5	15.83	2.5	19.16	2.5	25.83	2.5	19.16	2.5
15.83	2.5	22.50	2.5	22.50	2.5	29.16	2.5	22.50	2.5
40.83	2.5	42.50	2.5	50.83	2.5	62.50	2.5	59.16	2.5

FUENTE: Elaboración propia

Este cuadro se puede interpretar de la siguiente manera; la actitud unánime de los 3 expertos muestra optimismo respecto a la posibilidad de bajar las concentraciones de los contaminantes peligrosos durante el quinquenio [2020 – 2024], periodo bajo el supuesto que continuará aumentando la sustitución de los combustibles tradicionales (gasolinas y diésel) por los gaseosos GNV, GLP y los bio-combustibles en el ámbito del tráfico vehicular en esta ciudad metropolitana.

La evaluación consiste en determinar si las calificaciones de los expertos cumplen con la normativa nacional e internacional, a continuación, se presentan los resultados:

Tabla N°38. Evaluación de los resultados de los años 2020-2024 versus normativa

Contaminante	Resultado promedio Juicio de expertos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Estándares OMS	Estándares EPA	Promedio estándares internacionales	Normas nacionales
NO ₂	16.79	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
SO ₂	9.88	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Pb	0.18	--	--	--	--
PM ₁₀	57.35	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple
PM _{2.5}	29.75	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior indica que respecto a la normativa nacional: cumple para los parámetros (NO₂, SO₂ y PM₁₀) a excepción del PM_{2.5}.

Respecto a la normativa internacional, cumple con los parámetros (SO₂, NO₂) a excepción de los particulados (PM₁₀ y PM_{2.5}).

Con respecto al material particulado y el plomo, la introducción del GNV y el GLP, como sustitutivo parcial de las gasolinas y el Diésel 2 en el tráfico rodado de Lima Metropolitana, no ha representado una respuesta definitiva a la contaminación que experimenta esta ciudad desde hace decenios. Solo se trata de una leve atenuación y estabilización temporal de las tasas de su crecimiento. Por lo tanto, resulta imperativa encontrar la solución correcta que apunta hacia: el cambio planificado, progresivo y a largo plazo (20 años) del parque automotor de esta ciudad, que sustituya a los motores de explosión, con combustible líquido o gaseoso por motores eléctricos, cuyos prototipos se están adoptando en países desarrollados.

En el caso específico del Plomo, los valores dependen de la calidad de los combustibles, de la modernización de las refinerías además del sector industrial.

4.1.4 Hipótesis Específica N° 3

“Los Criterios de Decisión posibles a considerarse en el Plan Estratégico de modernización del parque automotor, requieren la participación del Estado, el Sector Transportes y la Población”.

Con respecto al análisis de esta hipótesis y para la búsqueda de los criterios de decisión, se ha tenido previamente una reunión con el grupo de expertos, y se decidió trabajar con el método del Brain Storming (lluvia de ideas) (Ferguson, 2009) pagina 110 ejecutando los siguientes pasos:

- Producción de ideas del grupo:

Impacto, Costo, Eficacia (éxito), Control y seguimiento, Viabilidad, Rentabilidad, Tiempo, Dificultad tecnológica, Consenso entre laboratorios, Factibilidad, Costo de implantación.

- Evaluación de las ideas:
 - Eliminar las ideas duplicadas obtenemos la siguiente información: Impacto, Costo, Control y seguimiento, Tiempo, Tecnología y Factibilidad.
 - Obtención de criterios de decisión depurados, para dar puntuación relativa al criterio, eligiendo entre 1 al 5 y determinar las ventajas y desventajas de cada criterio.
 - Proceder a la ponderación, según la “Evaluación de las ideas mediante el Método de Valoración de Opciones” adaptado según el artículo de (Arango et al. 2015), para lo cual por cada opción el experto determina el valor relativo calificando entre valores del 1 al 10, el resultado se obtiene multiplicando la puntuación relativa al criterio por la ponderación opción “relativa” en ese criterio.
 - La valoración final de cada opción es la suma de los resultados de cada opción resaltados en negrita.
 - Para concluir se elige las 4 primeras opciones que tengan mayor puntuación.

Tabla N° 39. Evaluación de ideas a partir del Brain Storming

Criterio de Decisión	Puntuación relativa al criterio	Ventajas	Desventajas	Ponderación						Valoración final
				Opción 1		Opción 2		Opción 3		
				Relativa	Resultado	Relativa	Resultado	Relativa	Resultado	
Impacto	4	Disminución de la contaminación del aire		10	40	7	28	9	36	104
Costo	5	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de los gastos de salud de la población - Una sola inversión en equipos 	<ul style="list-style-type: none"> - Equipos costosos - Análisis continuos y costosos - Personal capacitado 	7	35	6	30	8	40	105
Control y seguimiento	3	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento de la calidad del aire en tiempo real - Toma de acciones para los incumplimientos 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis continuos que requieren personal para el seguimiento - Reclamos de la población 	4	12	6	18	4	12	42
Tiempo	2	<ul style="list-style-type: none"> - Toma de decisiones oportunas - Conocer la calidad del aire en tiempo real 		8	16	7	14	8	16	46
Tecnología	2	<ul style="list-style-type: none"> - Equipos disponibles en el mercado nacional - Laboratorios acreditados por INACAL - Especialización de los profesionales 	<ul style="list-style-type: none"> - Importación de equipos - Pocos Laboratorios de análisis acreditados 	7	14	5	10	6	12	36

Factibilidad	3	- Cumplimiento de normas legales - Realizar cambios en la normativa en función a los resultados	Incumplimiento de normas legales	9	27	8	24	8	24	75
--------------	---	--	----------------------------------	---	-----------	---	-----------	---	-----------	-----------

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestran las Matrices de Priorización con las soluciones propuestas para los problemas identificados en el “Árbol del Problema” con los resultados de la evaluación de los expertos para los criterios de Decisión definidos.

A continuación, cada experto evalúa los factores versus los criterios de decisión identificados (Impacto, costo, tiempo y factibilidad).

A cada criterio:

- a. Asigna un porcentaje o peso a cada criterio, cuya suma debe ser igual al 100%.
- b. Califica entre valores de 1 al 5
- c. Se obtiene el total parcial por cada criterio.
- d. Se obtiene el total del factor evaluado.

Tabla N.º 40. Evaluación del Plan Estratégico. - Matriz de Priorización (1), experto HR

Factores		Criterios de Decisión (Variables)											aTotl	
		Impacto			Factibilidad			Costo			Tiempo			
		Calif.	Peso	Total	Calif.	Peso	Total	Calif.	Peso	Total	Calif.	Peso		Total
GOBIERNO	Generación de estándares de alcance local para poblaciones próximas a puntos de generación de contaminantes y para mezcla de contaminantes	5	35%	1.75	3	35%	1.05	1	20%	0.20	5	10%	0.50	3.50
	Investigación y Desarrollo en el entorno ambiental con instrumentación, estándares modernos de gestión, software y base de datos sobre plataforma de internet y de conocimiento inmediato de la población cuando se exceden los estándares y/o Límites Máximos permisibles de la Calidad del Aire	5	35%	1.75	5	35%	1.75	5	20%	1.00	5	10%	0.50	5.00
	Planificación del parque automotor	5	35%	1.75	5	35%	1.75	5	20%	1.00	5	10%	0.50	5.00
SECTOR TRANSPORTES	Identificación de aspectos e impactos que genera el sector transporte	5	35%	1.75	5	35%	1.75	3	20%	0.60	5	10%	0.50	4.60
	Responsabilidad de los transportistas frente a las partes interesadas	5	35%	1.75	3	35%	1.05	3	20%	0.60	3	10%	0.30	3.70
POBLACION	Involucramiento en la Gestión de la Calidad del Aire	5	35%	1.75	5	35%	1.75	3	20%	0.60	3	10%	0.30	4.4

Fuente: Juicio de los expertos

Tabla N.º 41. Evaluación del Plan Estratégico. - Matriz de Priorización (2), experto PT

Factores		Criterios de Decisión (Variables)											Total	
		Impacto			Factibilidad			Costo			Tiempo			
		Calif.	Peso	Total	Calif.	Peso	Total	Calif.	Peso	Total	Calif.	Peso		Total
GOBIERNO	Generación de estándares de alcance local para poblaciones próximas a puntos de generación de contaminantes y para mezcla de contaminantes	5	35%	1.75	5	35%	1.75	5	20%	1.00	5	10%	0.50	5.00
	Investigación y Desarrollo en el entorno ambiental con instrumentación, estándares modernos de gestión, software y base de datos sobre plataforma de internet y de conocimiento inmediato de la población cuando se exceden los estándares y/o Límites Máximos permisibles de la Calidad del Aire	5	35%	1.75	5	35%	1.75	5	20%	1.00	5	10%	0.50	5.00
	Planificación del parque automotor	5	35%	1.75	5	35%	1.75	5	20%	1.00	5	10%	0.50	5.00
SECTOR TRANSPORTE	Identificación de aspectos e impactos que genera el sector transporte	5	35%	1.75	3	35%	1.05	1	20%	0.20	3	10%	0.30	3.30
	Responsabilidad de los transportistas frente a las partes interesadas	5	35%	1.75	3	35%	1.05	3	20%	0.60	3	10%	0.30	3.70
POB	Involucramiento en la Gestión de la Calidad del Aire	5	35%	1.75	3	35%	1.05	3	20%	0.60	3	10%	0.30	3.70

Fuente: Juicio de los expertos

Tabla N° 42. Evaluación del Plan Estratégico. - Matriz de Priorización (3), experto RV

Factores		Criterios de Decisión (Variables)											Total	
		Impacto			Factibilidad			Costo			Tiempo			
		Calif.	Peso	Total	Calif.	Peso	Total	Calif.	Peso	Total	Calif.	Peso		Total
GOBIERNO	Generación de estándares de alcance local para poblaciones próximas a puntos de generación de contaminantes y para mezcla de contaminantes	5	35%	1.75	5	35%	1.75	3	20%	0.60	5	10%	0.50	4.60
	Investigación y Desarrollo en el entorno ambiental con instrumentación, estándares modernos de gestión, software y base de datos sobre plataforma de internet y de conocimiento inmediato de la población cuando se exceden los estándares y/o Límites Máximos permisibles de la Calidad del Aire	5	35%	1.75	5	35%	1.75	5	20%	1.00	3	10%	0.30	4.80
	Planificación del parque automotor	5	35%	1.75	5	35%	1.75	5	20%	1.00	5	10%	0.50	5.00
SECTOR TRANSPORTES	Identificación de aspectos e impactos que genera el sector transporte	5	35%	1.75	3	35%	1.05	3	20%	0.60	1	10%	0.10	3.50
	Responsabilidad de los transportistas frente a las partes interesadas	5	35%	1.75	5	35%	1.75	3	20%	0.60	3	10%	0.30	4.40
POBLACION	Involucramiento en la Gestión de la Calidad del Aire	5	35%	1.75	5	35%	1.75	5	20%	1.00	5	10%	0.50	5.00

