

***COMISIÓN MULTISECTORIAL PARA LA GESTIÓN DE LA INICIATIVA DEL AIRE LIMPIO
PARA LIMA Y CALLAO***

**AVANCE: PLAN DE ACCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
CALIDAD DEL AIRE DE LIMA-CALLAO**

***DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL
AIRE DE LIMA Y CALLAO***

2019

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	3
II.	MARCO NORMATIVO	4
III.	CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL	7
3.1.	Medio Físico	7
3.1.1.	Clima	7
3.1.2.	Meteorología	7
3.1.3.	Cuenca Atmosférica de Lima-Callao	22
3.2.	Medio Socioeconómico	25
3.2.1.	Variables Demográficas:	27
3.2.2.	Estadísticas referentes al transporte y movilidad urbana:	35
3.2.3.	Sector industrial en el ámbito de Lima y Callao:	41
IV.	INVENTARIO DE EMISIONES	43
4.1.	Modelización de Inventario de Emisiones	43
4.2.	Resultados del Inventario de Emisiones	45
4.3.	Desarrollo de escenarios proyectados:	51
4.4.	Resultados Totalizados	55
4.5.	Mediciones de Emisiones Vehiculares	57
V.	ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE	61
VI.	LINEA BASE EPIDEMIOLOGICA	92
VII.	LINEA DE TIEMPO DE MEDIDAS IMPLEMENTADAS VINCULADAS A LA CALIDAD DEL AIRE	94
VIII.	CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO	95

I. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Lima-Callao es una conurbación que alberga una población del orden de 10 millones de habitantes, lo que representa aproximadamente la tercera parte de la población total del Perú. Durante los últimos años, la ciudad, al igual que el resto del país, ha experimentado importantes transformaciones económicas, sociales e institucionales interrelacionadas a la gestión ambiental, incluyendo la referida a la calidad del aire.

Al respecto, es importante recordar que Lima-Callao ha sido definida como una Zona de Atención Prioritaria (ZAP)¹ en materia gestión de la calidad del aire desde el año 2001, mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. Posteriormente su vigencia como ZAP fue ratificada a través de la cuarta disposición complementaria final del Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

El Plan de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de Lima-Callao 2019-2023 tiene como finalidad proponer mecanismos concretos y efectivos para la mejora de la calidad del aire de Lima y Callao, planteando acciones bajo el principio de objetivos compartidos y roles diferenciados. Por tanto, el presente documento “Diagnóstico de la gestión de la calidad del aire de Lima-Callao” establecerá la línea base para entender la problemática de la calidad del aire de la ciudad así como orientará la toma de decisiones hacia la formulación de las estrategias de intervención del mencionado Plan.

¹ De conformidad con lo establecido en la cuarta disposición complementaria final del Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, las Zonas de Atención Prioritaria (ZAP) son aquellos centros poblados que cuenten con actividades económicas que planteen real o potencial afectación en la calidad del aire, que posean actividad vehicular ambientalmente relevante, o que cuenten con una dinámica urbana que implique un potencial incremento de emisiones atmosféricas.

II. MARCO NORMATIVO

Tal como indica la OCDE y la CEPAL², el marco normativo peruano para la gestión de la calidad ambiental del aire se puede considerar integral debido a que involucra Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Límites Máximos Permisibles (LMP) y otros instrumentos, como los planes de acción, para la mejora de la calidad ambiental.

Referente a los estándares de calidad ambiental, en el año 2017, se promulgó el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM con la finalidad de actualizar y unificar la normativa dispersa en materia de ECA para Aire. A través de esta norma legal, se establecieron los ECA para Aire para diez (10) parámetros que se listan en el cuadro a continuación:

Cuadro 1: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire

PARÁMETROS	PERIODO	VALOR [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
Benceno (C_6H_6)	Anual	2	Medida aritmética anual
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año
	Anual	100	Media aritmética anual
Material particulado menor a 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año
	Anual	25	Media aritmética anual
Material particulado menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	NE más de 7 veces al año
	Anual	50	Media aritmética anual
Mercurio Gaseoso Total (MGT)	24 horas	2	No exceder
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30 000	NE más de 1 veces al año
	8 horas	10 000	Media aritmética móvil
Ozono (O_3)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año
Plomo en PM_{10}	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	24 horas	150	Media aritmética

N.E.: No exceder

Fuente: Ministerio del Ambiente (2017)

² OCDE y CEPAL (2016). Evaluación del desempeño ambiental del Perú - Aspectos destacados y recomendaciones. Naciones Unidas/OCDE

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Otro aspecto clave de la gestión ambiental, además del establecimiento de los ECA para Aire y su consecuente medición en diversas zonas priorizadas en el país, es la regulación vinculada a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecido para las fuentes de emisiones atmosféricas. En el siguiente cuadro, se puede apreciar un resumen de los principales instrumentos normativos referidos a LMP.

Cuadro 2: Límites Máximos Permisibles (LMP) para Emisiones Atmosféricas

INSTRUMENTO NORMATIVO	ACTIVIDADES RELACIONADAS
Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM	Unidades Minero-Metalúrgicas.
Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE	Industrias manufactureras de producción de cemento (hornos).
Decreto Supremo N° 011-2009-MINAM	Industria de harina y aceite de pescado y de harina de recursos hidrobiológicos.
Decreto Supremo N° 014-2010-MINAM	Explotación, procesamiento y refinación de petróleo del Sub Sector Hidrocarburos.
Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM	Vehículos automotores en circulación, vehículos automotores nuevos a ser importados o ensamblados en el país y vehículos automotores usados importados

Fuente: Indicada en la columna "Instrumento normativo".

Asimismo, se han desarrollado diversos proyectos de normativa legal para resguardar la calidad del aire a nivel nacional, teniendo en cuenta la problemática actual del Perú. Por ello, el siguiente cuadro incluye un resumen de diferentes lineamientos, protocolos, directivas, reglamentos, entre otros que se relacionan directamente con la calidad del aire.

Cuadro 3: Otros instrumentos normativos en materia de calidad del aire y emisiones atmosféricas

INSTRUMENTO NORMATIVO	DESCRIPCIÓN
Relativo a los ECA para Aire	
Decreto Supremo N° 009-2003-SA	Aprueban el Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire.
Decreto Supremo N° 012-2005-SA	Modifican Reglamento de los Niveles, de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

INSTRUMENTO NORMATIVO	DESCRIPCIÓN
Calidad de combustibles	
Decreto Supremo N° 061-2009-EM	Establecen criterios para determinar zonas geográficas en que se podrá autorizar la comercialización de combustible diésel con un contenido de azufre máximo de 50 ppm.
Decreto Supremo N° 009-2015-MINAM	Establece la obligatoriedad de comercialización y uso de Diésel con un contenido de azufre no mayor a 50 ppm en Junín, Tacna y Moquegua.
Decreto Supremo N° 038-2016-EM	Establece la obligatoriedad de comercialización y uso de Diésel con un contenido de azufre no mayor a 50 ppm en Ancash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Huancavelica, Ica, Lambayeque y Pisco.
Decreto Supremo N° 025-2017-EM	Establece la obligatoriedad de comercialización y uso de Diésel con un contenido de azufre no mayor a 50 ppm en La Libertad. Asimismo, establece la obligatoriedad de comercialización y uso de gasolinas y gasoholes de alto octanaje (RON 95/97/98) con un contenido de azufre no mayor a 50 ppm, a nivel nacional.
Decreto Supremo N° 003-2018-MINAM	Aprueba los Índices de Nocividad de Combustibles (INC) para el período 2018-2019, tomando como base de referencia el combustible más limpio disponible en el país (gas natural).
Decreto Supremo N° 094-2018-EF	Modifica los Impuestos Selectivos al Consumo (ISC) de combustibles. Estos nuevos ISC para combustibles, incorporando de mejor manera el criterio ambiental y el principio contaminador-pagador, ya que los combustibles más limpios tienen un menor ISC.
Decreto Supremo N° 095-2018-EF	Modifica los Impuestos Selectivos al Consumo (ISC) de los vehículos que se incorporan al parque automotor nacional. El aspecto más resaltante es que los automóviles nuevos a gas, híbridos y eléctricos cuentan ya con un ISC de 0%.
Decreto Supremo N° 181-2019-EF	Actualizan los Impuestos Selectivos al Consumo (ISC) de los vehículos que se incorporan al parque automotor nacional. El aspecto más resaltante es que se uniformizará el ISC de 40% a todo vehículo antiguo. Asimismo, el % de ISC para vehículos y motocicletas nuevas estará en función al tamaño de la cilindrada de los referidos.

Fuente: Indicada en la columna "Instrumento normativo".

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

En lo que respecta al plan de acción para la mejora de la calidad del aire de la ciudad de Lima y Callao, la formulación inició en 1998, año en el cual mediante la Resolución Suprema N° 768-98-PCM (posteriormente modificada por las Resoluciones Supremas N° 588-99-PCM y N° 007-2004-VIVIENDA) se creó el Comité de Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao.

Mediante Decreto de Consejo Directivo N° 016-2006-CONAM/CD, se aprobó el Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima y Callao (PISA 2005-2010), también llamado PISA I. Posteriormente, fruto del trabajo del referido comité se formularon los PISA II y III con la finalidad de proponer mecanismos de coordinación interinstitucional y los cambios normativos orientados a la mejora de la calidad del aire de Lima y Callao, planteándose acciones para el fortalecimiento institucional, mejoramiento de los sistemas de información y la generación de conciencia en la población involucrada, bajo el principio de objetivos compartidos y roles diferenciados.

Con la finalidad de enmarcarse dentro de lo dispuesto en el numeral 3 del artículo 36 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, mediante la primera disposición complementaria modificatoria del Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, se dispuso la adecuación del Comité de Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao a Comisión Multisectorial de naturaleza permanente adscrita al Ministerio del Ambiente.

El citado decreto supremo, en su quinta disposición complementaria final, establece que los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de las provincias conurbadas de Lima y el Callao, deberán ser formulados por la Comisión Multisectorial de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima y Callao, y aprobados por el Ministerio del Ambiente.

III. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

3.1. Medio Físico

3.1.1. Clima

El Área Metropolitana de Lima-Callao se encuentra conformado por los distritos de las provincias de Lima y Callao. Geográficamente, en dirección noreste, abarca una gran planicie que atraviesa los valles de los ríos Chillón, Rímac y Lurín hasta alcanzar paisajes colinosos y montañosos que pueden alcanzar altitudes de más de 1 000 m.s.n.m. (Silva *et al.*, 2017). Se caracteriza por presentar diversos microclimas en su territorio, situación que es influenciada por la posición geográfica (latitud), la presencia de la cordillera de los Andes, su relieve, la corriente fría de Humboldt y el anticiclón del Pacífico Sur (APS), los cuales repercuten en el comportamiento de las principales variables meteorológicas.

3.1.2. Meteorología

Se recopiló información meteorológica del Área Metropolitana de Lima-Callao para el periodo 2016-2018, de los cuáles se tomaron cuatro (04) estaciones representativas de los diez (10)

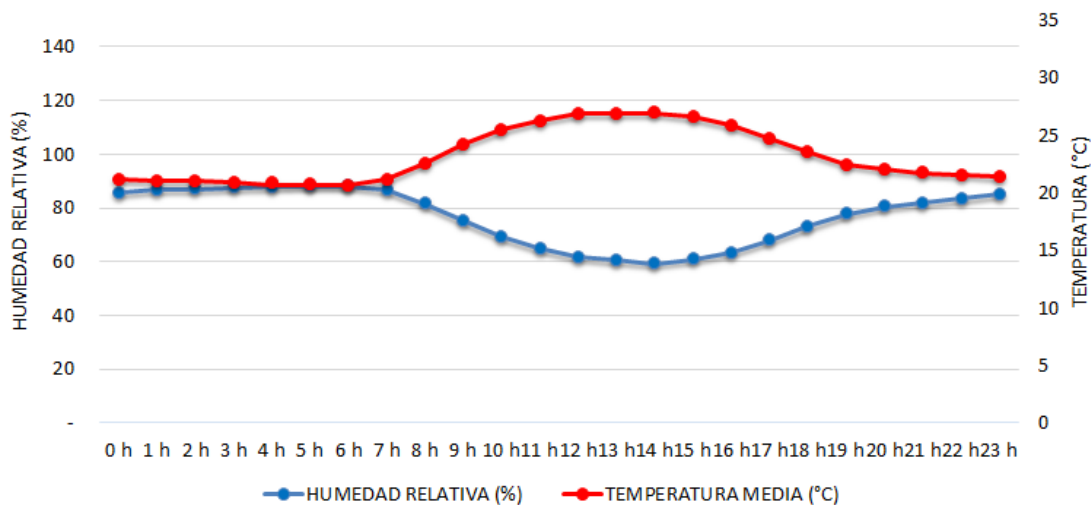
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

puntos de monitoreo meteorológico en la zona de la Provincia de Lima³: Villa María del Triunfo (VMT - Lima Sur), Ate Vitarte (ATE - Lima Este), San Martín de Porres (SMP - Lima Norte) y Campo de Marte (CDM - Lima Centro). Para un mejor entendimiento de la variabilidad meteorológica en Lima, los datos fueron disgregados en verano (21 de diciembre al 21 de marzo) e invierno (21 de junio al 21 de setiembre).