Fuente: Juicio de los expertos

Tabla N.º 43. Cuadro resumen a partir de las matrices de priorización

Criterios de Decisión	Generación de estándares de alcance local para poblaciones próximas a puntos de generación de contaminantes y para mezcla de contaminantes	Investigación y Desarrollo en el entorno ambiental con instrumentación, estándares modernos de gestión, software y base de datos sobre plataforma de internet y de conocimiento inmediato de la población cuando se exceden los estándares y/o Límites Máximos permisibles de la Calidad del Aire	Planificación del parque automotor	Identificación de aspectos e impactos que genera el sector transporte	Responsabilidad de los transportistas frente a las partes interesadas	Involucramiento en la Gestión de la Calidad del Aire
Matriz de priorización 1	3.5	5.0	5.0	4.6	3.7	4.4
Matriz de priorización 2	5.0	5.0	5.0	3.3	3.7	3.7
Matriz de priorización 3	4.6	4.8	5.0	3.5	4.4	5.0
TOTAL	13.1	14.8	15.0	11.4	11.8	13.1
Criterios de Decisión	3	2	1	6	5	4

Fuente: Matrices de priorización

El resultado indica, que el principal factor es el Gobierno con su Política de planificación del parque automotor, aplicando técnicas de investigación y desarrollo, generando estándares que protejan a la población. El segundo factor es la población y el tercero el sector transportes.

4.2 Prueba de hipótesis

4.2.1 Respecto a la Hipótesis General:

Como primera medida presentamos la distribución de categorías vehiculares para Lima y Callao al año 2016:

Tabla N°44. Distribución por categorías vehiculares para Lima y Callao

Categoría vehicular	Auto	Station Wagon	Pick up	Combi	Camioneta panel	Ómnibus	Remolcador	Motos	Total
N° de vehículos	807529	284251	163793	236502	31006	50441	116601	62796	2281786
Porcentaje (%)	35,39	12,46	7,18	10,36	1,36	2,21	5,11	2,75	100

Fuente: Compendio Estadístico del INEI 2017

Como se puede observar los autos particulares (auto y Station Wagon) representan el 47.85% del parque automotor de Lima y Callao en el año 2016.

En el año 2019, se continúa usando combustibles fósiles líquidos mezclados con biocombustibles por consiguiente con una mejora en su calidad y con el ingreso de vehículos de la tecnología EURO IV con la aplicación de mejores medidas de control de la contaminación con relación a los vehículos de la tecnología EURO III.

4.2.2 Respecto a la Hipótesis Específica N°1:

Para demostrar la VALIDEZ de esta afirmación se utilizó el método estadístico de KRUSKAL – WALLIS, y se procede a tabular la data necesaria a partir de la Tabla N.º 13:

Tabla N°45. Concentraciones del NO₂, agrupadas en tres condiciones diferentes

Concentraciones antes del GNV y GLP :2005/2009			Concentraciones después del GNV y GLP:2010/2014			Concentraciones más recientes: 2015/2019		
Año	µg/m ³	Rango	Año	µg/m ³	Rango	Año	µg/m ³	Rango
2005	47.00	15	2010	24.89	8	2015	19.46	3
2006	42.00	14	2011	15.34	1	2016	21.35	4
2007	34.85	12	2012	21.85	5	2017	19.35	2
2008	39.19	13	2013	23.24	6	2018	25.14	10
2009	31.21	11	2014	23.30	7	2019	25.08	9
Suma de Rangos: 65 Rango promedio:13 Mediana: 13			Suma de Rangos: 27 Rango promedio:5.4 Mediana: 6			Suma de Rangos: 28 Rango promedio:5.6 Mediana: 4		

Fuente: Elaboración propia

El estadístico de KRUSKAL – WALLIS se calcula con la siguiente fórmula

(Según libro de Probabilidad y estadística para ingenieros de Ronald Walpole y

Raymond H. Myers de la Editorial Interamericana México, D.F. 1984):

$$H = \frac{12}{N(N + 1)} \sum_j^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N + 1)$$

Dónde:

H = Coeficiente de KRUSKAL-WALLIS

N = Número total de datos de las tres divisiones= **15**

K = Número total de muestras independientes = **3**

j = Indicador variable de avance de K

R = Suma de rangos de cada columna = **(65, 27, 28)**

n = Número de datos de cada columna = **(5, 5, 5)**

Reemplazando los valores numéricos correspondientes de la tabla a la fórmula se

obtiene:

$$H = \frac{12}{15(15 + 1)} \sum_{1,3}^3 \frac{65^2}{5} + \frac{27^2}{5} + \frac{28^2}{5} - 3(15 + 1) = 9.38$$

Para calcular el H teórico o crítico se ingresa a la Tabla Chi Cuadrado con el nivel de significancia de **0,05** y con $k - 1 = 3 - 1 = 2$ grados de libertad se extrae: $\text{Chi}^2_{0,05} = 5.99$

Aplicando la fórmula: $H \text{ calculado} > H \text{ crítico}$ entonces se rechaza la hipótesis nula.

Como $H \text{ calculado} = 9.38$ es mayor que el $H \text{ crítico} = 5.99$, se concluye que las tres épocas de medición del NO_2 (tres columnas) son cualitativamente diferentes, y mutuamente independientes, pues carecen de correlación mutua de tipo Kruskal – Wallis, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

Si se aplica la prueba de Kruskal– Wallis, para el caso del contaminante SO_2 , el resultado es muy semejante al caso del NO_2 , como se puede apreciar en la siguiente tabla;

Tabla N.º 46. Concentraciones del SO_2 , agrupada en tres condiciones diferentes

Concentraciones antes del GNV y el GLP:2005/2009			Concentraciones después del GNV y el LP:2010/2014			Concentraciones más recientes: 2015/2019		
Año	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Rango	Año	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Rango	Año	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Rango
2005	32.00	11	2010	11.68	5	2015	7.76	1
2006	34.78	13	2011	7.85	2	2016	14.91	7
2007	37.55	15	2012	11.22	4	2017	22.07	9
2008	32.69	12	2013	12.83	6	2018	29.22	10
2009	21.43	8	2014	8.29	3	2019	36.92	14
Suma de Rangos: 59 Rango promedio: 11.8 Mediana: 12			Suma de Rangos: 20 Rango promedio: 4 Mediana: 4			Suma de Rangos: 41 Rango promedio: 8.2 Mediana: 9		

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el estadístico de KRUSKAL – WALLIS, de la misma manera como se hizo en el cálculo anterior para el contaminante NO_2 , y reemplazando datos se tiene:

$$H = \frac{12}{N(N + 1)} \sum_j^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N + 1)$$

$$H = \frac{12}{15(15 + 1)} \sum_{1.3}^3 \frac{59^2}{5} + \frac{20^2}{5} + \frac{41^2}{5} - 3(15 + 1) = 7.62$$

Se calcula el H teórico o crítico, entrando en la Tabla Chi Cuadrado con el nivel de significancia de **0,05** y con $k - 1 = 3 - 1 = 2$ grados de libertad se extrae: **Chi²_{0,05} = 5.99**

Aplicando la fórmula: cuando el H calculado > H crítico, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Como **H** calculado= **7.62** es mayor que el H crítico **H= 5.99**, entonces las tres épocas de medición del SO₂ (tres columnas) son cualitativamente diferentes, y mutuamente independientes, pues carecen de correlación mutua de tipo Kruskal – Wallis por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

Hay pues, gran semejanza en la forma como se presentan, estos dos contaminantes (NO₂, SO₂) provenientes del parque automotor. Ambos tienen tendencia semejante.

En cambio, los materiales particulados Pb, PM₁₀ y PM_{2.5}, son un grupo diferente, pues tienen, además de su origen automotor, la particularidad de estar prohibido el primero y además provenir de las fábricas de baterías y reciclaje de estas y los materiales particulados estar relacionados con la industria (cemento, sobre todo, las empresas dedicadas a la fundición de metales). Por ello está claro que no cabe darles el mismo tratamiento de tipo Kruskal – Wallis.

Estos particulados representan una alerta que debe llamar la atención porque al depender de una industria esencial unida al tráfico rodado y al no existir atenuantes como el GNV, GLP o GASHOLES a excepción de las fundiciones, deben ser corregidos por métodos diferentes. Con toda seguridad mediante la

modernización urgente de las industrias que los producen (Cemento, Metalurgia, Minerales de exportación, y mucho más).

4.2.3 Respecto a la Hipótesis Específica N°2:

Se evaluó la concordancia del juicio de los expertos mediante la prueba no paramétrica: Concordancia W de KENDALL, como primera medida se determinó las Hipótesis estadísticas:

H_0 = No existe concordancia entre el juicio de los expertos.

H_1 = Existe concordancia entre el juicio de los expertos.

En base a la Tabla de valores críticos del coeficiente de acuerdos W de Kendall, se calculó el valor W teórico o crítico:

K = N° de evaluadores= 3 jueces

N = N° de observaciones por cada parámetro =5

Nivel de confianza= 95%= 0.05

Valor del W crítico según tabla= 0.716

A continuación, se determinó el W calculado, mediante el software estadístico SPSS, pruebas no paramétricas: Concordancia W de KENDALL:

Tabla N°47. Pruebas W de KENDALL

Prueba W de Kendall

Rangos	
	Rango promedio
Cuál es la calificación NO2 año 2020?	1,83
Cual es la calificación NO2 año 2021?	1,83
Cuál es la calificación NO2 año 2022?	3,17
Cuál es la calificación NO2 año 2023?	5,00
Cuál es la calificación NO2 año 2024?	3,17

Estadísticos de prueba	
N	3
W de Kendall ^a	,884
Chi-cuadrado	10,609
gl	4
Sig. asin.	,031

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Prueba W de Kendall

Rangos	
	Rango promedio
Cuál es la calificación SO2 año 2020?	1,67
Cual es la calificación SO2 año 2021?	1,67
Cuál es la calificación SO2 año 2022?	3,00
Cuál es la calificación SO2 año 2023?	4,33
Cuál es la calificación SO2 año 2024?	4,33

Estadísticos de prueba	
N	3
W de Kendall ^a	,889
Chi-cuadrado	10,667
gl	4
Sig. asin.	,031

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Prueba W de Kendall

Rangos	
	Rango promedio
Cuál es la calificación PM2.5 año 2020?	1,00
Cual es la calificación PM2.5 año 2021?	3,17
Cuál es la calificación PM2.5 año 2022?	3,17
Cuál es la calificación PM2.5 año 2023?	4,67
Cuál es la calificación PM2.5 año 2024?	3,00

Estadísticos de prueba	
N	3
W de Kendall ^a	,804
Chi-cuadrado	9,647
gl	4
Sig. asin.	,047

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Prueba W de Kendall

Rangos	
	Rango promedio
Cuál es la calificación PM10 año 2020?	1,33
Cual es la calificación PM10 año 2021?	1,67
Cuál es la calificación PM10 año 2022?	3,00
Cuál es la calificación PM10 año 2023?	4,83
Cuál es la calificación PM10 año 2024?	4,17

Estadísticos de prueba	
N	3
W de Kendall ^a	,977
Chi-cuadrado	11,719
gl	4
Sig. asin.	,020

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Fuente: Elaboración propia

W calculado: NO2: 0,884; SO2: 0,889; PM2.5:0,804 y PM10: 0,977

Evaluación: Si el W calculado > W crítico, entonces se rechaza la Hipótesis nula.

Resultados: **NO₂**: 0,884>0,716; **SO₂**: 0,889>0,716; **PM_{2.5}**:0,804>0,716 y **PM₁₀**: 0,977>0,716

Por lo tanto, para cada caso se acepta la hipótesis alternativa es decir que existe concordancia entre el juicio de los expertos.

4.2.4 Respecto a la Hipótesis Específica N°3:

Para demostrar la VALIDEZ de esta afirmación se aplicó la prueba no paramétrica: Concordancia W de KENDALL, para las Hipótesis estadísticas:

Ho= No existe concordancia entre el juicio de los expertos.

H1= Existe concordancia entre el juicio de los expertos.

El valor W teórico o crítico:

K= N° de evaluadores= 3 jueces

N= N° de observaciones por cada parámetro =6

Nivel de confianza= 95%= 0,05

Valor del W crítico según tabla= 0,660

A continuación, se determinó el W calculado, mediante el software estadístico SPSS, pruebas no paramétricas: Concordancia W de KENDALL:

Tabla N°48. Pruebas de KENDALL

Rangos	
	Rango promedio
Cuál es la calificación para estándares?	3,00
Cual es la calificación instrumentación?	4,83
Cuál es la calificación planificación?	5,33
Cuál es la calificación aspectos?	2,00
Cuál es la calificación responsabilidad?	2,17
Cuál es la calificación involucramiento?	3,67

Estadísticos de prueba	
N	3
W de Kendall ^a	,578
Chi-cuadrado	8,673
gl	5
Sig. asin.	,123

a. Coeficiente de concordancia de Kendall

Fuente: Elaboración propia.

El valor del W calculado: 0,578

Evaluación: Si el W crítico > W calculado, entonces se acepta la Hipótesis nula.

Resultados: 0,660 > 0,578

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula es decir que no existe concordancia entre el juicio de los expertos en la evaluación realizada.

4.3 Presentación de resultados

- La Hipótesis General de esta tesis sugiere que se continúa usando combustibles fósiles líquidos (92.2%) mezclados con etanol (7.8%), lo cual ha permitido la mejora de su calidad para la utilización en los vehículos de la tecnología de fabricación EURO IV.
- La Hipótesis Específica N° 1 de esta Tesis, indica que respecto todos los contaminantes tienen resultados menores con el paso de los años, sin embargo: NO₂ y SO₂: cumplen normas nacionales e internacionales. PM10: los resultados son superiores a normas nacionales e internacionales y el PM2.5: los resultados cumplen con normas nacionales, pero son superiores a normas internacionales. La contaminación proveniente de los particulados, tienen como otra fuente de producción: al sector industrial, el cual requiere atención urgente y mayor control y exigencias por parte de las instituciones del Estado.
- La Hipótesis específica N° 2: La evaluación de la información indica que respecto todos los contaminantes tienen resultados menores con el paso de los años, sin embargo: NO₂, SO₂: cumplen con la normativa nacional e internacional. PM10: cumplen con la normativa nacional, pero son superiores a las normas internacionales. PM2.5: los resultados son superiores a la normativa nacional e internacional.

Los resultados requieren que se tomen soluciones más robustas para disminuir el riesgo en la salud de la población, dado que aun cumpliendo con las normas internacionales existe riesgo por la sensibilidad existente en algunas personas respecto a los particulados, ver el Anexo 3 “Guía de la Calidad del Aire sobre la contaminación por partículas”, por lo tanto, el riesgo aumenta cuando no se cumplen con los valores de la OMS/EPA (Guías de calidad del aire de la OMS/Agencia de Protección Ambiental de los EEUU.).

- La hipótesis específica N°3: Los Criterios de Decisión adoptados (Impacto, Factibilidad, Tiempo, Costo) juegan un papel muy importante para evaluar el rol del estado, la población y el sector transportes, para lograr la planificación del parque automotor, el involucramiento de la ciudadanía en la gestión de la calidad del aire y por último el tratamiento del sector transporte con las mismas exigencias del sector industrial y la creación de estándares de calidad de aire en los parques industriales.

De lo indicado anteriormente se concluye que el enfoque correcto para la solución de este problema múltiple es la planificación estratégica enmarcada dentro de una política pública, de cumplimiento por plazos y metas definidas.

CAPITULO 5. IMPACTOS

5.1. Propuesta para la solución del problema

- Exigir el cumplimiento de la normativa, tanto en la industria como en el sector transportes. Como es el caso de la fiscalización del programa de mantenimiento preventivo vehicular (Decreto Supremo N° 004-2017-MTC), y así como es importante contar con SOAT, cada línea de transporte debe presentar a su sector, el plan de mantenimiento preventivo y un informe del cumplimiento de este, por otro lado, los fiscalizadores o inspectores deben contar con equipos para medir opacidad

y/o los gases que se emiten por el tubo de escape. Y en caso de exceder los límites, no debe permitirse la circulación de dicha unidad, si esta acción se aplica para los vehículos del sector industrial (montacargas, grúas, payloader, etc.), cuanto más para los vehículos que circulan por la red vial que en número de unidades supera la flota pesada del sector industrial. Continuar con el retiro de unidades obsoletas.

- El estudio de Saturación realizado en el año 2011 se informó sobre el comportamiento y dispersión de los contaminantes por distrito, en Lima Metropolitana y el Callao, esta información requiere actualizarse como mínimo cada cinco años debido al incremento de la flota vehicular con la finalidad de tomar las acciones correctivas.
- Con respecto a la infraestructura de monitoreo de los contaminantes del aire se debe evaluar la condición actual de los centros de monitoreo de DIGESA y de SENAMHI. Además, se deben incrementar los puntos de monitoreo, en las avenidas principales de gran tránsito vehicular, para que la población ingrese a un software para identificar no solo las zonas de mayor tráfico y elegir aquella ruta menos congestionada que nos tomará menor tiempo para llegar a nuestro destino, sino también identificar las zonas más contaminadas y poder elegir la mejor alternativa en calidad de tiempo y de aire; lo cual debe difundirse como parte de la educación ambiental y como parte de la “Prevención a la exposición de niveles altos de contaminación”.
- En relación con la “Incorporación de tecnologías más limpias en las industrias”, se debe exigir a la industria la presentación de programas de tecnologías limpias, con un cronograma de ejecución, con la participación de entidades internacionales. Con respecto al sector transportes cambio de combustibles “limpios” (GNV/GLP) y con fuentes renovables y la introducción en el breve plazo de la electro movilidad.

- Es importante que cada distrito cuente con un programa de mantenimiento de áreas verdes y que incremente su número, en cada paradero, para lograr la “Ampliación de cobertura de áreas verdes” para purificar el aire y también para cumplir con los estándares de la Organización Mundial de la Salud.
- A continuación, se muestra otras acciones para disminuir la contaminación del aire producida por fuentes de origen automotor, que han sido adoptadas por otros países (BMZ, Transporte urbano y Eficiencia Energética):
 - a. Impedir la importación de vehículos usados en nuestro país, en el Decreto Supremo N° 012-2019-MTC, indica que la apertura del mercado para la adquisición de vehículos debe estar orientada a la adquisición de vehículos eficientes y cerrar el mercado al ingreso de vehículos usados.
 - b. Implementar sistemas de transporte masivos, como el Transmilenio en Bogotá que obtuvo la primera certificación de reducción de emisiones en el Mecanismo de Desarrollo Limpio por contribuir con la reducción de 511.423 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) entre los años 2006-2012.
 - c. Introducción de vehículos con sistemas híbridos (combinación de motores de combustión interna con eléctricos) o eléctricos puros.
 - d. Promover el uso de bicicletas, en lugar de autos de uso personal tomando como ejemplo a otros países; promoviendo además la creación de ciclo vías y de estaciones de alquiler de bicicletas entre distritos; El uso de bicicletas descongestionan las vías. Colombia, Méjico que cuentan con sistemas articulados de uso masivo de bicicletas que descongestionan las vías y contribuyen a la descarbonización del aire y por ende a la mejora de la salud de la población”. Esta acción está orientada al uso y la diversificación de otros

modos de transporte. Esta acción ha tenido mayor auge durante la pandemia: uso de bicicletas, motos, patinetas.

- e. Limitar la capacidad de estacionamiento en el centro de Lima o en horarios y en lugares de mayor congestión o de mayor circulación de autos.
- f. Restricción de circulación de autos en horas punta en las calles de mayor congestión vehicular casos: la Avenida Abancay, Javier Prado, etc.
- g. Desincentivación del uso del automóvil versus pago de impuestos para las entradas y salidas de vehículos particulares, por ejemplo, en el centro de Lima, las avenidas principales como Javier Prado, Avenida Abancay, etc., durante las horas punta.