En base a los datos brindados por SENAMHI, se ha procesado la información de temperatura ambiental (TA), radiación solar (RS), humedad relativa (HR), dirección (DV) y velocidad de viento (VV), mostrándose a continuación los resultados:

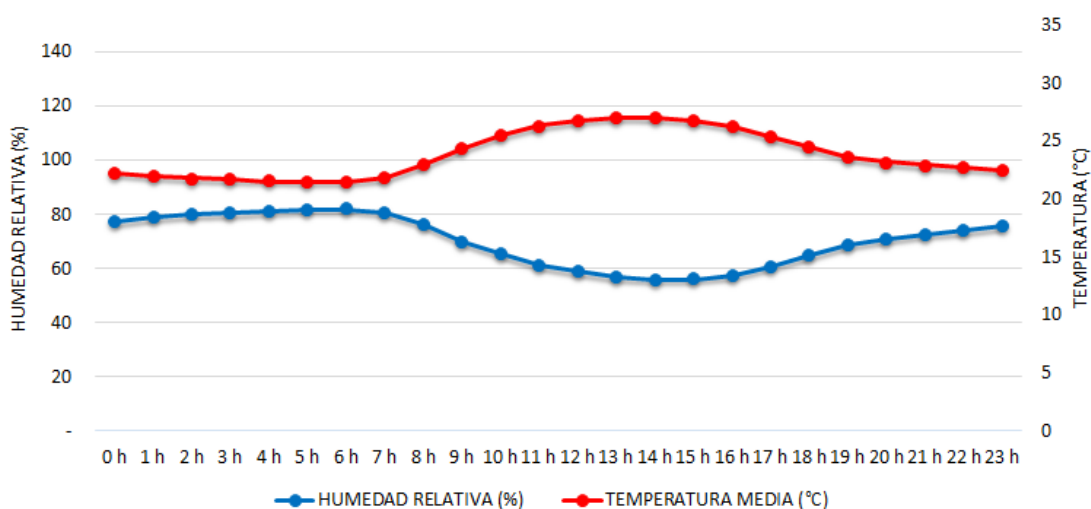
➤ Temperatura Ambiental (TA) y Humedad Relativa (HR):

Gráfica 1: Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa en la estación "VMT" (Verano)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Gráfica 2: Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa en la estación "ATE" (Verano)

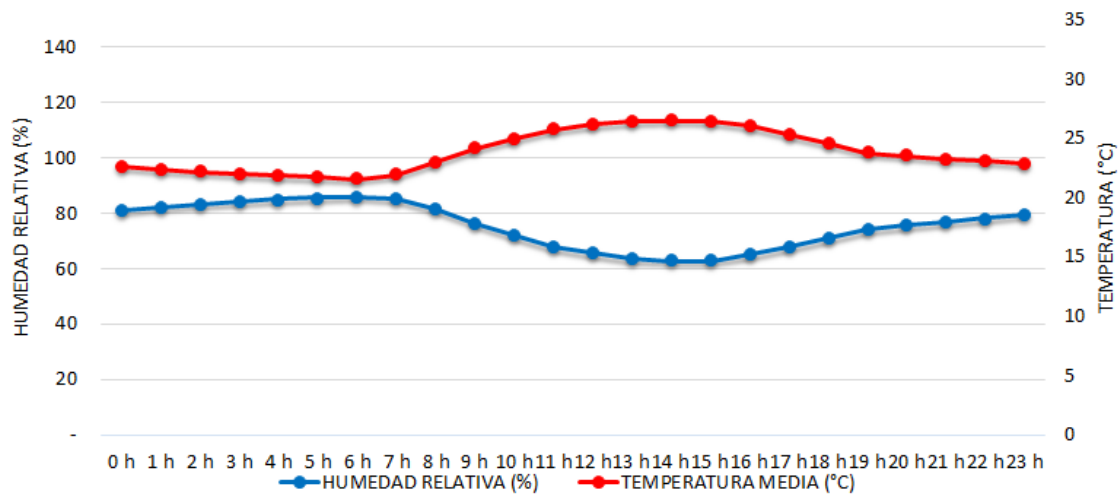


Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

3 La información meteorológica corresponde al periodo 2016-2017, monitoreo a cargo de SENAMHI.

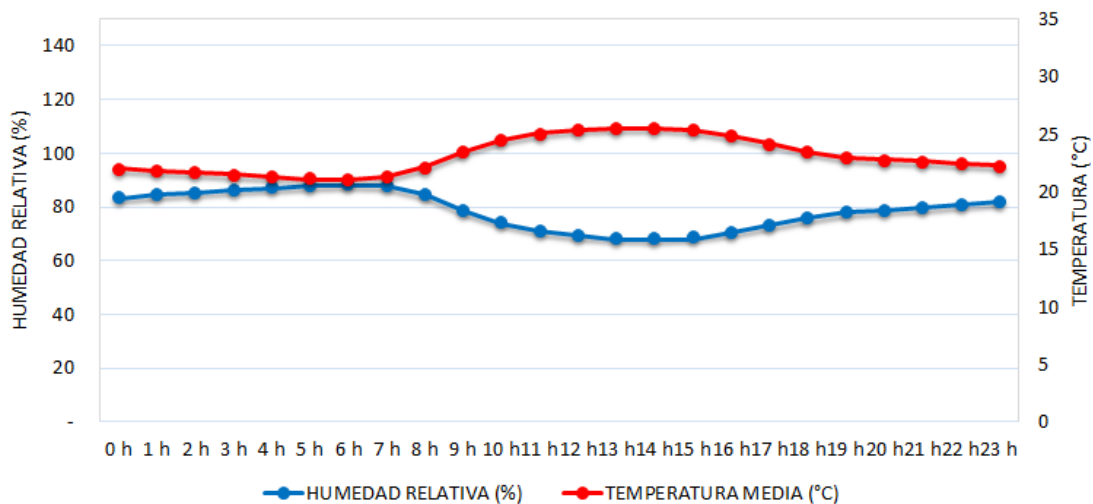
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 3: Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa en la estación "SMP" (Verano)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Gráfica 4: Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa en la estación "CDM" (Verano)

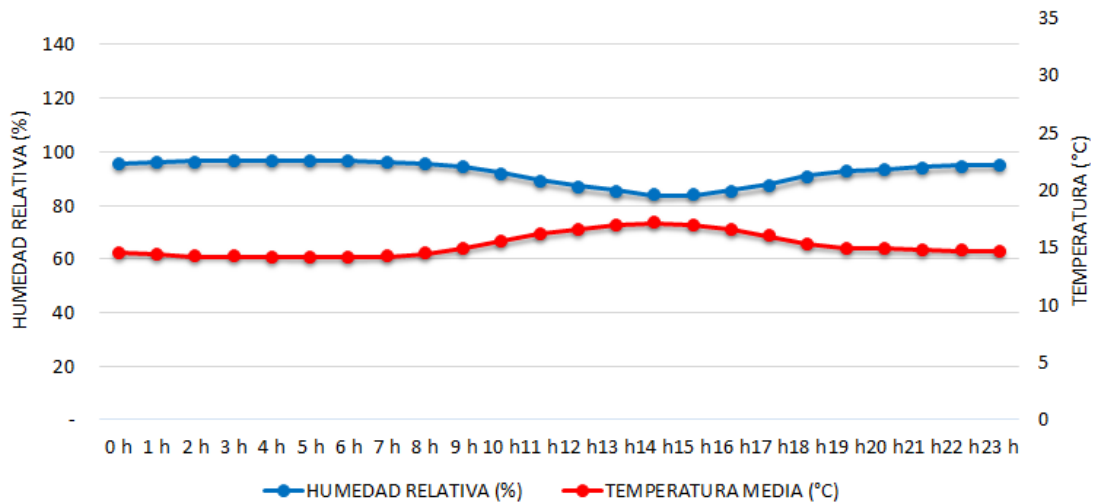


Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Durante la temporada de verano (ver gráficas 1 al 4), la Temperatura Ambiental mínima obtenida fue de 20,69 °C, perteneciente a la estación de Villa María del Triunfo (VMT) y la máxima de 27,06 °C en la estación de Ate Vitarte (ATE). Asimismo, la Humedad Relativa tuvo un comportamiento inverso a la TA, presentando una mínima de 56,11 %, en la estación de Ate Vitarte (ATE) y una máxima de 88,40 %, en la estación de Villa María del Triunfo (VMT).

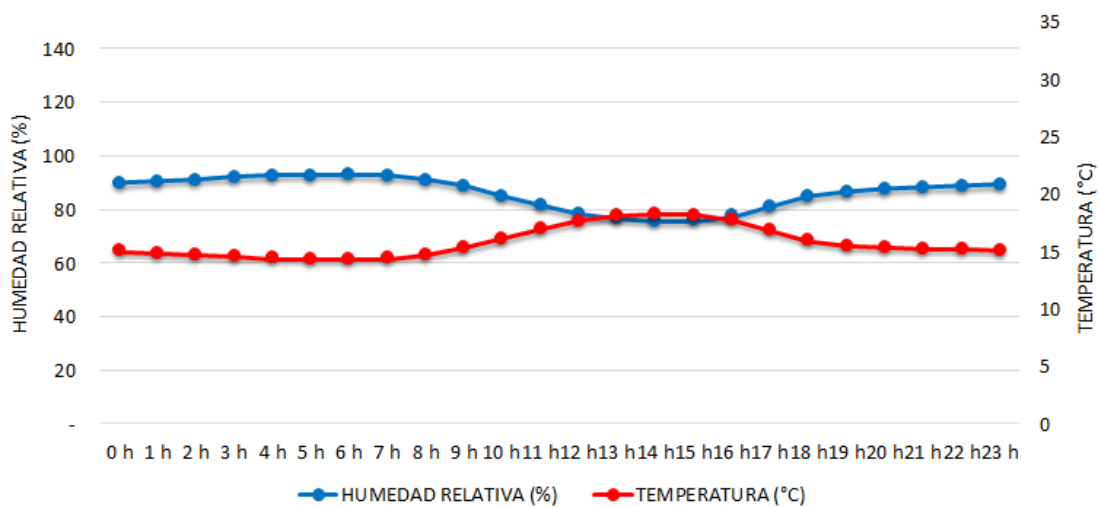
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 5: Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa en la estación "VMT" (Invierno)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

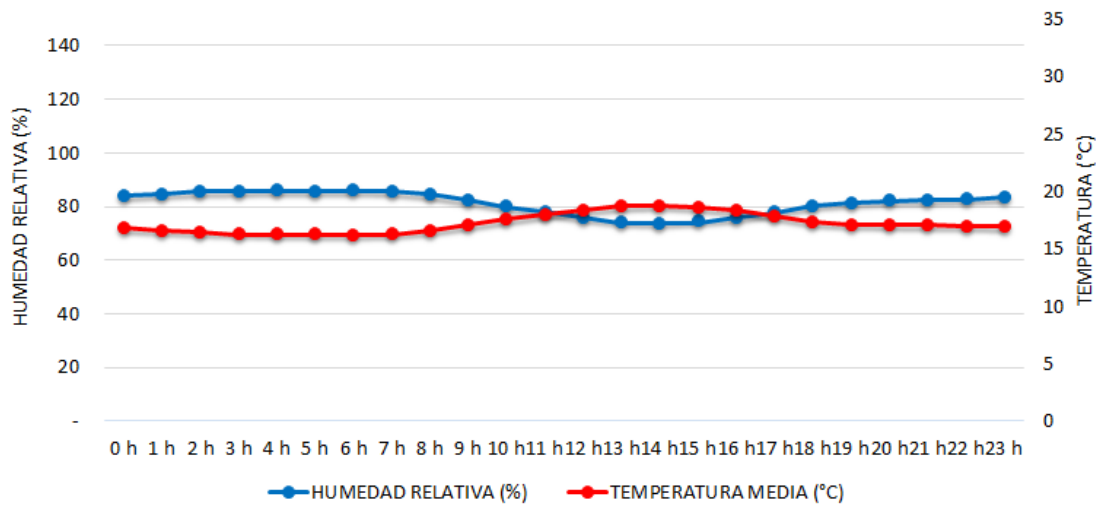
Gráfica 6: Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa en la estación "ATE" (Invierno)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

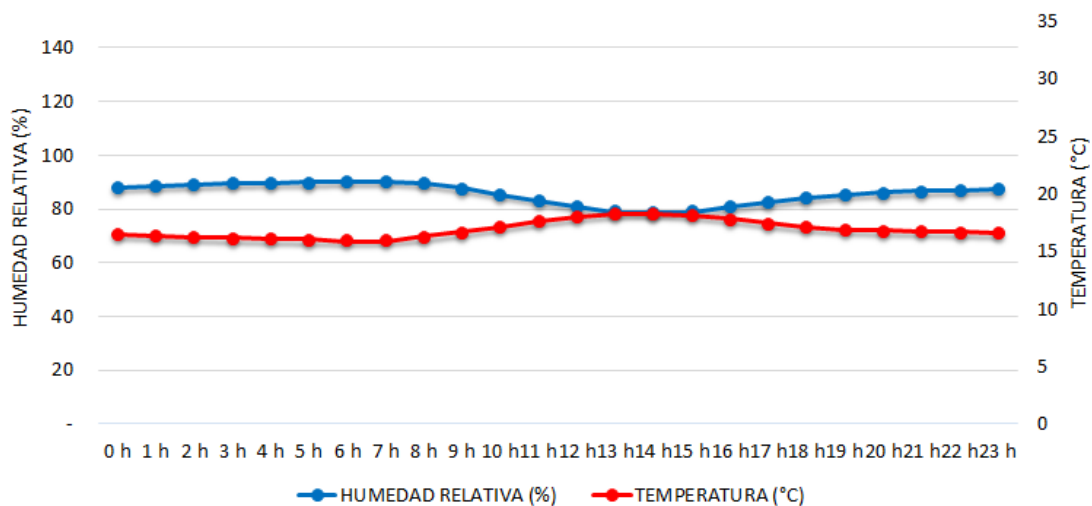
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 7: Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa en la estación "SMP" (Invierno)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Gráfica 8: Temperatura Ambiental vs Humedad Relativa en la estación "CDM" (Invierno)