Entre las acciones realizadas por otros países podemos encontrar las siguientes:

En el caso de Colombia han establecido el sistema 1 x 1 es decir que cuando adquieren un auto nuevo se debe chatarrear el vehículo usado pero esta política no ha dado buenos resultados por el ingenio que usa la población al mantener los vehículos usados en circulación.

En el caso de Méjico, según la Agencia EFE en la publicación del 16-05-16 “La compañía Uber invitó a sus clientes por segundo día consecutivo a utilizar su servicio “pool” (compartir vehículo para viajar a un destino cercano) para reducir la contaminación.

A continuación, se citan algunas de las metas de la industria automotriz que ayudarán a disminuir la contaminación ambiental:

En el informe de sustentabilidad de BMW GROUP, realizado por Helder BOAVIDA, CEO BMW del GROUP MEXICO, informa que en sus fábricas utiliza electricidad procedente de fuentes renovables para contar con una producción libre de CO₂. Este grupo produce vehículos cada vez menos

contaminantes y diversos como autos eléctricos, híbridos o propulsados por otros combustibles distintos a las gasolinas, pero también tratan de que sus instalaciones sean verdes, es decir el uso adecuado de la energía, agua, materiales más sostenibles y la eliminación de residuos.

General Motors se ha fijado la meta de emplear el 100% de energía renovable: solar, eólica y otras fuentes de cero emisiones en sus 350 plantas en 59 países, en el 2050.

5.2. Costos de implementación de la propuesta

De aprobarse una nueva normativa que mejore de la calidad del aire basado en las Guías de Calidad de Aire de la Organización Mundial de la Salud, su implementación requeriría inversiones no solo en el sector transportes sino también en el sector industrial cuyos costos no se han cuantificado por la cantidad de industrias a evaluar.

Dado que la implementación requiere presupuestos resultantes de una política pública. Este estudio no ha considerado pedir presupuestos que cuantifiquen el monto a invertir.

5.3. Beneficios que aporta la propuesta

- Mejorar la calidad del aire y por lo tanto la salud de la población.
- Que las personas atiendan sus necesidades de trabajo, salud, educación y otros dentro de sus propios distritos para eliminar los viajes innecesarios y reducir las emisiones por persona. Es decir, planificar las ciudades.
- Que el uso del transporte público y de la bicicleta son los medios más importantes para reducir las emisiones.

CONCLUSIONES

1. La evaluación de las concentraciones medias de los contaminantes durante los años 2005 al 2019, sugiere que el Perú continúa usando combustibles fósiles líquidos con calidad mejorada (Gasoholes) lo cual ha permitido el ingreso de vehículos de la tecnología EURO IV. Tecnología atrasada en relación con los países vecinos que requieren orientarse al establecimiento de la electro movilidad, es decir al uso de energías renovables.
2. Mientras dure la transición del uso de fuentes de energía no renovables a fuentes de energía renovables (2030) es importante la utilización de combustibles que cuenten con menor Índice de Nocividad de Combustibles (GNV/GLP). Además, se debe retirar de circulación los vehículos con 15 años de antigüedad, por sus tecnologías de fabricación antiguas, desde pre-Euro hasta Euro III, las cuales tienen menor eficiencia y consumen más combustibles generando mayor contaminación y afectación a la salud de la población.
3. Introducir programas sistemáticos de medición de la calidad del aire con instrumentación, estándares modernos de gestión, software y base datos sobre plataforma de internet publicados en lugares estratégicos y de mayor congestión con acciones de alerta, emergencia en tiempo real y de remediación con participación de la población.
4. Que el sector transportes asuma su responsabilidad social empresarial, que el Estado dicte normativas ambientales alineadas con las Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud.

RECOMENDACIONES

A las empresas industriales y del sector transportes: que gestionen sus aspectos e impactos ambientales y que implementen tecnologías limpias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACA, Guillermo, (2000) *Ingeniería económica*. Sexta edición. Bogotá. Fondo Educativo Panamericano.

CÓRDOVA ZAMORA Manuel, (1996) *Estadística Descriptiva e Inferencial: Teoría y Aplicaciones*. 2da. Edición, Editorial MOSHERA SRL, Lima, Perú

CORBITT, R., (2003) *Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental.*, Editorial McGraw Hill, Ciudad de México, México

Emissions Trends (Tendencias en las Emisiones de Contaminantes atmosféricos). (2017). *Environmental Protection Agency (EPA)*. Recuperado de <https://gispub.epa.gov/air/trendsreport/2017/>

Especificaciones Técnicas Biodiesel B100. (2019). *PETROPERU*. Recuperado de <https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/especificacionestecnicasdb5-s50-2019.pdf>

Especificaciones Técnicas Gasolina 84 Octanos. (2019). *PETROPERU*. Recuperado de <https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/especificacionestecnicasg84-2019.pdf>

Programa Nacional de vigilancia de Calidad del aire. (2000 al 2015). DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (*DIGESA*). Ministerio de Salud. Recuperado de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/aire_lc/lima_callao.asp

Estudio de saturación Lima Metropolitana y Callao, año 2011. Sistema Nacional de Información Ambiental (*SINIA*). Ministerio del Ambiente. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/estudio-saturacion-lima-metropolitana-callao-ano-2011>

Guías de calidad del aire de la OMS relativas al ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. (2012). ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). New York, EUA. Versión impresa

Guía de elaboración y usos de inventarios de emisiones. (2005). INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. México. Versión impresa

Guía de la calidad del aire sobre la contaminación por partículas. (2016). AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS. EPA-456/F-16-003

Estadística aplicada a las ciencias de la salud. Rafael Alvarez Cáceres. pp. 816-818.

El Método del Árbol de Causas Aplicado a la Investigación de Accidentes Laborales. (2012). INGENIARE, Universidad Libre-Barranquilla, Año 7, No. 13, pp. 69-82 •

ISSN: 1909-2458. Recuperado de

<file:///C:/Users/SYSTEM007/Documents/Downloads/Dialnet->

<ElMetodoDelArbolDeCausasAplicadoALaInvestigacionDe-6579696.pdf>

GUTIERREZ SISNIEGAS JORGE (2010) *La contaminación del aire por emisiones gaseosas y su regulación en el Perú*. Editora Universitaria. Lima, Perú

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, P. (2006) *Metodología de la investigación*. 4ta. edición. México. Editora. McGraw Hill

LARA FLORES ELVIRA *et al*, (2014) *Factores asociados a los niveles de plomo en sangre en residentes de la Ciudad de México*. Editado por Revista SALUD PUBLICA DE MEXICO, Volumen 31, N° 5

LAZARO, Moisés (2003) *Inferencia Estadística*. Editorial MOSHERA Lima, Perú.

MELGAREJO, G., *et al*. (2010). Salud pulmonar y contaminación ambiental en comerciantes de las ciudades de la Paz y el Alto. *BIOFARBO*, 18 (1). 42-53

Oportunidades de producción más limpia en el sector de servicio automotriz (2002).
ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Colombia.

Política Nacional de Salud Ambiental 2011 – 2020. (2011). *MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL PERU*, Perú. Recuperado de <http://www.minsa.gob.pe/webftp.asp?ruta=normaslegales/2011/RM258-2011-MINSA.pdf>

MITACC, MEZA MAXIMO (1990) *Tablas de Estadística* Editorial de la UNMSM, Lima Perú

MONTOYA-AGUILAR, Carlos. (2005). Antecedentes para una política gubernamental de energía que favorezca la salud, el ambiente, la economía y la soberanía nacional”, *Cuad Med Soc (Chile)*; 45: 81 – 92,

PUERTO ÁVILA, JULIO. (2014). Metodología para realizar inventarios de fuentes móviles de contaminación atmosférica en la ciudad de Cartagena. (Tesis de Grado, Universidad de Cartagena Colombia.)

REGUANT-ÁLVAREZ, M. Y TORRADO-FONSECA, M. (2016) El Método Delphi. 9(1). 87-102.

SANCHEZ JUAN, *et al* (2000) Efectos agudos de las partículas respirables y del dióxido de azufre sobre la salud respiratoria en niños del área industrial de Puchuncaví, Chile. Editado por la Revista Panamericana de Salud Pública/Pan Am J Public Health 6(6), N. Y. EUA

TÉLLEZ JAIRO, *et al* (2006) *Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental*. Editado por la Revista de Salud Pública de Colombia 8 (1): 108-117, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

JIA S, YAN G Y SHEN A. (2018). Traffic and Emissions impact of the combination scenarios of air pollution charging fee and subsidy. *Journal of Cleaner Production*, 197(1), 678-689

LUIS REYES ZAPATA (2008). Tesis: Uso del gas natural como combustible más limpio.

ANEXOS

ANEXO N° 01:

TABLA N° 49 Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad de Aire Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

LIMA CALLAO ANTECEDENTES

La DIGESA en el marco de sus funciones realiza la Vigilancia de la Calidad del Aire desde 1986, con monitoreos periódicos en la Estación de Monitoreo CONACO, ubicada en el Centro Histórico de Lima (Av. Abancay con Jr. Ancash). A partir de abril de 1999, se implementa el Programa de Vigilancia de la Calidad del Aire (PNVCA), a fin de evaluar permanentemente la contaminación atmosférica de la ciudad de Lima y Callao, a través de 5 estaciones fijas de monitoreo de calidad del aire:

1. LIMA CIUDAD: ESTACION CONACO
Dirección: Av. Abancay cruce con Jr Ancash –Cercado de Lima
2. CALLAO: Dirección de Salud I Callao (A partir del 22 de junio del 2007)
Dirección: Jr. Colina N° 879, Bellavista Callao.
3. LIMA NORTE: C.S. SANTA LUZMILA
Dirección: Guillermo La Fuente Cuadra 03 s/n - Comas
4. LIMA SUR: HOSPITAL MARIA AUXILIADORA
Dirección: Av Miguel Iglesias 968 - San Juan de Miraflores.
5. LIMA ESTE: HOSPITAL HIPÓLITO UNANUE
Dirección Av Cesar Vallejo 1390 – El Agustino

Adicionalmente, la DIGESA en cumplimiento del [D.S. N° 074-2001-S.A. "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad del Aire"](#) ha desarrollado Estudios de Línea Base en ciudades como Chimbote, Tacna, Iquitos, Cusco, La Oroya, con el fin de identificar zonas de riesgo e implementar planes de Vigilancia de la Calidad del Aire, además de realizar estudios puntuales en diversas ciudades del país, así como una serie de evaluaciones específicas en respuesta a denuncias de la población.

- [Análisis de resultados de los promedios mensuales de metales del año 2019 Lima - Callao](#)
- [Análisis de resultados de los promedios mensuales del año 2007 - 2019](#)
- [Análisis de resultados de los promedios anuales del año 2006](#)
- [Análisis de resultados de los promedios anuales por año 2000-2005](#)
- [Información en Tiempo Real de Calidad del Aire](#)



Dioxido de Azufre SO₂

ECA (Anual) : 80 ug/m³

ZONA	UBICACIÓN	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Callao	C.S. Perú Corea	19.81	13.25	N.R.	25.29	7.18	13.12
L. Sur	Hosp. Maria Auxiliadora	22.67	15.55	10.49	18.71	15.86	14.61
L. Norte	C.S. LAURA Rodríguez	24.88	27.35	20.98	18.18	N.R.	29.41
L.ESTE	Hosp.Hipólito Unanue	32.22	25.85	22.8	36.09	30.45	30.35
L.Ciudad	CONACO	126.75	75.83	N.R.	108.37	87.56	53.82

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)
2000 - 2006

ESTACIÓN E-5 LIMA CIUDAD

ZONA : Lima Ciudad
DIRECCIÓN : Av. Abancay cruce con Jr. Ancash
ESTACIÓN : CONACO

MESES	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ENERO	138,7	64,83	-	42,66	136,39	-	62,07
FEBRERO	154,01	61,92	-	71,47	113,52	69,53	57,39
MARZO	162,8	88,45	-	117,87	88,69	72,11	69,86
ABRIL	-	67,3	-	121,2	74,39	71,16	53,68
MAYO	-	83	-	119,61	79,14	12,68	63,93
JUNIO	153,1	81,89	-	102,27	65,85	54,19	44,73
JULIO	-	67,86	-	67,25	69,76	51,71	66,8
AGOSTO	-	119,15	-	74,3	61,46	64,09	51,47
SETIEMBRE	106,01	-	-	82,29	66,26	37,96	52,33
OCTUBRE	129,87	47,67	-	278,77	-	51,45	39,78
NOVIEMBRE	87,45	76,24	-	114,46	-	53,3	60,02
DICIEMBRE	82,08	-	-	128,87	-	61,48	-

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)
2000 - 2006

ESTACIÓN E-3 LIMA NORTE

ZONA : Lima Norte
DIRECCIÓN : Mz R Lote 30 Urb. El Pinar / Comas
ESTACIÓN : C.S. Laura Rodríguez Dulanto

MESES	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ENERO	-	27,01	32,93	17,92	-	19,19	-
FEBRERO	-	27,37	-	17,17	-	22,39	-
MARZO	-	-	17,6	-	-	25,38	-
ABRIL	27,82	37,66	-	-	-	33,37	21,53
MAYO	-	23,45	-	-	-	5,06	91,14
JUNIO	-	23,64	-	19,45	-	-	-
JULIO	-	18,6	11,44	-	46,13	29,14	80,44
AGOSTO	28,08	17,28	-	-	-	26,1	63,65
SETIEMBRE	28,37	15,43	13,12	-	-	74,68	-
OCTUBRE	25,15	13,57	14,59	-	-	-	-
NOVIEMBRE	32,24	22,72	-	-	-	-	-
DICIEMBRE	7,62	74,17	36,19	-	-	-	-

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)
2000 - 2006

ESTACIÓN E-2 LIMA SUR

ZONA : Lima Sur
DIRECCIÓN : Av. Miguel Iglesias 968 / San Juan de Miraflores
ESTACIÓN : Hospital María Auxiliadora

MESES	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ENERO	7,98	16,67	10,95	12,33	-	8,6	-
FEBRERO	-	-	-	16,95	-	14,94	-
MARZO	-	13,87	6,64	22,61	-	18,18	-
ABRIL	-	17,25	9,05	-	-	10,93	-
MAYO	-	18,15	7,11	24,51	-	-	-
JUNIO	-	26,31	-	17,17	-	11,93	25,75
JULIO	-	12,96	9,37	-	-	13,66	14,41
AGOSTO	-	10	-	-	9,67	-	19,25
SEPTIEMBRE	27,45	10,36	7,45	-	22,57	18,82	-
OCTUBRE	28,11	9,69	7,77	-	21,07	19,81	-
NOVIEMBRE	35,97	19,47	15,21	-	12,72	-	-
DICIEMBRE	13,84	16,34	20,9	-	13,29	-	-

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)
2000 - 2006

ESTACIÓN E-4 LIMA ESTE

ZONA : Lima Este
DIRECCIÓN : Av. Cesar Vallejo 1390 / El Agustino
ESTACIÓN : Hospital Hipólito Unanue

MESES	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ENERO	-	27,44	14,95	11,66	-	42,6	-
FEBRERO	-	25,25	-	17	-	35,79	-
MARZO	-	24,42	11,04	50,41	-	30,99	-
ABRIL	69,08	34,55	37,27	---	-	-	39,87
MAYO	-	33,72	37,33	71,65	-	-	39,28
JUNIO	-	31,44	-	29,73	-	-	28
JULIO	-	17,79	-	-	30,59	-	18,05
AGOSTO	19,28	23,57	-	-	28,67	18,68	19,05
SEPTIEMBRE	42,6	18,45	15,35	-	33,74	-	13,09
OCTUBRE	30,86	21,96	11,02	-	35,72	23,7	-
NOVIEMBRE	22,4	28,05	32,65	-	23,52	-	-
DICIEMBRE	10,1	23,51	22,76	-	-	-	-

DIOXIDO DE NITROGENO NO₂

ECA (Anual) : 100 ug/m³

ZONA	UBICACIÓN	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Callao	C.S. Perú Corea	42.81	21.89	N.R.	13.71	22.7	15.25
L. Sur	Hosp. Maria Auxiliadora	60.81	34.31	17.75	21.17	28.61	24.32
L. Norte	C.S. LAURA Rodriguez	107.87	29.88	24.59	22.09	N.R.	44.88
L.ESTE	Hosp.Hipólito Unanue	95.05	41.12	34.45	44.46	34.11	37.07
L.Ciudad	CONACO	254.94	75.95	N.R.	69.53	81.45	81.52

PARTICULAS < 2.5 micras PM_{2.5}

VR (Anual) : 15 ug/m³

ZONA	UBICACIÓN	2001	2002	2003	2004	2005
Callao	C.S. Perú Corea	25.44	N.R.	40.04	28.15	35.62
L. Sur	Hosp. Maria Auxiliadora	37.16	40.99	41	37.06	53.52
L. Norte	C.S. LAURA Rodriguez	60.74	49.13	53.27	65.45	74.57
L.ESTE	Hosp.Hipólito Unanue	43.67	36.25	47.6	54.83	46.77
L.Ciudad	CONACO	80.18	N.R.	89.31	83.64	86.61

PLOMO Pb

ECA (Anual) : 0.5 ug/m³

ZONA	UBICACIÓN	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Callao	C.S. Perú Corea	0.089	0.072		0.193	0.18	0.12
L. Sur	Hosp. Maria Auxiliadora	0.1	0.116	0.090	0.184	0.182	0.12
L. Norte	C.S. LAURA Rodriguez	0.29	0.279	0.192		0.213	0.31
L.ESTE	Hosp.Hipólito Unanue	0.187	0.17	0.186	0.242	0.208	0.14
L.Ciudad	CONACO	0.281	0.324		0.214	0.362	0.18

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2007 - ESTACIÓN CONACC

ZONA : Lima Cercado
 DIRECCIÓN : Intersección Av Abancay Cdra 02 y Jr. Ancash. (Cercado de Lima)
 ESTACIÓN : CONACO
 RESPONSABLE : Ing. Francisco Fuentes Paredes / Tec. Carlos Guillén Carrera.

MES	SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ENERO												
FEBRERO	50.42	54.49	89.63	s.m.	212.47	0.06	0.19	0.09	8.07	0.30	0.02	0.02
MARZO	45.41	61.15	90.36	s.m.	219.95	0.07	0.19	0.09	6.86	0.31	0.02	0.02
ABRIL	63.66	69.47	94.49	s.m.	257.15	0.10	0.23	0.14	8.67	0.47	0.03	0.02
MAYO	63.95	74.85	82.33	s.m.	258.35	0.13	0.26	0.13	5.33	0.50	0.02	0.02
JUNIO	72.57	84.32	135.50	s.m.	290.78	s.m.						
JULIO	70.55	100.78	101.24	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
AGOSTO	105.82	82.82	102.37	177.90	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
SEPTIEMBRE	117.35	80.15	89.18	138.98	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
OCTUBRE	93.17	65.30	99.60	121.51	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
NOVIEMBRE	81.39	57.54	s.m.	106.55	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
DICIEMBRE	62.72	68.83	72.37	93.52	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
PROMEDIO 2007	75.18	72.70	95.71	127.69	247.74	0.09	0.22	0.11	7.23	0.40	0.02	0.02

Fuente : DIGESA

s.m. = sin muestra

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2007 - ESTACIÓN HOSPITAL HIPÓLITO UNANUE

ZONA : DISA IV - Lima Este
 DIRECCIÓN : Av. Cesar Vallejo cuadra 13 - El Agustino
 ESTACIÓN : Hospital Hipólito Unanue
 RESPONSABLE : Qco. Inaudio Mauricio Girón.

MES	SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ENERO												
FEBRERO	11.79	11.61	n.s.r.	s.m.	157.50	0.08	0.14	0.08	7.64	0.20	0.01	0.01
MARZO	8.72	20.51	45.66	s.m.	173.05	0.14	0.13	0.10	6.71	0.33	0.01	0.01
ABRIL	35.28	33.56	61.46	s.m.	332.87	0.16	0.20	0.20	13.02	0.57	0.02	0.01
MAYO	29.67	34.34	76.65	s.m.	231.65	0.10	0.21	0.12	5.30	0.49	0.01	0.02
JUNIO	24.63	21.79	91.96	s.m.	268.71	0.11	0.33	0.08	3.58	0.56	0.04	0.01
JULIO	12.07	20.27	56.37	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
AGOSTO	15.47	17.28	45.77	103.56	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
SETIEMBRE	12.45	14.57	61.63	100.6	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
OCTUBRE	11.23	15.13	57.83	87.44	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
NOVIEMBRE	13.73	14.8	50.13	86.93	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
DICIEMBRE	10.96	22.46	49.79	76.37	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
PROMEDIO 2006	16.91	20.57	59.72	90.98	232.75	0.11	0.20	0.12	7.25	0.43	0.02	0.01

Fuente : DIGESA

s.m.=sin muestra

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2007 - HOSPITAL MARÍA AUXILIADORA/

ZONA : Lima Sur
 DIRECCIÓN : Av. Miguel Iglesias 968 - San Juan de Miraflores
 ESTACIÓN : Hospital María Auxiliadora
 RESPONSABLE : Ing. Alberto Milla Hernández.