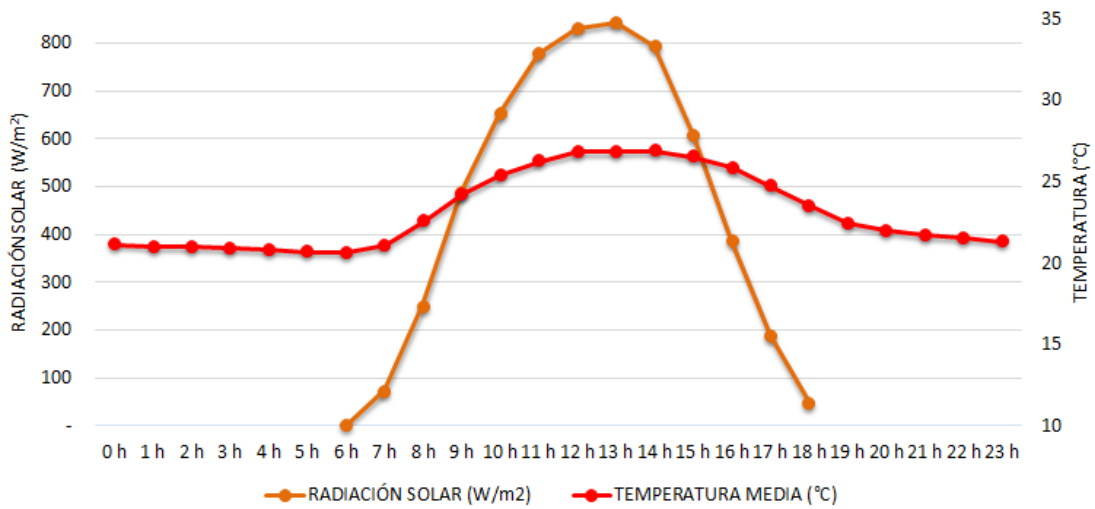
Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Durante la temporada de invierno (ver gráficas 5 al 8), la Temperatura Ambiental mínima obtenida fue de 14,18 °C, perteneciente a la estación de Villa María del Triunfo (VMT) y la máxima de 18,80 °C en la estación de San Martín de Porres (SMP). Así mismo, la Humedad Relativa tuvo un comportamiento inverso a la TA, presentando una mínima de 73,89 %, en la estación de San Martín de Porres (SMP) y una máxima de 96,75 %, en la estación de Villa María del Triunfo (VMT).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

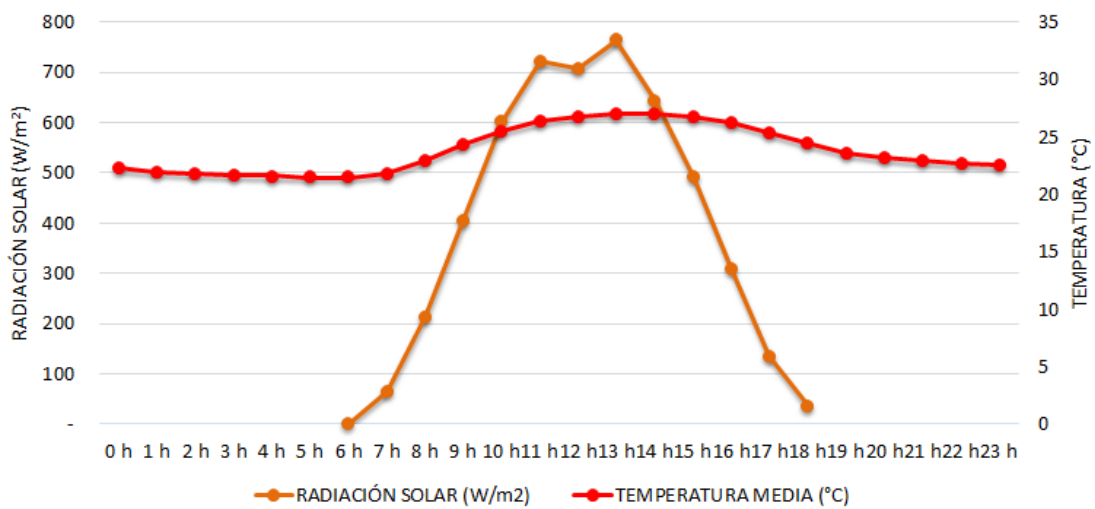
➤ Radiación Solar (RS)

Gráfica 9: Temperatura Ambiental vs Radiación Solar en la estación "VMT" (Verano)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

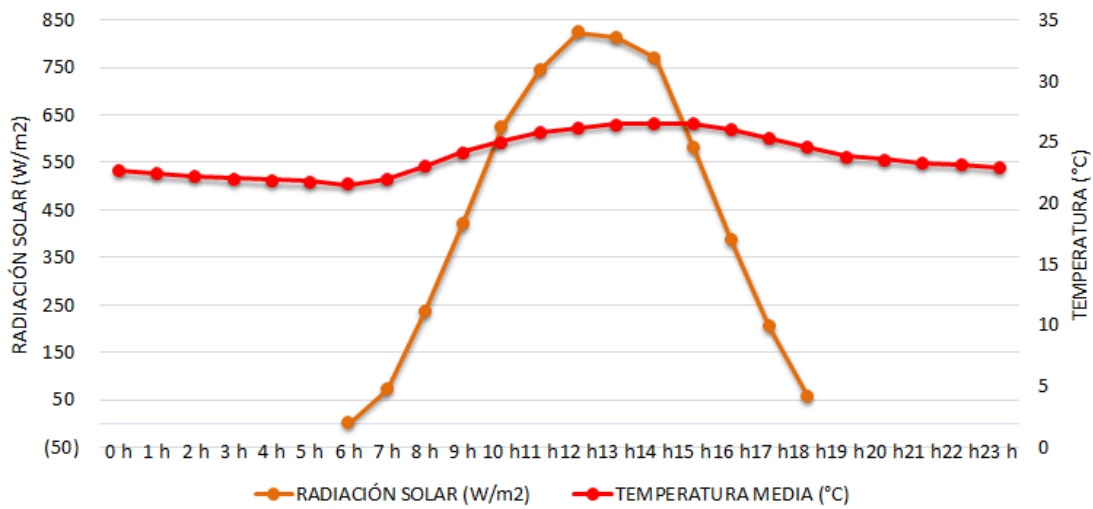
Gráfica 10: Temperatura Ambiental vs Radiación Solar en la estación "ATE" (Verano)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

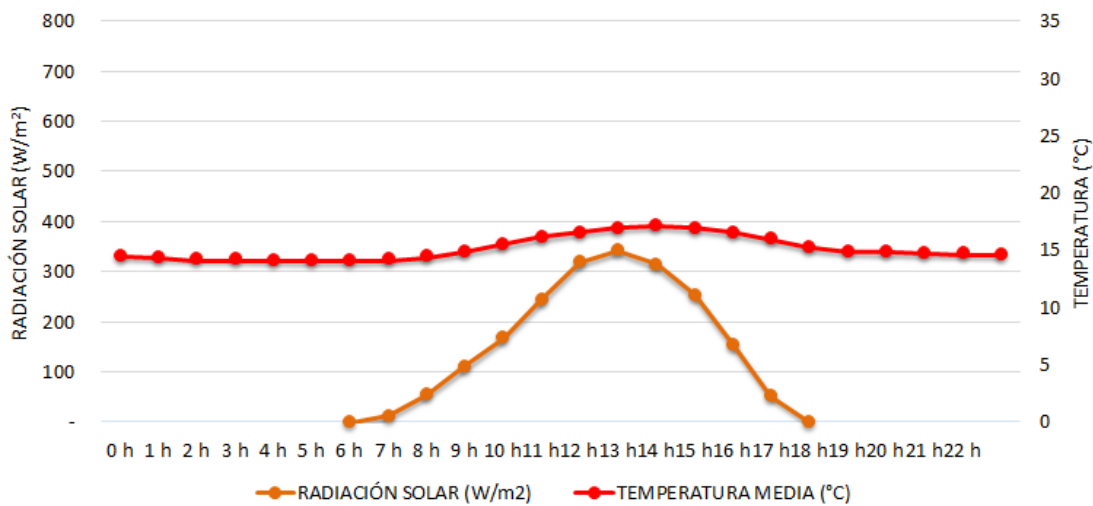
Gráfica 11: Temperatura Ambiental vs Radiación Solar en la estación "SMP" (Verano)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

En verano (ver gráficas 9 al 11), el valor de radiación solar máximo fue de 843,73 W/m² en la estación de Villa María del Triunfo (VMT) y el mínimo fue de 1,92 W/m² en la estación de Ate Vitarte (ATE).

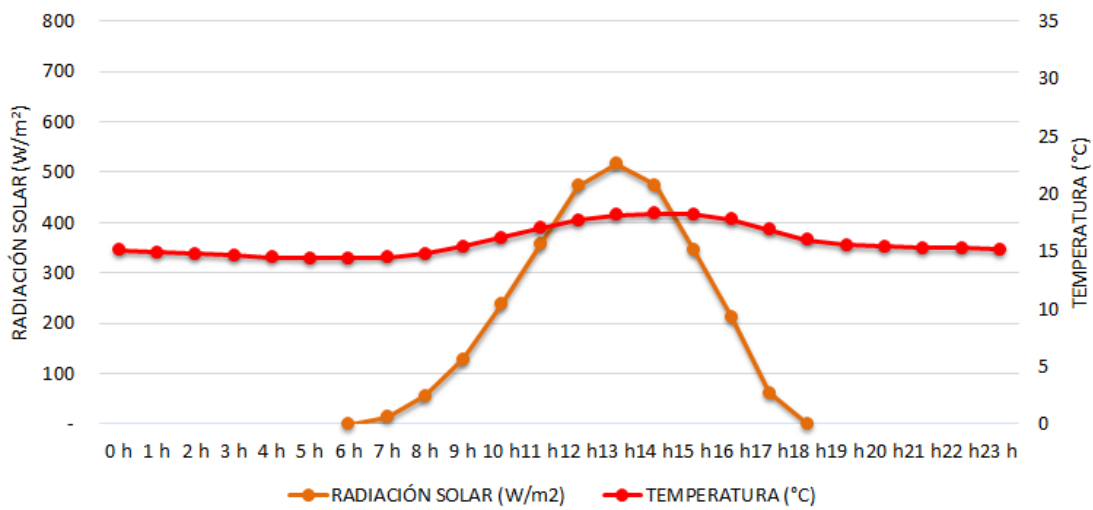
Gráfica 12: Temperatura Ambiental vs Radiación Solar en la estación "VMT" (Invierno)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

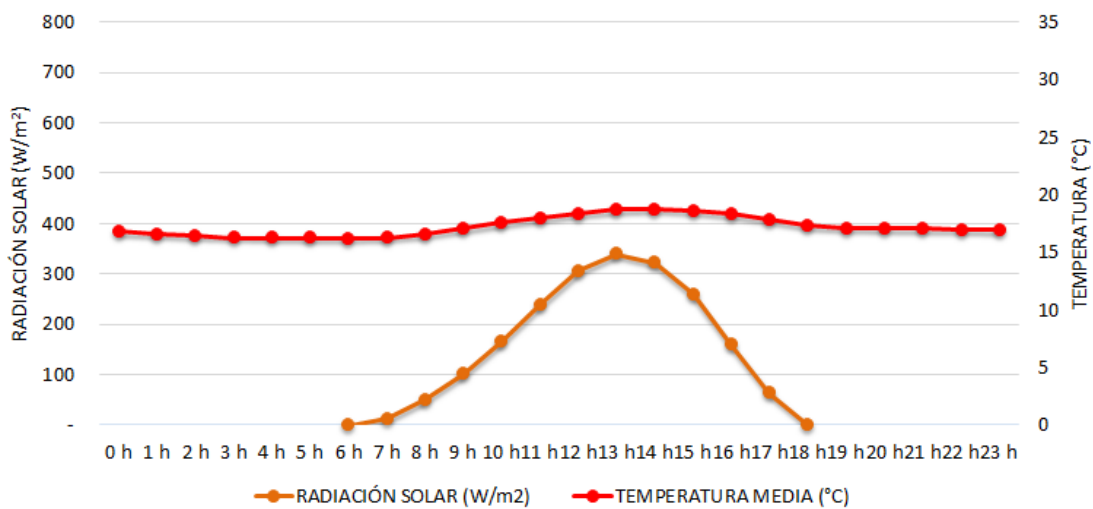
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 13: Temperatura Ambiental vs Radiación Solar en la estación "ATE" (Invierno)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Gráfica 14: Temperatura Ambiental vs Radiación Solar en la estación "SMP" (Invierno)