MES	SO2 (µg/m3)	NO2 (µg/m3)	PM 2.5 (µg/m3)	PM 10 (µg/m3)	PTS (µg/m3)	Cu (µg/m3)	Pb (µg/m3)	Mn (µg/m3)	Fe (µg/m3)	Zn (µg/m3)	Cr (µg/m3)	Cd (µg/m3)
ENERO												
FEBRERO	17.79	26.18	81.48	s.m.	270.59	0.07	0.13	0.13	12.63	0.21	0.01	0.01
MARZO	9.99	21.98	75.18	s.m.	215.79	0.10	0.09	0.12	7.11	0.15	0.01	0.01
ABRIL	11.78	s.m.	75.03	s.m.	268.19	0.09	0.09	0.12	9.18	0.19	0.02	0.01
MAYO	18.40	s.m.	56.17	s.m.	260.13	0.13	0.18	0.10	5.02	0.27	0.02	0.01
JUNIO	22.80	22.86	63.56	s.m.	253.32	s.m.						
JULIO	9.80	25.60	57.70	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
AGOSTO	n.s.r	n.s.r	n.s.r	n.s.r	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
SEPTIEMBRE	n.s.r	n.s.r	n.s.r	n.s.r	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
OCTUBRE	61.32	21.00	60.34	74.82	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
NOVIEMBRE	42.43	3.55	37.79	82.76	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
DICIEMBRE	41.22	20.63	55.59	76.63	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
PROMEDIO 2007	26.17	20.26	62.54	s.m.	253.60	0.09	0.12	0.12	8.49	0.21	0.02	0.01

Fuente : DIGESA
 s.m. = sin muestra
 n.s.r. = no se reporto

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2007 - C.S. SANTA LUZMILA

ZONA : Lima Norte
 DIRECCIÓN : Guillermo La Fuente Cuadra 03 s/n - Comas
 ESTACIÓN : Centro de Salud Santa Luzmila
 RESPONSABLE : Ing. Elmer Alaga Rojas / Ing. Italo Inga Fuentes.

MES	SO2 (µg/m ³)	NO2 (µg/m ³)	PM 2.5 (µg/m ³)	PM 10 (µg/m ³)	PTS (µg/m ³)	Cu (µg/m ³)	Pb (µg/m ³)	Mn (µg/m ³)	Fe (µg/m ³)	Zn (µg/m ³)	Cr (µg/m ³)	Cd (µg/m ³)
ENERO												
FEBRERO	23.98	30.07	46.31	s.m.	220.61	0.08	0.21	0.17	12.71	0.58	0.01	0.01
MARZO	11.57	31.20	53.07	s.m.	214.48	0.08	0.22	0.14	7.89	0.39	0.01	0.01
ABRIL	23.72	30.66	58.61	s.m.	320.62	0.14	0.29	0.24	12.35	1.00	0.02	0.01
MAYO	25.37	46.16	72.92	s.m.	332.62	0.15	0.37	0.20	9.34	0.78	0.01	0.01
JUNIO	44.34	28.27	67.20	s.m.	311.60	0.12	0.43	0.13	4.97	0.82	0.03	0.01
JULIO	12.39	20.45	57.91	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
AGOSTO	13.47	23.93	67.36	99.24	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
SEPTIEMBRE	12.42	17.83	55.90	105.37	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
OCTUBRE	52.83	13.00	38.58	99.85	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
NOVIEMBRE	72.17	14.72	42.05	85.46	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
DICIEMBRE	58.90	28.13	41.97	81.48	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.	s.m.
PROMEDIO 2007	31.92	25.86	54.72	94.28	279.99	0.11	0.30	0.17	9.45	0.71	0.02	0.01

Fuente : DIGESA
 s.m. = sin muestra

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2008 - ESTACIÓN CONACO

ZONA : Lima Cercado
 DIRECCIÓN : Intersección Av Abancay Cdra 02 y Jr. Ancash. (Cercado de Lima)
 ESTACIÓN : CONACO
 RESPONSABLE : Ing. Francisco Fuentes Paredes / Tec. Carlos Guillén Carrera.

MES	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
ENERO	52.54	72.07	65.18	98.33
FEBRERO	52.36	81.68	54.25	100.33
MARZO	57.85	85.76	NSR	129.86
ABRIL	47.89	90.13	105.55	141.18
MAYO	47.05	73.52	95.44	169.50
JUNIO	37.23	77.75	65.38	126.86
JULIO	29.43	67.22	96.43	134.27
AGOSTO	20.50	86.61	62.28	134.19
SEPTIEMBRE	29.27	70.72	68.70	129.81
OCTUBRE	31.51	86.30	64.00	136.06
NOVIEMBRE	40.00	69.00	82.00	107.00
DICIEMBRE	24.00	15.30	80.60	100.00
PROMEDIO 2008	39.14	73.01	76.35	125.62

Fuente : DIGESA

Para el mes de mayo se han presentado concentraciones de PM10 superiores al ECA 24 hrs (150ug/m3) lo días 08,12,20,27 de mayo y fueron 158ug/m3, 229.79ug/m3, 183.22ug/m3 y 198.39 ug/m3 respectivamente Para el caso de PM 2.5 en el mes de mayo se superó el valor referencial para 24 hrs (65 ug/m3) el día 24 de mayo con 95.44 ug/m3.

Para el mes de julio se han presentado concentraciones de PM10 superiores al ECA 24 hrs (150ug/m3) los días 01 y 03 de julio y fueron 155.86ug/m3 y 155.63 ug/m3 respectivamente.

Para el caso de PM 2.5 en el mes de julio se superó el valor referencial para 24 hrs (65 ug/m3) el día 16 de julio con 96.43 ug/m3.

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2008 - ESTACIÓN HIPÓLITO UNANUE

ZONA : Lima Este
 DIRECCIÓN : Av. Cesar Vallejo cuadra 13 - El Agustino
 ESTACIÓN : Hospital Hipólito Unanue
 RESPONSABLE : Qco. Inaudio Mauricio Girón.

MES	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
ENERO	13.98	19.39	39.32	66.36
FEBRERO	18.14	31.00	45.81	84.99
MARZO	24.44	42.04	52.32	116.97
ABRIL	19.50	20.35	56.94	124.47
MAYO	14.88	40.97	135.19	181.45
JUNIO	18.27	35.94	NSR	256.94
JULIO	NSR	NSR	NSR	NSR
AGOSTO	NSR	NSR	NSR	NSR
SETIEMBRE	11.86	30.31	40.82	45.83
OCTUBRE	10.00	31.00	47.00	53.00
NOVIEMBRE	11.00	25.00	42.00	59.00
DICIEMBRE	10.00	34.10	40.30	93.00
PROMEDIO 2008	15.21	31.01	65.52	108.20

Fuente : DIGESA

Para el mes de mayo se han presentado concentraciones de PM10 superiores al ECA 24 hrs (150ug/m3) lo días 10,14,18,30 de mayo y fueron 150.72ug/m3, 301.39ug/m3, 155.56ug/m3 y 247.22ug/m3 respectivamente Para el caso de PM 2.5 en el mes de mayo se superó el valor referencial para 24 hrs (65 ug/m3) los días 15 y 27 de mayo con valores 91.67 ug/m3, 152.78 ug/m3 y 161.11 ug/m3

Para el mes de junio los valores de todos los contaminantes no cumplen con el 75% de la cantidad mínima de datos par ser considerados promedios mensuales

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2008 - HOSPITAL MARÍA AUXILIADORA

ZONA : Lima Sur
 DIRECCION : Av. Miguel Iglesias 968 - San Juan de Miraflores
 ESTACIÓN : Hospital María Auxiliadora
 RESPONSABLE : Ing. Alberto Milla Hernández.

MES	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ENERO	93.83	10.6	80.96	82.34
FEBRERO	106.11	16.45	80.74	84.38
MARZO	75.75	16.34	76.44	114.86
ABRIL	70.75	21.46	72.99	144.33
MAYO	56.01	30.44	60.44	150.47
JUNIO	48.19	16.28	37.93	155.81
JULIO	58.02	9.62	46.18	87.32
AGOSTO	11.15	NSR	48.00	84.44
SEPTIEMBRE	18.67	NSR	75.92	62.78
OCTUBRE	53.79	17.44	42.36	109.36
NOVIEMBRE	68.00	13.00	54.00	100.00
DICIEMBRE	50.90	s.m.	35.90	88.90
PROMEDIO 2008	59	17	59	105

Fuente : DIGESA

Para el mes de mayo se han presentado concentraciones de PM10 superiores al ECA 24 hrs (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) lo días 1 y 10 de mayo y fueron 165.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 215.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

Para el caso de PM 2.5 en el mes de mayo se superó el valor referencial para 24 hrs (65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) los días 7, 8 de mayo con valores 72.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 95.60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para el mes de junio los valores de todos los contaminantes no cumplen con el 75% de la cantidad mínima de datos par ser considerados promedios mensuales

NSR: No se reportó

Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire

Hacer Click en el recuadro del contaminante para visualizar el gráfico

CONCENTRACIÓN MENSUAL DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DURANTE EL 2008 - C.S. SANTA LUZMILA

ZONA : Lima Norte
 DIRECCIÓN : Guillermo La Fuente Cuadra 03 s/n - Comas
 ESTACIÓN : Centro de Salud Santa Luzmila
 RESPONSABLE : Ing. Elmer Aliaga Rojas / Ing. Italo Inga Fuentes.