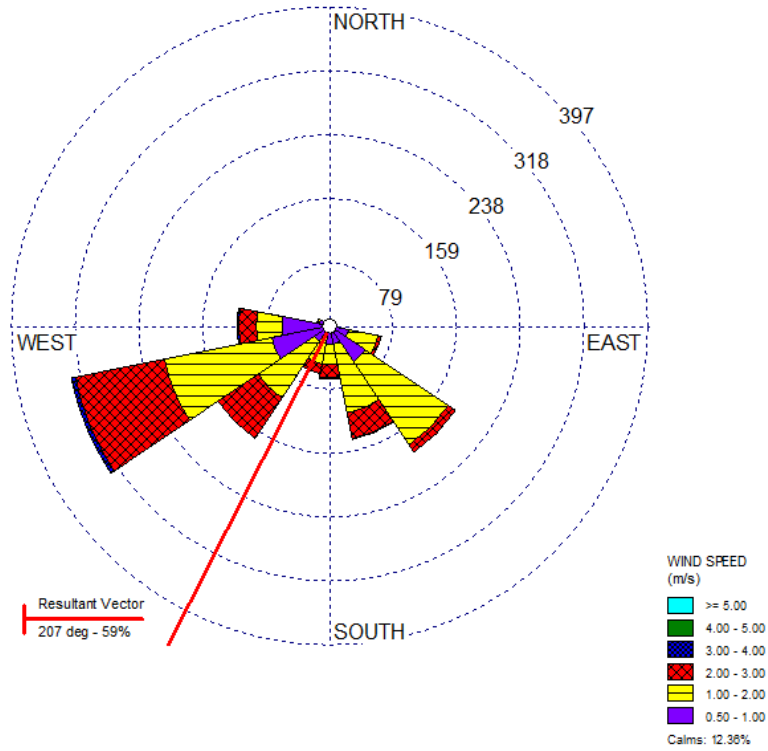
Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

En invierno (ver gráficas 12 al 14) el valor de radiación solar máximo fue de 517,91 W/m² en la estación de Ate Vitarte (ATE) y el mínimo fue de 0,06 W/m² en la estación de San Martín de Porres (SMP).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

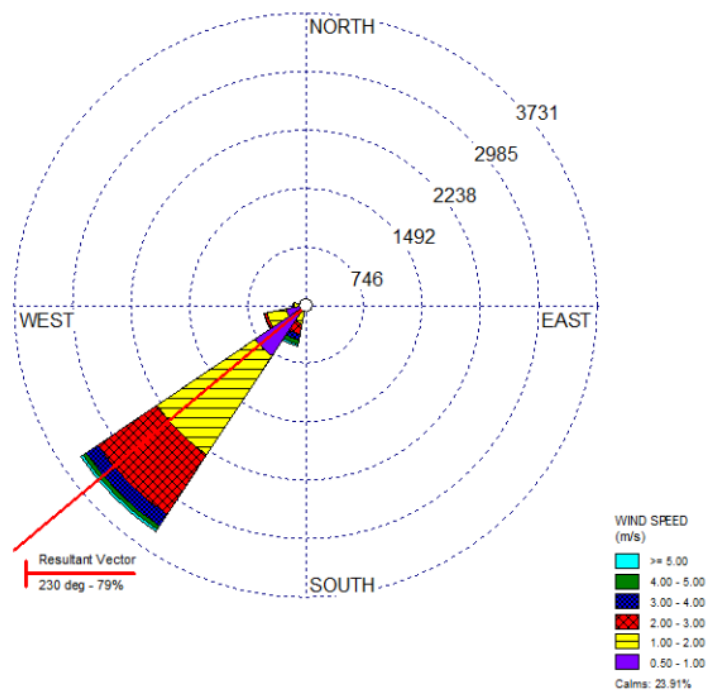
➤ Dirección (DV) y Velocidad de Viento (VV):

Gráfica 15: Rosa de Viento en la estación "VMT" (Verano)



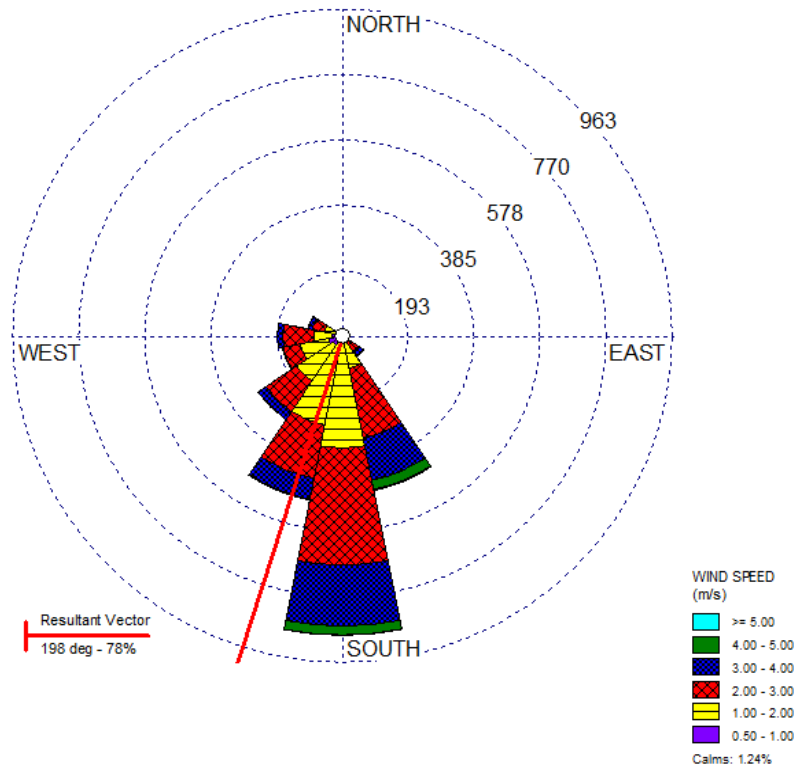
Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Gráfica 16: Rosa de Viento en la estación "CDM" (Verano)



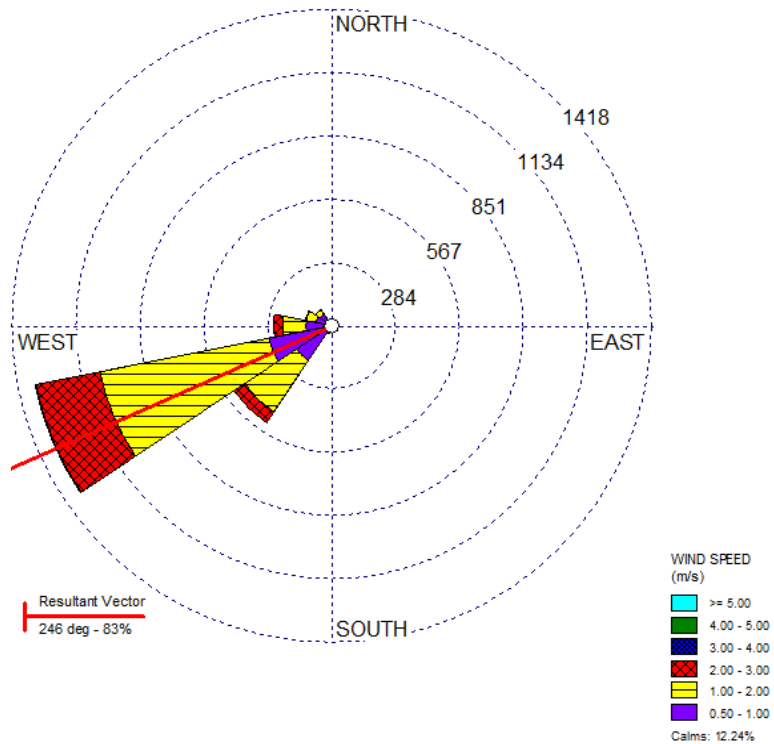
Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Gráfica 17: Rosa de Viento en la estación "SMP" (Verano)



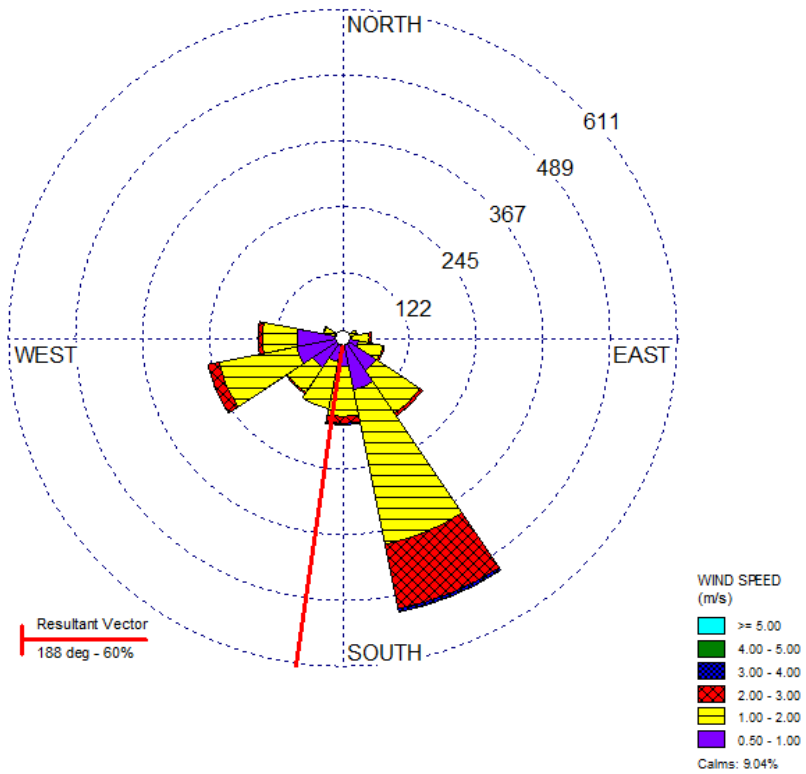
Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Gráfica 18: Rosa de Viento en la estación "ATE" (Verano)



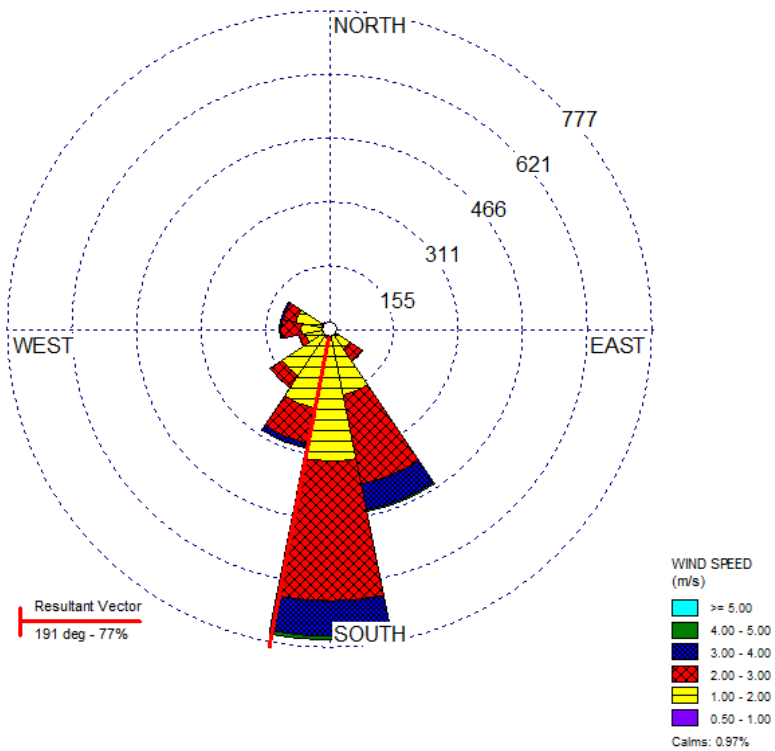
Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Gráfica 19: Rosa de Viento en la estación "VMT" (Invierno)



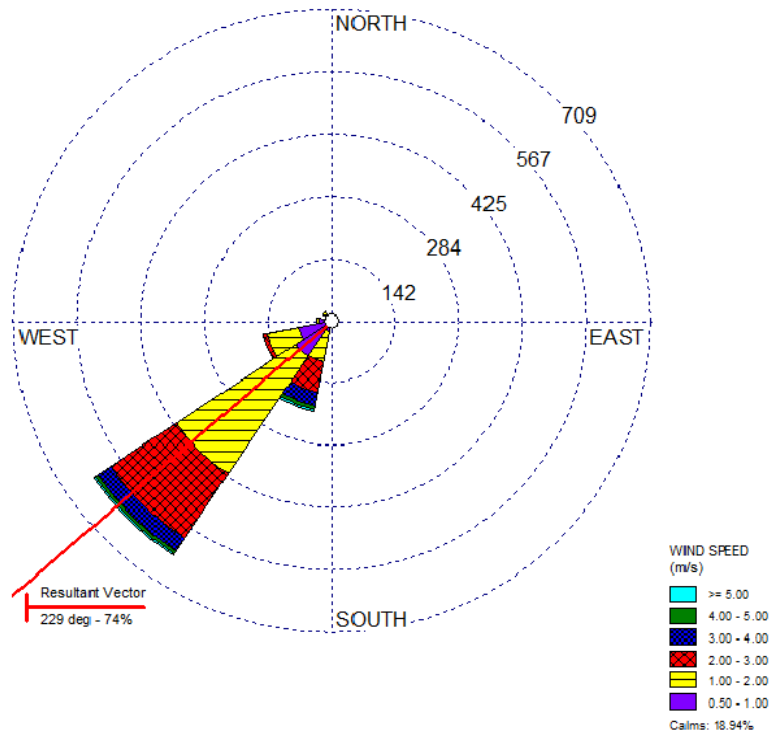
Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Gráfica 20: Rosa de Viento en la estación de SMP (Invierno)



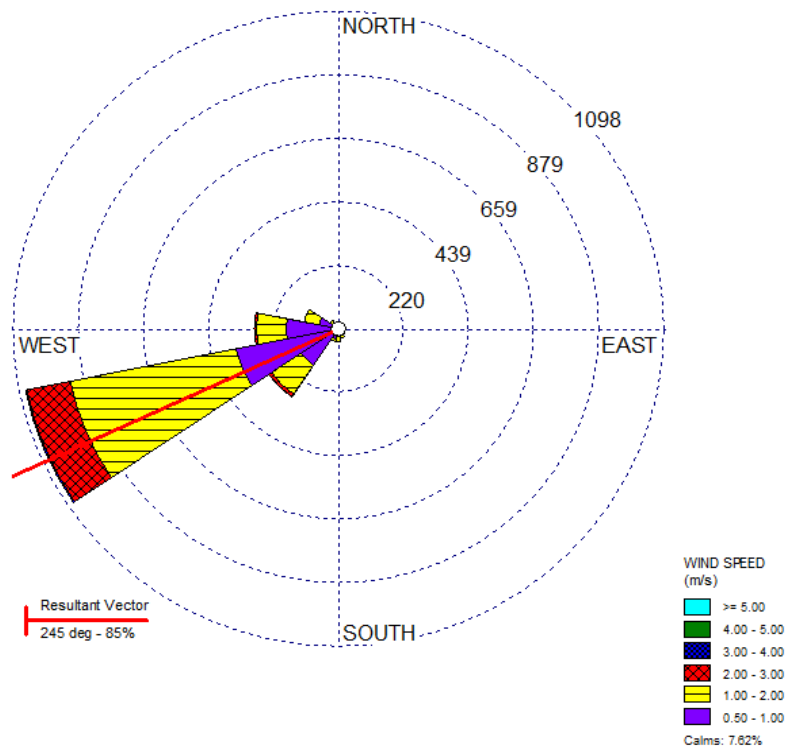
Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Gráfica 21: Rosa de Viento en la estación "CDM" (Invierno)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Gráfica 22: Rosa de Viento en la estación "ATE" Invierno)



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

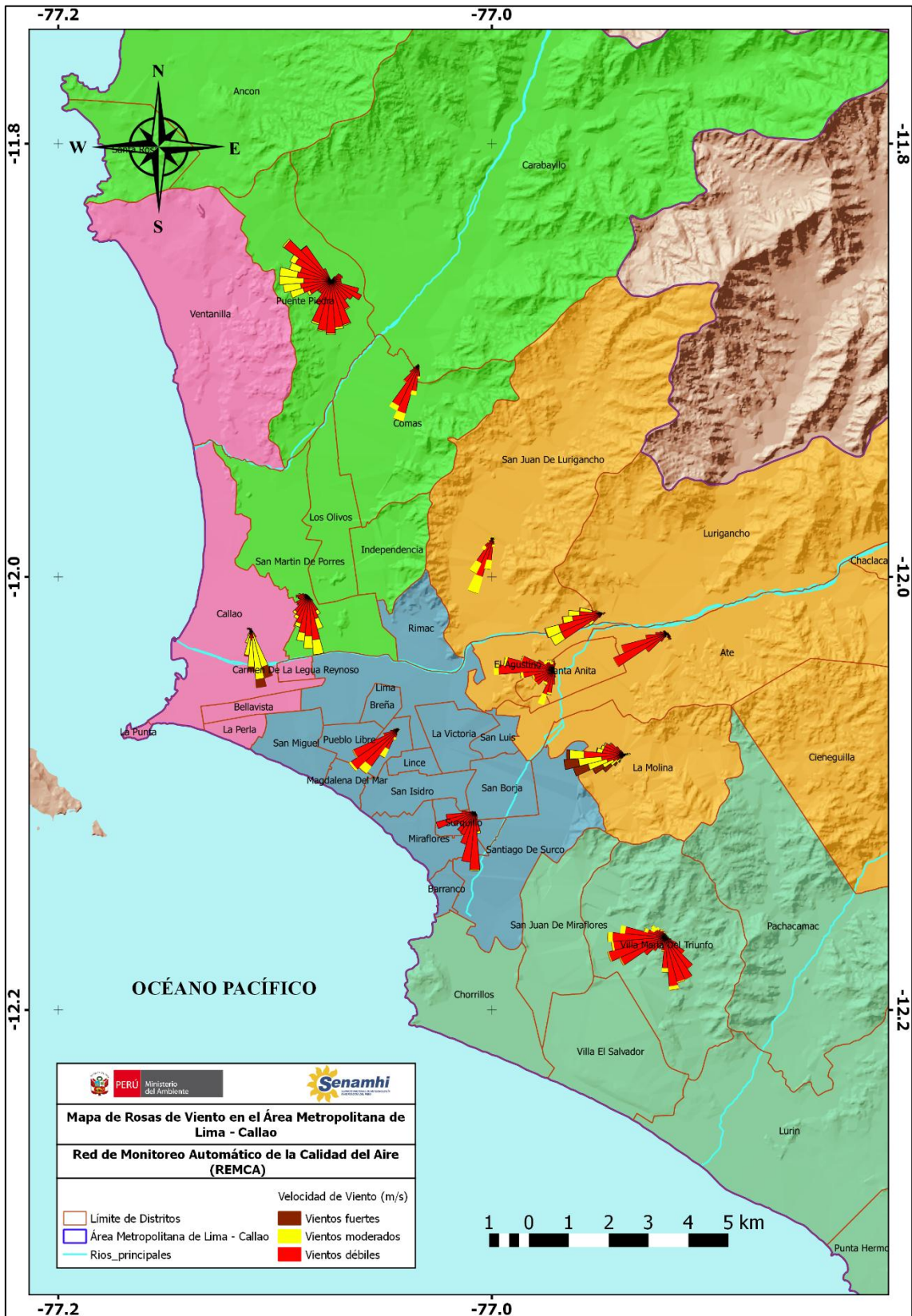
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

En términos generales (ver las gráficas 15 al 22), la dirección del viento (DV) en la ciudad de Lima-Callao tiene una predominancia aproximadamente de suroeste y la velocidad del viento oscila mayoritariamente entre 1 y 3 m/s.

A fin de tener una mejor visualización sobre el comportamiento de los vientos, se incluyeron respectivamente, en el Mapa 1 y Mapa 2, las rosas de viento para verano e invierno por cada estación de SENAMHI.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

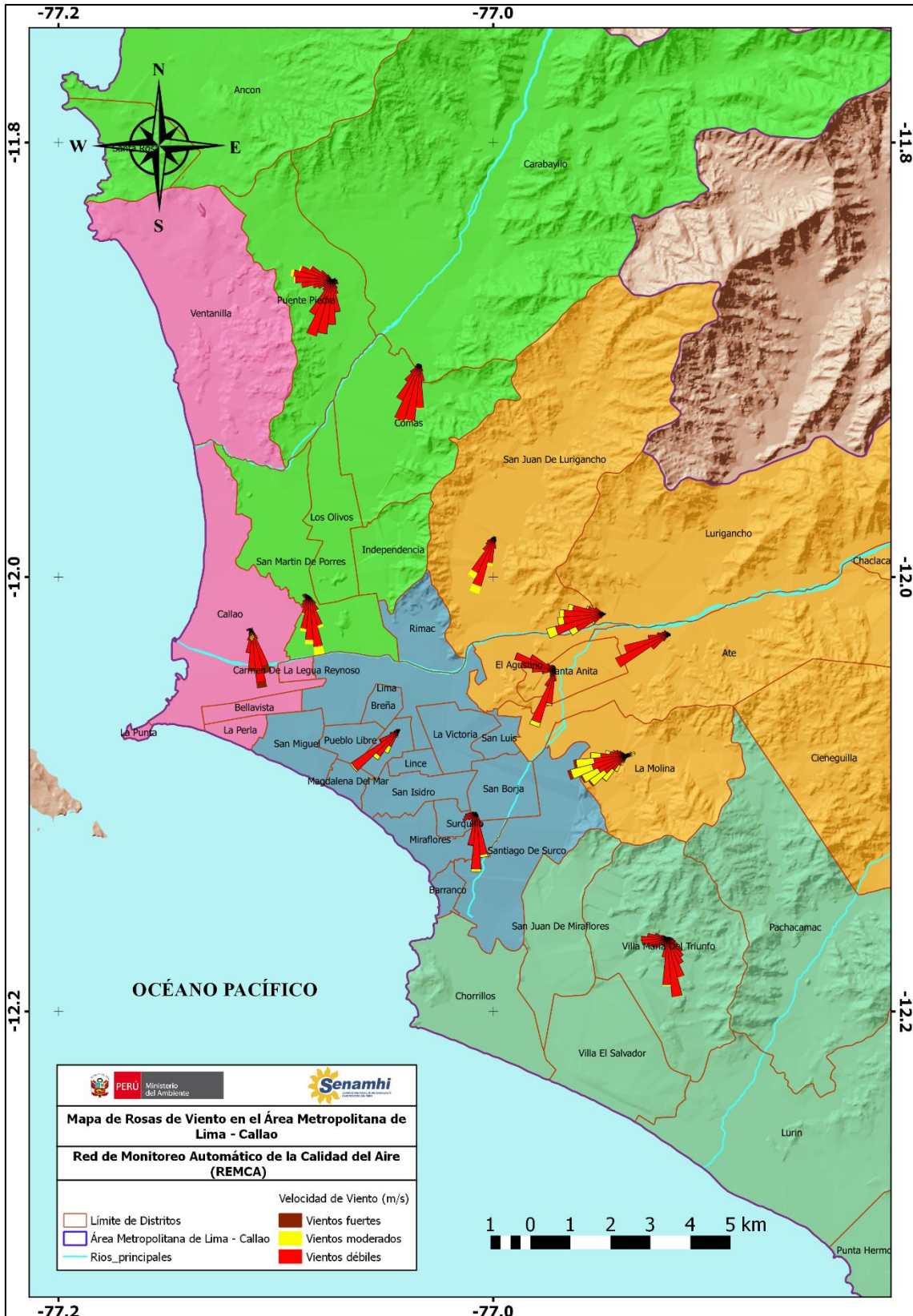
Mapa 1: Rosas de viento en verano en el Área Metropolitana de Lima y Callao



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Mapa 2: Rosas de viento en invierno en el Área Metropolitana de Lima y Callao



Fuente: Elaboración propia con información SENAMHI (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

3.1.3. Cuenca Atmosférica de Lima-Callao

De conformidad con la Resolución Ministerial N° 20-2018-MINAM se considera cuenca atmosférica al volumen de aire que se encuentra separado de otro por aspectos topográficos y/o meteorológicos, siendo que las fuentes de emisión y los impactos están localizados en el área geográfica que responde al mismo volumen del aire⁴.

Asimismo, recogiendo la recomendación brindada por el SENAMHI⁵, ante la escasa información disponible para la determinación del comportamiento de la capa límite atmosférica en el área metropolitana de Lima y Callao, se mantiene la delimitación de la cuenca atmosférica planteada en el Primer Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima – Callao 2005-2010 (PISA I).

De acuerdo al PISA I elaborado en el año 2004, la delimitación de la Cuenca Atmosférica del Área Metropolitana Lima-Callao se realizó en base al comportamiento de los flujos de viento locales y a las configuraciones topográficas, teniendo como límite la curva de nivel de 800 m.s.n.m., salvo para la cuenca del Rímac, en la que se considera 1 000 m.s.n.m., tomando como criterio el crecimiento poblacional hasta la referida altitud.

En el Área Metropolitana Lima-Callao se identificaron tres cuencas: Río Chillón, Río Rímac y Río Lurín, con sus respectivas microcuencas como se describe a continuación.