MES	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ENERO	9.69	13.93	27.74	NSR
FEBRERO	8.63	17.12	NSR	NSR
MARZO	16.09	19.55	42.24	104.72
ABRIL	76.33	41.67	68.76	137.23
MAYO	16.21	26.09	68.16	126.31
JUNIO	12.94	28.83	48.57	120.54
JULIO	13.93	29.91	62.05	94.45
AGOSTO	8.83	38.95	56.37	96.14
SEPTIEMBRE	9.13	42.98	50.99	87.68
OCTUBRE	8.82	56.62	43.42	95.34
NOVIEMBRE	15.00	60.00	43.00	92.00
DICIEMBRE	13.40	53.20	49.40	80.50
PROMEDIO 2008	17.42	35.74	50.97	103.49

Fuente : DIGESA

Para el mes de mayo se han presentado concentraciones de PM10 superiores al ECA 24 hrs (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) lo días 2 y 10 de mayo y fueron 175.95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 184.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

Para el caso de PM 2.5 en el mes de mayo se superó el valor referencial para 24 hrs (65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) los días 23 de mayo con valores 100.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 72.98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para el mes de junio los valores de todos los contaminantes no cumplen con el 75% de la cantidad mínima de datos par ser considerados promedios mensuales

NSR: No se reportó

Nota: De esta misma manera se procede a la obtención de datos de los años siguientes.

Tabla N°50. NORMAS NACIONALES ESTANDARES DE CALIDAD DE AIRE

PARÁMETRO	PERIODO	VALOR µg/m ³	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	MÉTODO DE ANÁLISIS
Dióxido de Nitrógeno (NO₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Dióxido de Azufre (SO₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM 10 (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM 2.5)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercia/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM 10)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercia/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
NE: No exceder				

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM

ANEXO N° 02:
FICHA DE REGISTRO DE LAS GUIAS DE CALIDAD DE AIRE DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) Y DE LA AGENCIA DE APROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA) PARA LOS CONTAMINANTES DEL AIRE

Tabla N° 51. Guías de calidad del aire de la OMS

Material Particulado:

Guías MP2,5: 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual
 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media de 24 horas

MP10: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual
 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media de 24 horas

Dióxido De Nitrógeno

Guías NO₂: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual
 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media anual

Dióxido de azufre

Guías SO₂: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media de 24 horas
 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, media de 10 minutos

Guías de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el material particulado: concentraciones medias anuales^a

	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fundamento del nivel elegido
Objetivo inter-medio-1 (OI-1)	70	35	Estos niveles están asociados con un riesgo de mortalidad a largo plazo alrededor de un 15% mayor que con el nivel de las GCA.
Objetivo inter-medio-2 (OI-2)	50	25	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad prematura en un 6% aproximadamente [2-11%] en comparación con el nivel del OI-1.
Objetivo inter-medio-3 (OI-3)	30	15	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad en un 6% [2-11%] aproximadamente en comparación con el nivel del OI-2.
Guía de calidad del aire (GCA)	20	10	Estos son los niveles más bajos con los cuales se ha demostrado, con más del 95% de confianza, que la mortalidad total, cardiopulmonar y por cáncer de pulmón, aumenta en respuesta a la exposición prolongada al MP _{2,5} .

Tabla N.º 52. NAAQS para los seis principales contaminantes.

Pollutant	Type	Standard	Averaging Time	Form	Regulatory Citation
Sulfur dioxide (SO₂)	Primary	75 ppb	1 – hour	99th percentile of 1-hour daily maximum concentrations, averaged over 3 years	40 C.F.R. 50. 17a
	Secondary	0.5 ppm (1,300 µg/m ³)	3 - hour	Not to be exceeded more than once per year	40 C.F.R. 50. 5a
Particulate matter (PM₁₀)	Primary and secondary)	150 µg/m ³	24-hour	Not to be exceeded more than once per year on average over 3 years	40 C.F.R. 50. 6 a
Fine particulate matter (PM_{2.5})	Primary	12 µg/m ³	Annual	Annual mean, averaged over 3 years	40 C.F.R. 50. 18 a
	Secondary	15 µg/m ³	Annual	Annual mean, averaged over 3 years	40 C.F.R. 50. 7 a
	Primary and secondary	35 µg/m ³	24-hour	Annual mean, averaged over 3 years	40 C.F.R. 50. 18 a
Carbon monoxide (CO)	Primary	35 ppm (40mg/m ³)	1-hour	Not to be exceeded more than once per year	40 C.F.R. 50.8a(2)
	Primary	9 ppm (10 mg/m ³)	8-hour	Not to be exceeded more than once per year	40 C.F.R. 50.8a(1)
Ozone (O₃)	Primary and secondary	0.12ppm (235 mg/m ³)	1-hour	Expected number of days per calendar year, with maximum hourly average concentration greater than 0.12 ppm, is equal to or less than 1	40 C.F.R. 50. 9 a
	Primary and secondary	0.070 ppm (140 mg/m ³)	8-hour	Annual fourth-highest daily maximum 8-hour concentration, averaged over 3 years	40 C.F.R. 50. 19 a
Nitrogen dioxide (NO₂)	Primary and secondary	0.053 ppm (100 µg/m ³)	Annual	Annual mean	40 C.F.R. 50.11 ab
Lead (Pb)	Primary and Secondary	0.15 µg/m ³	Rolling 3 months	Not to be exceeded	40 C.F.R. 50. 12 a
a) Each standard has its own criteria for how many times it may be exceeded b) As of June 15,2005, the 1-hour ozone standard no longer applies to areas designated with respect to the 8-hour ozone standard (which includes most of the United States, except for portions of 10 states)					

Fuente: USEPA, 2016

ANEXO N.º 03:

Tabla N.º 53. Guía de la calidad del aire sobre la contaminación por partículas

Índice de la calidad del aire	¿Quién se debe preocupar?	¿Qué debo hacer?
Buena (0-50)	¡Es un día excelente para realizar actividades al aire libre!	
Insalubre para grupos sensibles (51-100)	Personas que podrían ser excepcionalmente sensibles a la contaminación por partículas	<p>Personas excepcionalmente sensibles: Contemplar reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso al aire libre. Prestar atención a la aparición de síntomas como tos o dificultad para respirar. Esto indica que se debe reducir el esfuerzo.</p> <p>Para el resto de las personas: ¡Es un buen día para realizar actividades al aire libre!</p>
Insalubre para grupos sensibles (101-150)	Los grupos sensibles comprenden a personas con cardiopatías o enfermedades pulmonares, adultos mayores, niños y adolescentes.	<p>Grupo sensibles: Reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Está bien realizar actividades al aire libre, pero descansa a menudo y realice actividades menos intensas. Prestar atención a la aparición de síntomas como tos o dificultad para respirar.</p> <p>Las personas asmáticas deben seguir sus planes de acción y tener a mano medicamentos de acción rápida.</p> <p>Si padece de una cardiopatía: Síntomas como palpitaciones, dificultad para respirar o fatiga inusual pueden indicar un problema grave. Si sufre cualquiera de estos síntomas, comuníquese con su proveedor médico.</p>
Insalubre (151-200)	Todos	<p>Grupos sensibles: Evitar actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Tener en cuenta la posibilidad de realizar las actividades adentro o reprogramarlas.</p> <p>Para el resto de las personas: Reducir las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Descansar a menudo durante las actividades al aire libre.</p>
Muy insalubre (201-300)	Todos	<p>Grupos sensibles: Evitar todas las actividades físicas al aire libre. Trasladar las actividades al interior o reprogramarlas para cuando la calidad del aire sea mejor.</p> <p>Para el resto de las personas: Evitar las actividades que requieran esfuerzo prolongado o intenso. Contemplar trasladar las actividades al interior o reprogramarlas a un horario en el que la calidad del aire sea mejor.</p>
Peligrosa (301-500)	Todos	<p>Todos: Evitar todas las actividades físicas al aire libre.</p> <p>Grupos sensibles: Permanecer adentro y mantener un nivel de actividad bajo. Seguir las sugerencias para mantener bajo los niveles de partículas en ambientes cerrados.</p>

Fuente: Agencia de Promoción ambiental de los Estados Unidos, 2016

ANEXO N° 04

Tabla N.º 54. Especificaciones técnicas de Combustible: Gasolina 84 Octanos

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.		 PETROPERÚ		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ				
CLASE DE PRODUCTO COMBUSTIBLE		Fecha efectiva Enero 2019		
TIPO DE PRODUCTO GASOLINA USO MOTOR		Reemplaza edición de: Enero 2014		
NOMBRE DE PRODUCTO GASOLINA 84 OCTANOS				
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO	
	MIN.	MÁX.	ASTM	OTROS
APARIENCIA	Transparente			Visual
Color comercial	Amarillo (b)			Visual
VOLATILIDAD				
Gravedad API a 60°F	Reportar		D-155, D-4052	IP-160, IP-306
Destilación, a 760 mm Hg, °C			D-85, D-7036, D-7345	IP-123
Punto inicial de ebullición	Reportar			
5 %V recuperado	Reportar			
10 %V recuperado	70			
20 %V recuperado	Reportar			
50 %V recuperado	140			
90 %V recuperado	200			
95 %V recuperado	Reportar			
Punto final de ebullición	221			
Recuperado, %V	96.0			
Residuo, %V	2.0			
Pérdida, %V	Reportar			
Relación vapor/líquido = 20, °C	56 (c)		D-5166, D-4814	
Presión de vapor, kPa (psi)	69 (10)		D-323, D-4853, D-5191, D-5482, D6376	IP-69, IP-364
CORROSIVIDAD				
Corrosión lámina de cobre, 3h, 50°C, N°	1		D-130	IP-154
Azufre total, % masa	0.1		D-2622, D-4294, D-5453	IP-107, IP-306
ANTIDETONANCIA				
Número de octano Research	84.0		D-2699	
ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN				
Periodo de inducción, minutos	240		D-525	IP-40
CONTAMINANTES				
Gomas lavadas, mg/100mL	5.0		D-381	IP-131
Plomo, g/L	0.013		D-3237, D-5059	IP-426
OBSERVACIONES:				
(a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana vigente y con los ensayos del estándar ASTM D-4814				
(b) Uso de colorante con fines de identificación. La Gasolina 84 Octanos de la Refinería Selva es Anaranjada				
(c) Si no se dispone del equipo, calcular mediante el Apéndice X2 del ASTM D-4814				
NOTA: A la Gasolina 84 Octanos se le añade 7.8% en volumen de Alcohol Carbonílico, en las Plantas de Ventas de destino, de conformidad al cronograma establecido en el D.S. 021-2007-EM y modificatorias, dando como resultado el Gasolol 84 Plus.				