Cuenca del Río Chillón

Abarca los distritos de Ancón, Santa Rosa, Ventanilla, Puente Piedra, Carabayllo, Comas, la Zona Norte-Centro de San Martín de Porres, Los Olivos, Independencia y Norte del distrito del Callao. Dentro de esta cuenca, se configuran las siguientes microcuencas atmosféricas:

- Microcuenca de Ancón: Distrito de Ancón
- Microcuenca de Carabayllo: Distrito de Carabayllo
- Microcuenca de Collique: Distrito de Comas

Cuenca del Río Rímac

Esta cuenca se extiende a los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho, la Zona Centro-Sur del Callao, Carmen de la Legua Reynoso, Bellavista, La Punta, Cercado de Lima, Rímac, Ate - Vitarte, El Agustino, Santa Anita, Breña, Pueblo Libre, Jesús María, La Victoria, San Luis, Lince, La Perla, San Miguel, Magdalena del Mar, San Isidro, San Borja, La Molina, Miraflores, Surquillo, Santiago de Surco, Barranco, Chorrillos, San Juan de Miraflores y Zona Noroeste del distrito de Villa María del Triunfo. Las microcuencas atmosféricas que han sido determinadas son:

- Microcuenca de San Juan de Lurigancho: Distrito de San Juan de Lurigancho
- Microcuenca de Huaycoloro: Distrito de Lurigancho
- Microcuenca de Huaycán: Distrito de Ate Vitarte
- Microcuenca de La Molina: Distrito de La Molina

4 Resolución Ministerial N° 20-2018-MINAM: Lineamientos para la determinación de las Zonas de Atención Prioritaria.

5 Informe Técnico N° D000021-2019-SENAMHI-SEA

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Cuenca del Río Lurín

La Cuenca del Río Lurín abarca los distritos de Cieneguilla, Pachacamac, Villa María del Triunfo, Villa el Salvador, Lurín, Noroeste de Punta Hermosa, considerando las siguientes microcuencas:

- Microcuenca de Manchay: Distrito de Pachacamac
- Microcuenca de Portillo Grande: Distrito de Lurín
- Microcuenca por ID.: Distrito de Pachacamac

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Existen tres (03) factores climáticos semipermanentes que determinan el clima de la Cuenca Atmosférica Lima-Callao: i) el Anticiclón del Océano Pacífico Suroriental, ii) la Cordillera de los Andes y iii) la Corriente de Humboldt (fría). Estos factores convergen para determinar un clima de permanente aridez, debido a⁶:

- Establecimiento de un fenómeno de inversión térmica durante todo el año en los niveles bajos de la tropósfera de la costa peruana, por lo general con menor altitud, espesor e intensidad durante los meses de verano (la base a 255 m.s.n.m. y el tope a 596 m.s.n.m. y muy débil intensidad), evoluciona hasta alcanzar su mayor altitud, espesor e intensidad al final del invierno (con base a 675 m.s.n.m. y tope a 1490 m.s.n.m. e intensidad de 5°C).
- Temperatura media mensual multianual, durante el verano, en las zonas cercanas a la costa, oscila entre 20,2 a 25,8 °C y entre 19,8 a 28,2 °C en los distritos del este. En el invierno varía entre los 15,5 a 18,3°C en la zonas cercanas a la costa y entre 13,1 a 18,6 °C en los distritos del este.
- Precipitación media mensual multianual que varía desde 10 mm/año cerca de la línea costera a 40 mm/año en los distritos del Este.
- La velocidad del viento superficial varía entre 3 y 5 m/s con 4 a 8% de calmas, de direcciones S, SSO y SSE en la zona costera. En la parte central el viento varía entre 2 y 4 m/s, de direcciones SSO y OSO, con calmas entre 21 a 42%; y en el lado oriental el viento varía entre 3 y 5 m/s, de direcciones O, SSO y OSO con calmas en un porcentaje de 20 y 40%.
- En la estación de verano los días tienen más de 50% de horas de sol; y en el periodo promedio desde inicios de otoño hasta finales de primavera, menos de 20%, debido a la nubosidad estratiforme que se debilita solamente durante los tres meses veraniegos.

3.2. Medio Socioeconómico

En la figura 1, se muestra al área metropolitana de Lima y Callao dividida por zonas: Callao, Lima Norte, Lima Este, Lima Sur y Lima Centro.

⁶ Cabe precisar que la información meteorológica presentada en esta sección 3.1.3 corresponde al análisis realizado de información previa a noviembre del 2004 para la formulación del Primer Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima – Callao (2005-2010)

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Figura 1: División por zonas del área metropolitana de Lima y Callao



Fuente: INEI (2014).

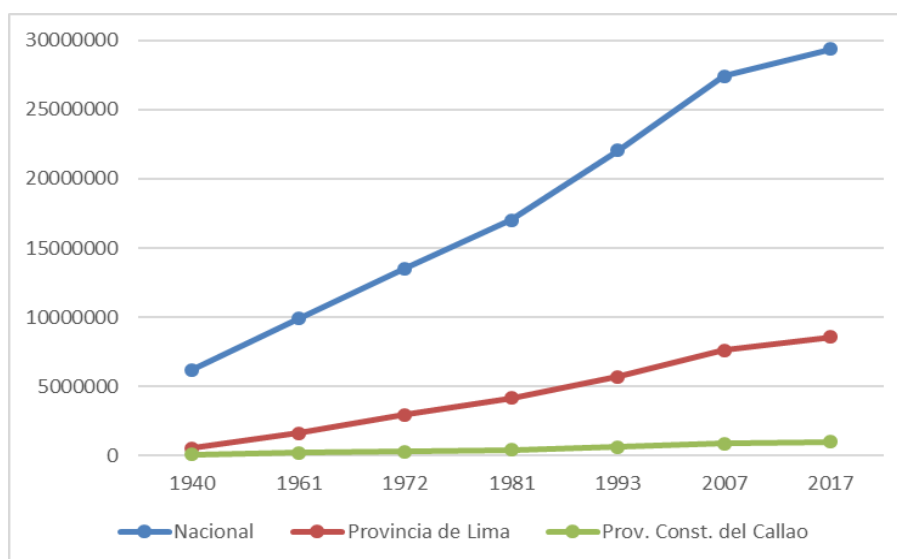
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

3.2.1. Variables Demográficas:

➤ **Crecimiento poblacional:**

De acuerdo al INEI⁷, en el 2017, la provincia de Lima tenía una población de 8 574 974 habitantes, y el Callao 994 494, lo cual representa el 32,5% de la población nacional (29 381 884 habitantes). Como se aprecia en la gráfica 23 y el cuadro 5, Lima y Callao mantienen una tasa de crecimiento positiva.

Gráfica 23: Crecimiento poblacional a nivel nacional, Lima y Callao



Fuente: Elaboración Propia con datos de INEI (2018) Perú: Perfil Sociodemográfico.

Históricamente, la tasa de crecimiento de Lima y Callao es superior a la tasa de crecimiento poblacional nacional, tal como se puede ver en el cuadro 5.

Cuadro 4: Tasa de crecimiento promedio anual de la población censada (porcentaje), a nivel nacional, Lima y Callao.

Periodo	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007-2017
Nacional	2,2	2,9	2,5	2,2	1,5	0,7
Provincia de Lima	4,6	3,8	3,6	3,1	2,2	1,3
Prov. Const. del Callao	5,2	5,7	3,7	2,7	2	1,2

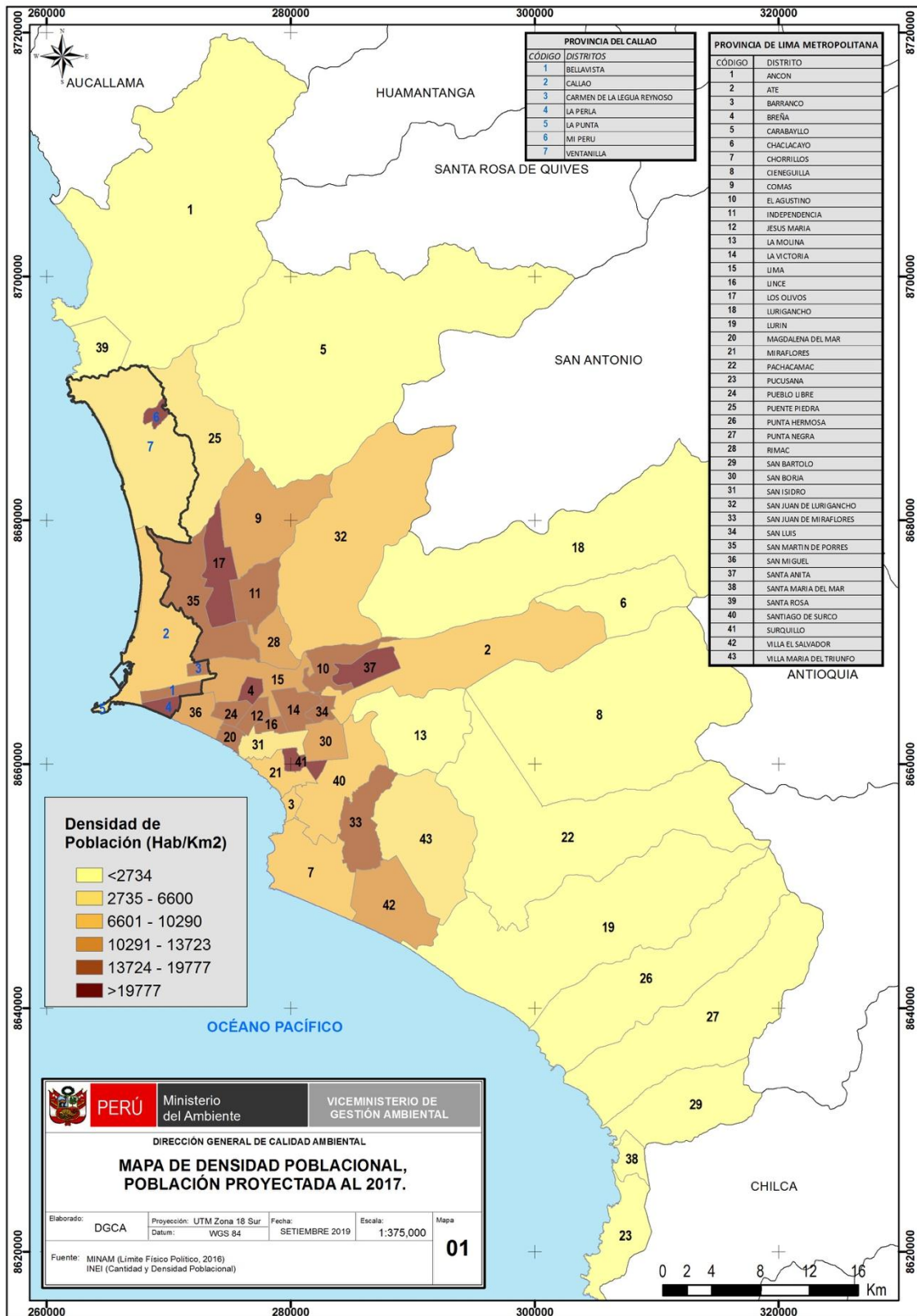
Fuente: INEI, 2018. Perú: Perfil Sociodemográfico.

De acuerdo con los resultados del último censo (2017), la Provincia Constitucional del Callao tiene una densidad poblacional mayor a la de la Provincia de Lima, con valores de 6 815,8 hab/km² y 3 276,8 hab/km² respectivamente.

⁷ INEI (2018). Perú: Perfil Sociodemográfico del Perú, Informe Nacional, Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda, III de Comunidades Indígenas.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Mapa 4: Densidad poblacional de Lima y Callao según distritos



Fuente: INEI (2017).

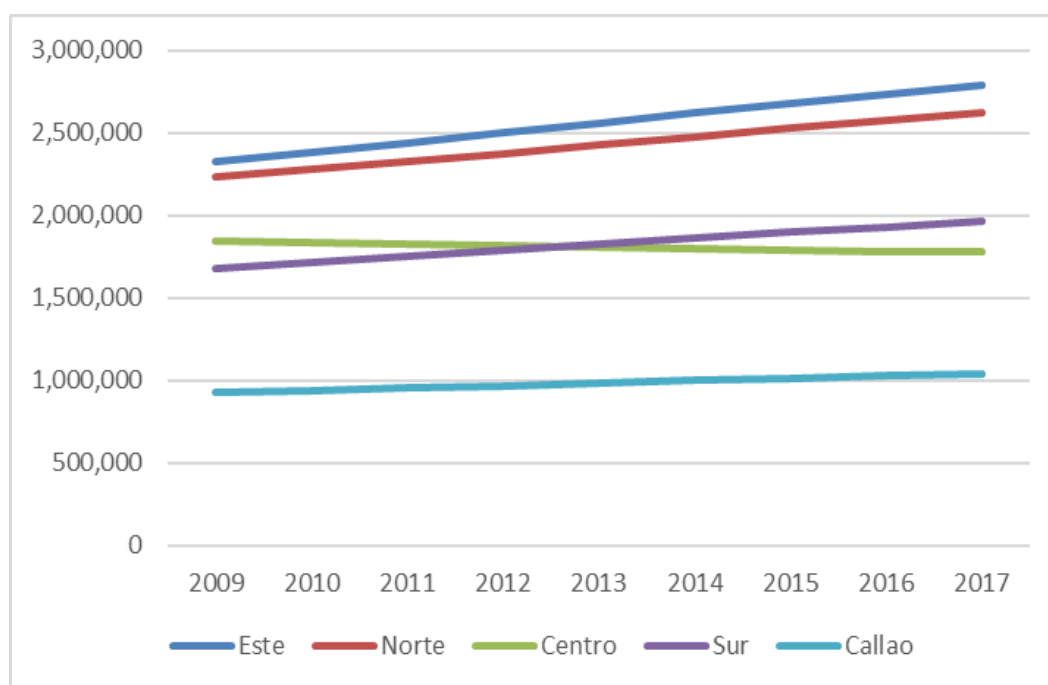
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

➤ Crecimiento poblacional por distritos:

A fin de describir el crecimiento poblacional por distritos, a continuación, se presenta la información por zonas.

En la gráfica 24, se observa que la zona este es la que concentra la mayor cantidad de población (2 795 290 habitantes), seguida de la zona norte (2 624 610 habitantes). Se evidencia también que la población en la zona sur (1 970 140 habitantes) se ha incrementado, incluso sobrepasando a la zona centro (1 784 815 habitantes).

Gráfica 24: Población estimada por zonas en el área metropolitana de Lima y Callao (2009-2017)

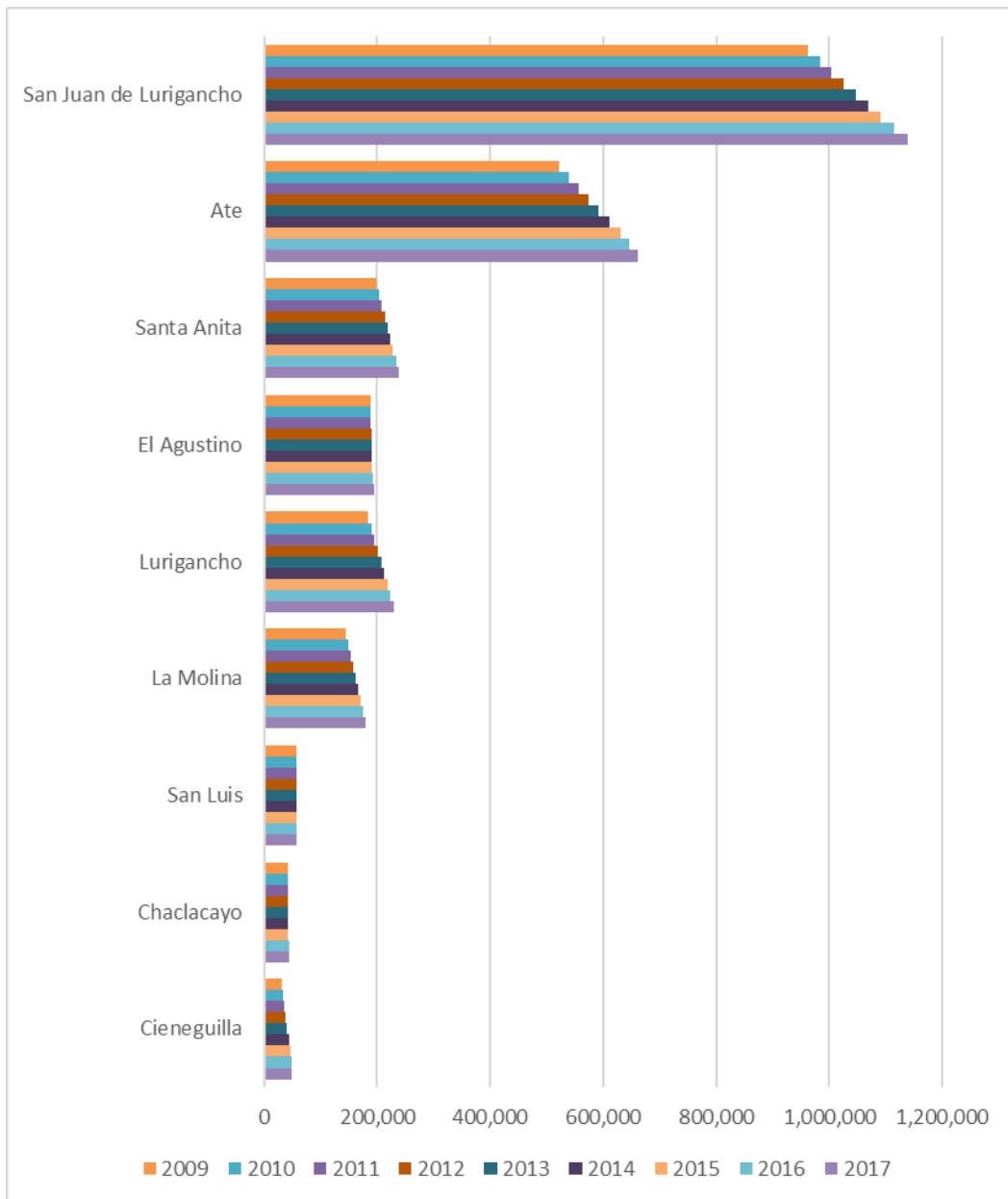


Fuente: Elaboración Propia, con datos de INEI (2017). Compendio Estadístico Provincia de Lima 2017.

Con respecto a la zona este, esta presenta un incremento poblacional continuo en el periodo 2009-2017, en todos los distritos que la conforman. El distrito más poblado es San Juan de Lurigancho (1 138 453 habitantes), seguido de Ate (661 786 habitantes). El distrito menos poblado de la zona Este es Cieneguilla (49 707 habitantes).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

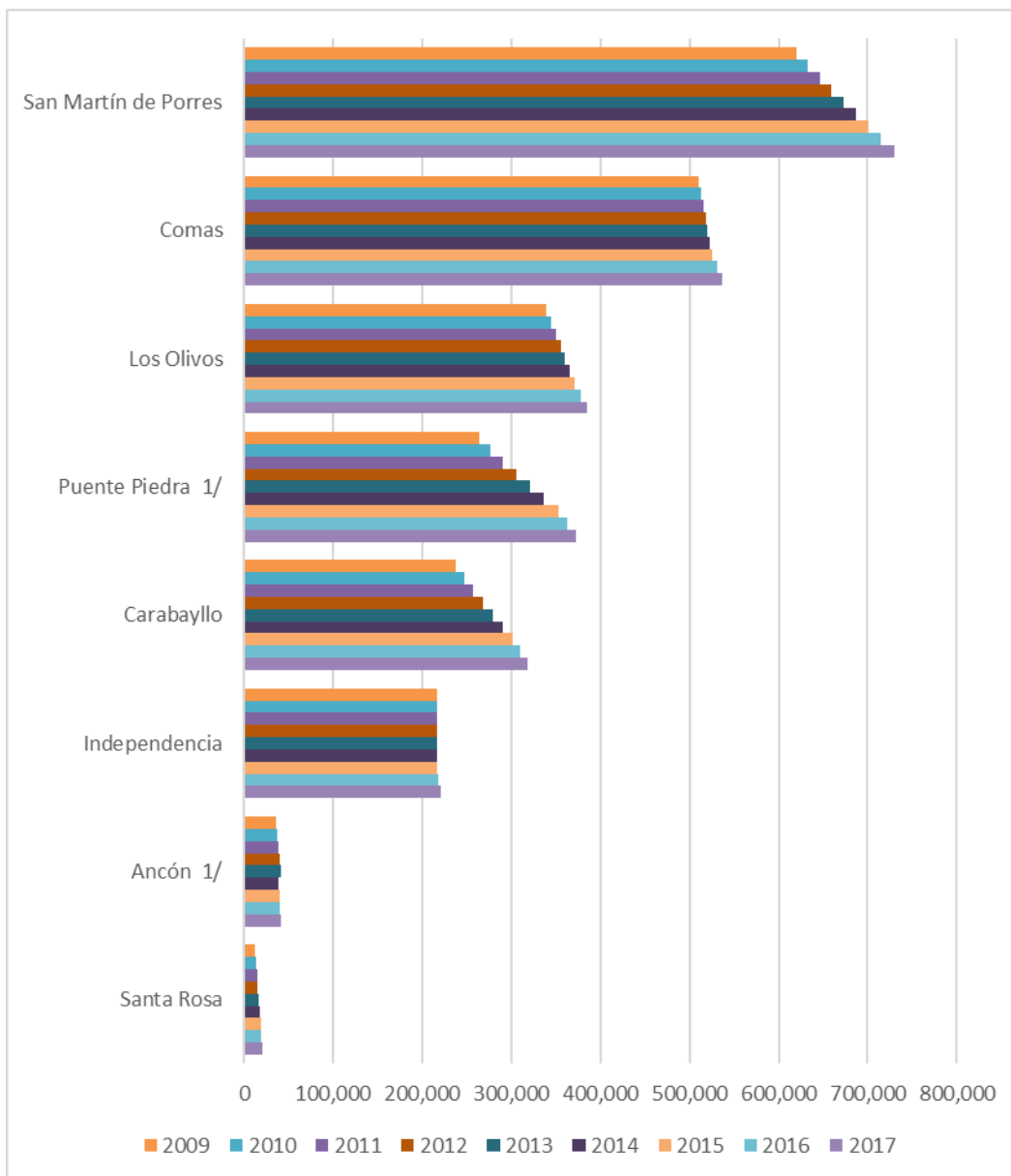
Gráfica 25: Población estimada por distritos, zona este, 2009-2017



Fuente: Elaboración Propia, con datos de INEI (2017). Compendio Estadístico Provincia de Lima 2017.

En la zona norte el distrito más poblado es San Martín de Porres (729 974 habitantes), seguido de Comas (537 263 habitantes). Por otra parte, el distrito menos poblado de la zona norte es Santa Rosa (19 802 habitantes). Cabe mencionar que en esta zona de Lima el distrito de Ancón es el único distrito que presenta una disminución en su población en el año 2014 con respecto al 2013.

Gráfica 26: Población estimada por distritos, zona norte, 2009-2017

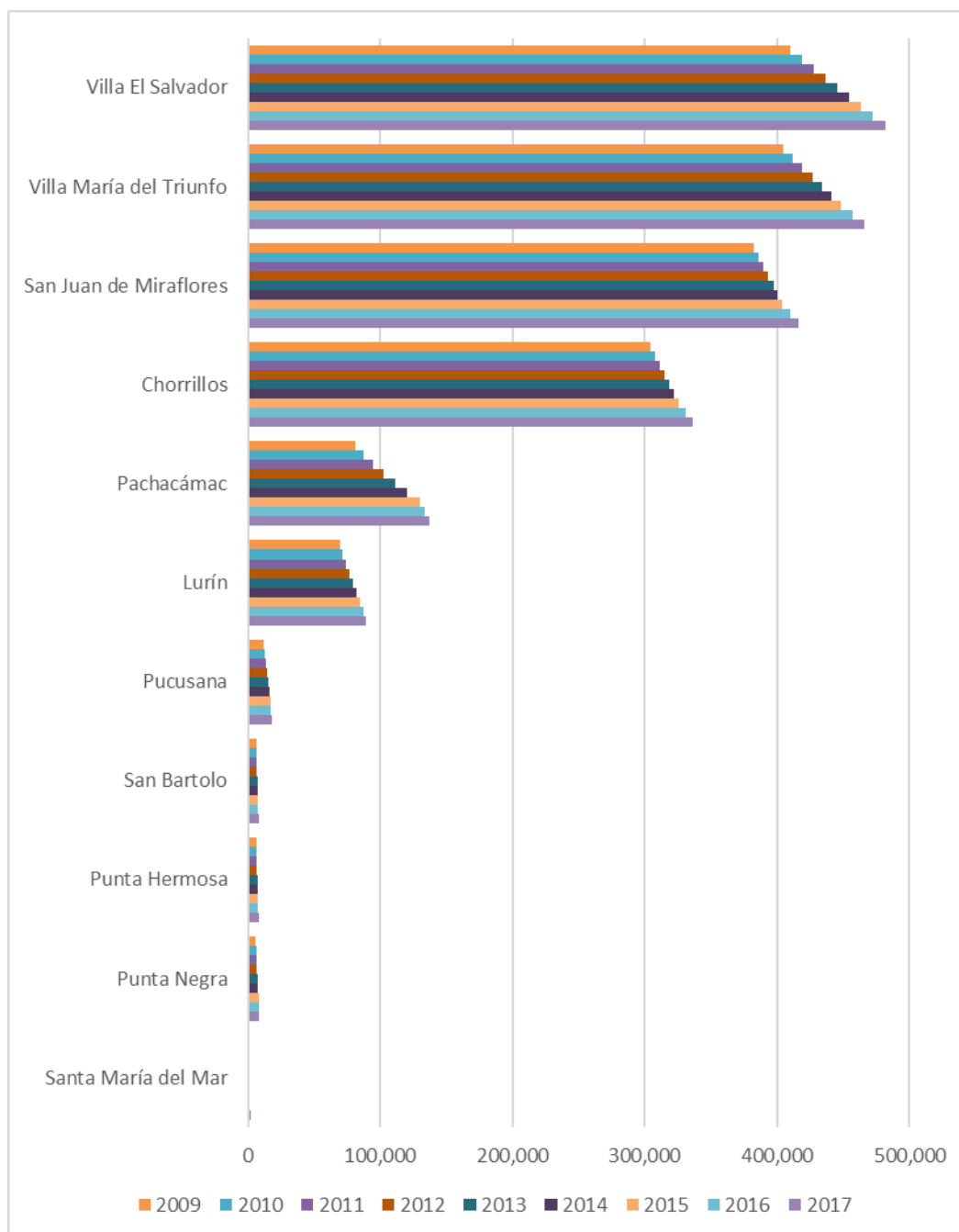


Fuente: Elaboración Propia, con datos de INEI (2017). Compendio Estadístico Provincia de Lima 2017.