Fuente: Petroperú, 2019

Tabla N.º 55. Especificaciones técnicas de Combustible: Biodiesel

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.



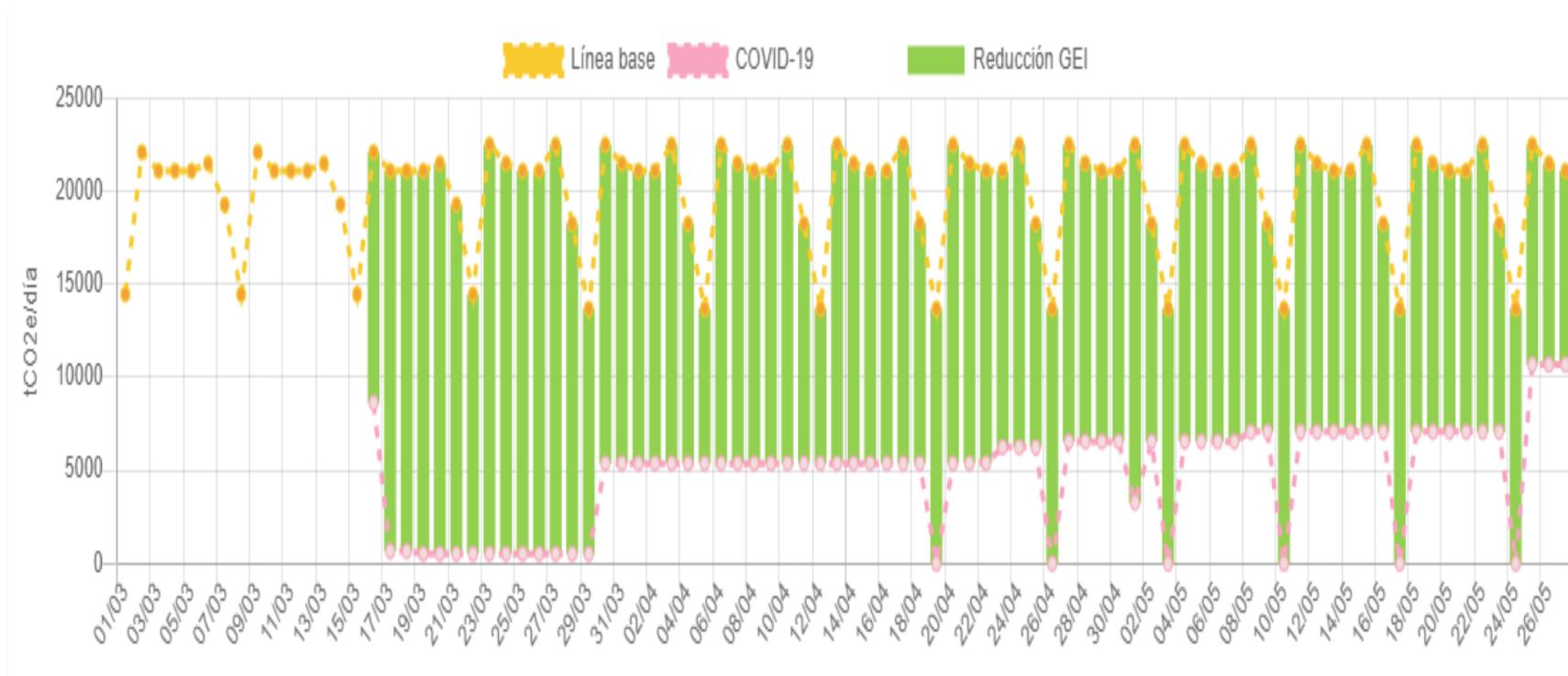
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO		COMBUSTIBLE		Fecha efectiva:		Enero 2019	
TIPO DE PRODUCTO		DESTILADO MEDIO + 5% BIODIESEL B100		Reemplaza edición de:		Junio 2015	
NOMBRE DE PRODUCTO		DIESEL B5					
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO				
	MÍN.	MAX.	ASTM		OTROS		
APARIENCIA	Clara, brillante, libre de agua y partículas en suspensión		D-4176		Visual		
Color ASTM	3.0		D1500, D6045				
VOLATILIDAD							
Gravidad API a 60 °F	Reportar		D1298, D4002				
Destilación, °C (a 760 mmHg)			D66, D2897, D7344, D7345		ISO 3405		
Punto inicial de ebullición	Reportar						
5 %V recuperado	Reportar						
10 %V recuperado	Reportar						
20 %V recuperado	Reportar						
50 %V recuperado	Reportar						
90 %V recuperado	262	360					
95 %V recuperado	Reportar						
Punto final de ebullición	Reportar						
Punto de inflamación, °C	52		D66, D3626, D7094		ISO 2719		
FLUIDEZ							
Viscosidad cinemática a 40°C, cSt	1.7	4.1	D445		ISO 3104		
Punto de escurecimiento, °C (b)	+4		D67, D5648, D5650		ISO 3015		
COMBUSTIÓN							
Número de cetano (c)	45		D613		ISO 5165		
Índice de cetano (d)	40		D4737		ISO 4264		
COMPOSICIÓN							
Cenizas, % masa	0.01		D482		ISO 6245		
Residuo de carbón, 10% residuo destilación, %masa	0.35		D4530, D169, D524		ISO 6615		
CORROSIVIDAD							
Corrosión lámina de cobre, 3h, 50°C, N°	3		D130		ISO 2160		
Azufre total, % masa	0.50		D2622, D4294		ISO 14586, ISO 4280		
CONTAMINANTES							
Agua y sedimentos, %V	0.05		D2709				
ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN							
Estabilidad a la oxidación, mg/100ml	Reportar		D-2274, D-7545				
OBSERVACIONES:							
[a] De conformidad con el D.S. 041-2016-EM, Oficio N° 337-2008 MEM/DGH, OS 021-2007 EM y R.M. N° 165-2006-MEM/DGM							
[b] Cuando el cliente lo requiera, se determinará el Punto de Nube por el método ASTM D-2500							
[c] De no contar con el equipo del método ASTM D-613 (Número de Cetano), se calculará el Índice de Cetano con el método ASTM D-4737							
[d] El Método de Ensayo D-976, se usará únicamente para combustibles Diesel de rango de N° Cetano entre 56.5 a 80.0.							
NOTA: El Diesel B5 contiene 5% en volumen de Biodiesel (B100), de conformidad con el D.S. 021-2007-EM							

Fuente: Petroperú, 2015

ANEXO N° 05

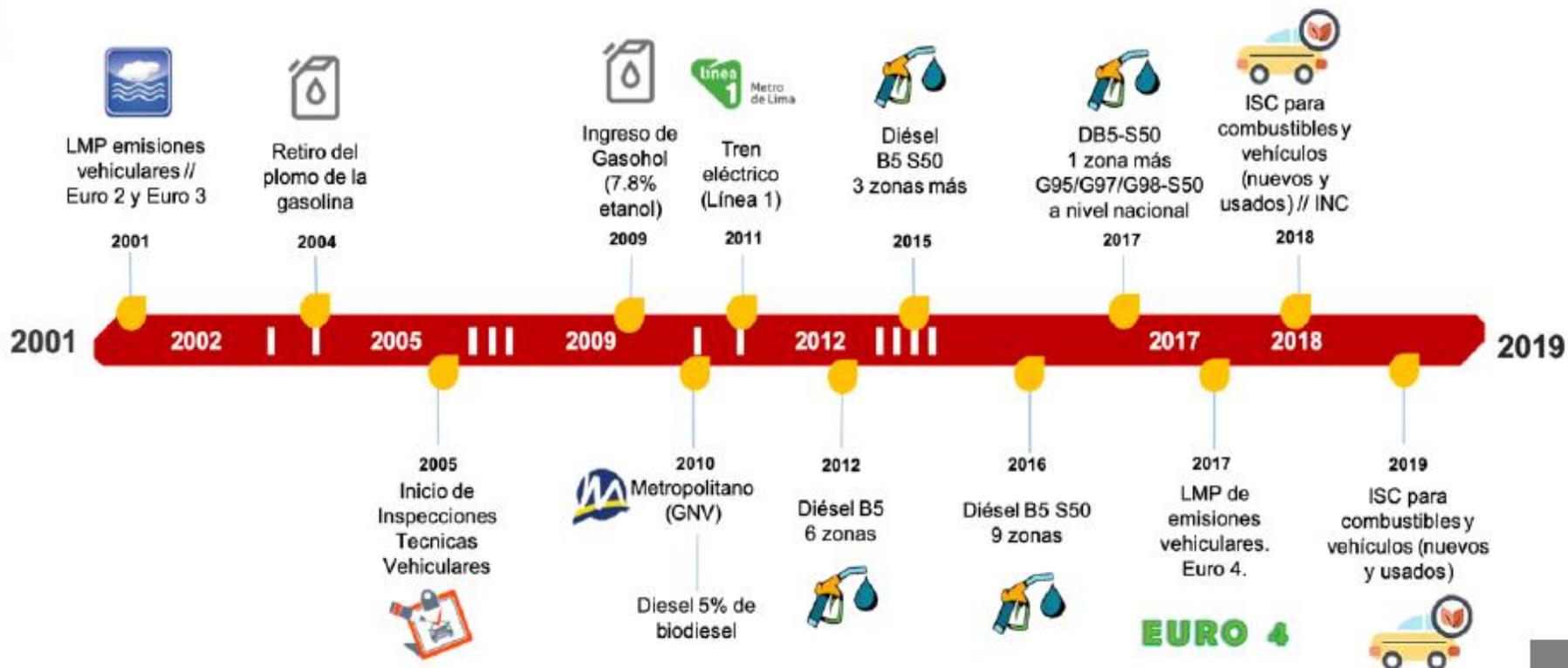
Gráfico N°8 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Lima Metropolitana y Callao



Fuente: Consultora ALWA Ingeniería Sostenible

Nota: La Consultora ALWA Ingeniería Sostenible, concluye “Esto equivale a haber dejado de usar más de 104 millones de galones de DB5 en un auto promedio: 104,338,695 galones de Diésel DB5 acumulado al 27/05/2020.”.

Gráfico N°9 Línea de Tiempo de las medidas implementadas vinculadas a la calidad del aire, desde el año 2001 hasta la actualidad



<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-gestion-calidad-ambiental-aire-lima-callao>

Gráfico N° 10 Efectos de los contaminantes del aire en la Salud