La zona sur, presenta un incremento poblacional continuo en el periodo 2009-2017 para todos los distritos que la conforman. El distrito más poblado es Villa El Salvador (482 027 habitantes), seguido de Villa María del Triunfo (465 735 habitantes), mientras que el distrito menos poblado de la zona Sur es Santa María del Mar (1 694 habitantes).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 27: Población estimada por distritos, zona norte, 2009-20017

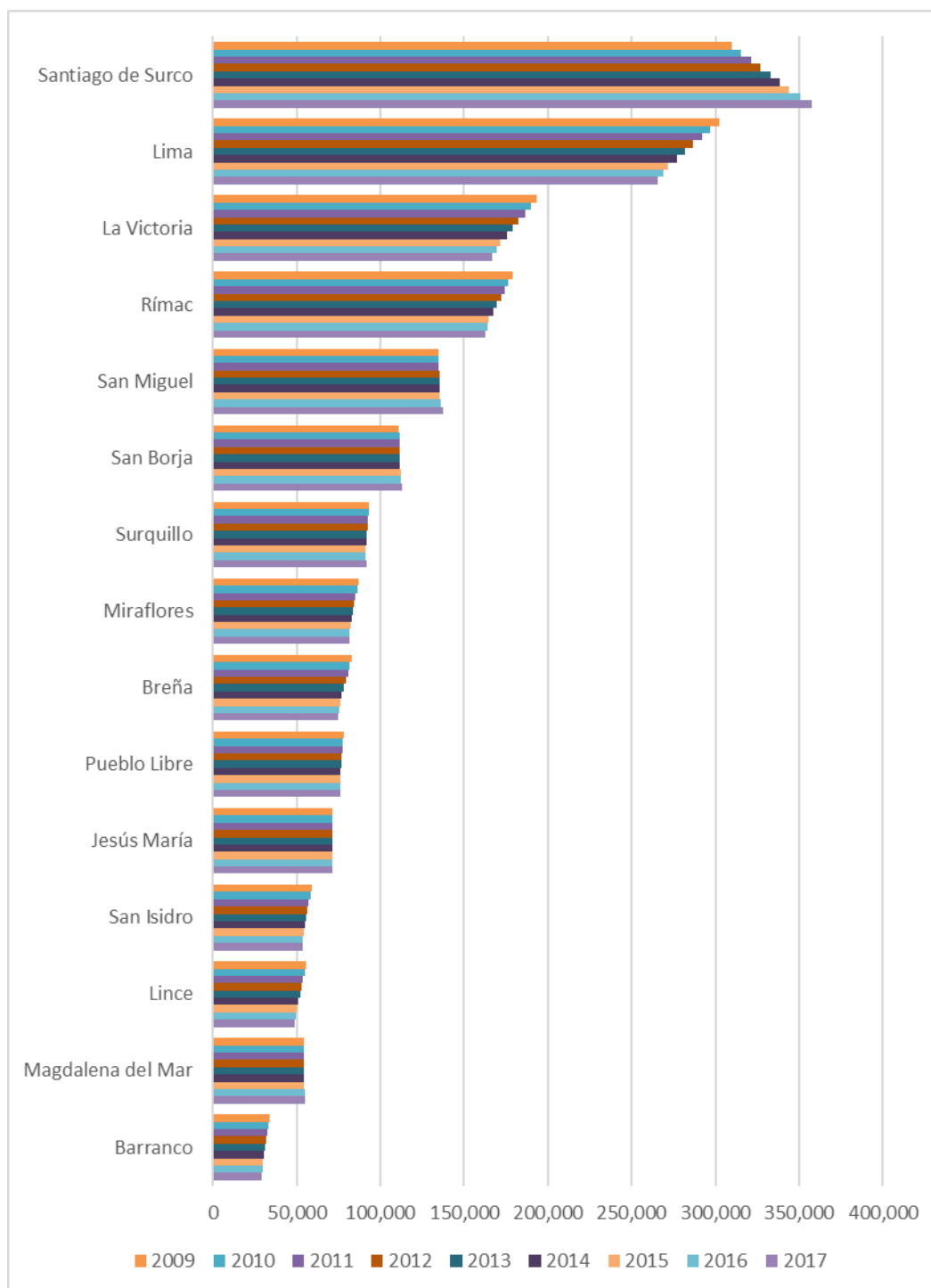


Fuente: Elaboración Propia, con datos de INEI (2017). Compendio Estadístico Provincia de Lima 2017.

La zona centro, presenta una disminución de su población global durante el periodo 2009-2017, sin embargo, distritos como Santiago de Surco, San Miguel, San Borja, Jesús María y Magdalena han incrementado su población durante este mismo periodo. El distrito más poblado es Santiago de Surco (357 577 habitantes), seguido de Lima (265 693 habitantes), mientras que el distrito menos poblado de la zona Centro es Barranco (28 970 habitantes).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 28: Población estimada por distritos, zona centro, 2009-2017

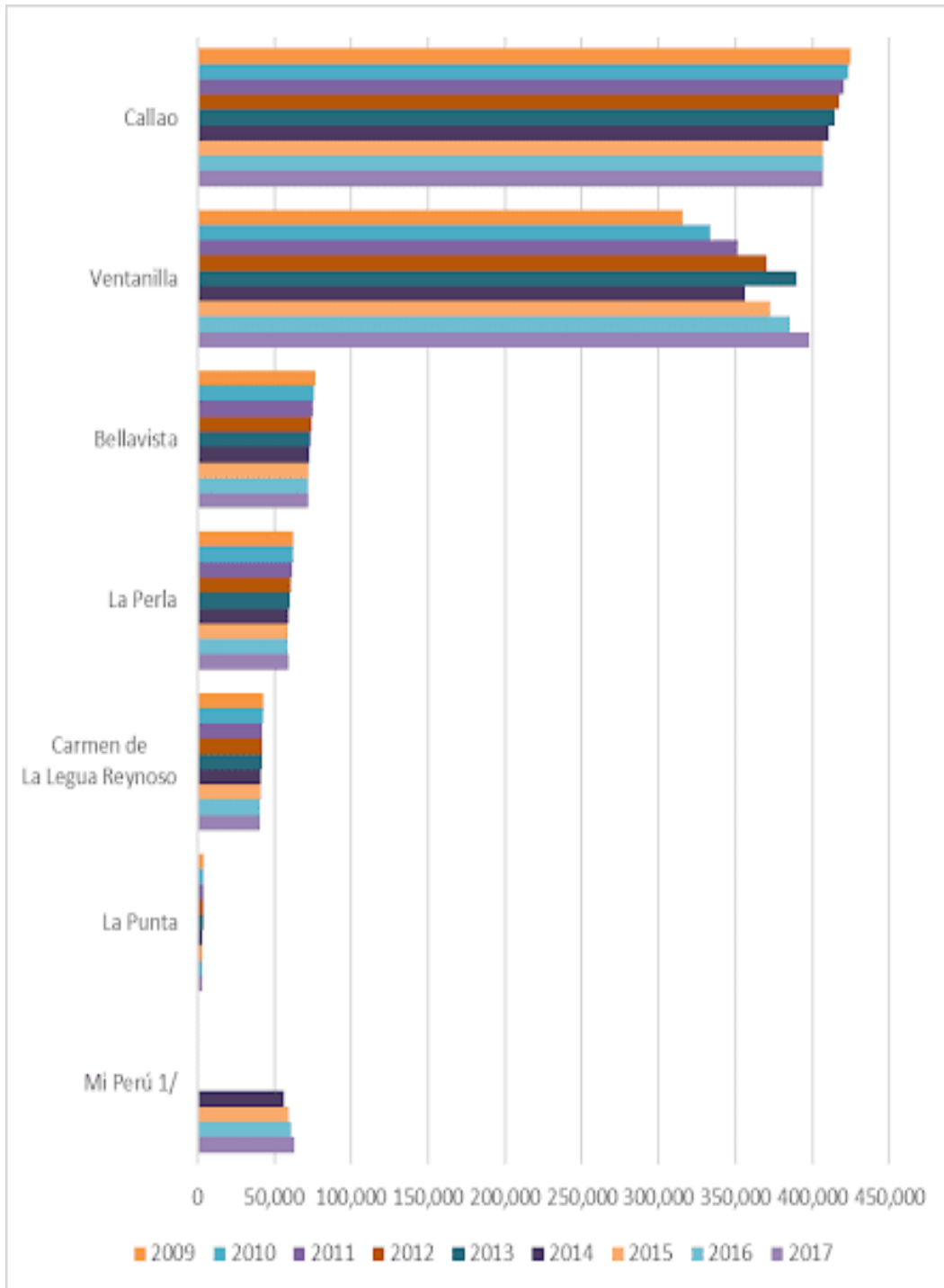


Fuente: Elaboración Propia, con datos de INEI (2017). Compendio Estadístico Provincia de Lima 2017.

Finalmente, el Callao presenta un decrecimiento de su población global durante el periodo 2009-2017, sin embargo, en dos (02) de los siete (07) distritos se incrementó la población (Ventanilla y Mi Perú). El distrito más poblado es Callao (406 686 habitantes), seguido de Ventanilla (398 017 habitantes), mientras que el distrito menos poblado de la zona Callao es La Punta (3 152 habitantes).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 29: Población estimada por distritos del Callao, 2009-2017



Fuente: Elaboración Propia, con datos de INEI (2017). Compendio Estadístico Provincia de Lima 2017.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

3.2.2. Estadísticas referentes al transporte y movilidad urbana:

➤ **Caracterización del parque automotor:**

El parque automotor para Lima-Callao (incluyendo vehículos de 2 y 3 ruedas) se estima en 2 281 786 vehículos, de los cuales cabe resaltar que las categoría “autos” y “station wagon” representan en conjunto el 47,85%, mientras que motos (vehículos de 2 y 3 ruedas) representan el 23,18% del total del parque automotor en Lima-Callao.

Cuadro 5: Parque automotor para Lima y Callao (2016).

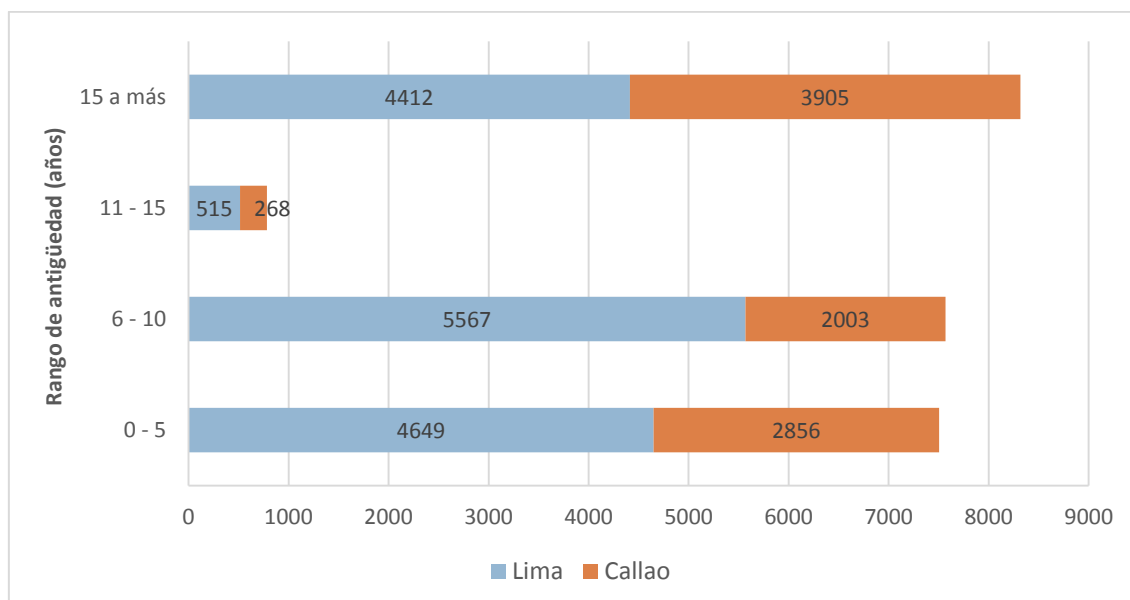
DISTRIBUCIÓN DE CATEGORÍAS VEHICULARES PARA LIMA-CALLAO (2016)										
Categoría Vehicular	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	COMBI	CAMIONETA PANEL	ÓMNIBUS	CAMIÓN	REMOLCADOR	MOTOS*	TOTAL
N° de vehículos	807529	284251	163793	236502	31006	50441	116601	62796	528867	2281786
Porcentaje	35,39%	12,46%	7,18%	10,36%	1,36%	2,21%	5,11%	2,75%	23,18%	100%

(*)INEI sumatoria del registro del 2011 al 2016.

Fuente: Compendio estadístico del INEI 2017

Respecto a la edad del promedio de las unidades de transporte público en el área metropolitana de Lima y Callao al 2018, la Fundación Transitemos estima que es de 12,5 años. Sin embargo, como se aprecia en la gráfica 30, las unidades de transporte público presentan mayor edad promedio.

Gráfica 30: Flota de transporte público en Lima y Callao, por antigüedad vehicular (2018)



Fuente: Elaboración propia con datos del oficio N° 1690-2018-MPC/GGPMA y Oficio N° 647-201-MML/GSCGA-SGA

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

En lo que respecta a la flota de taxis registrados en Lima y Callao, al 2016, se presenta una predominancia de vehículos con una antigüedad más de 15 años (34,4 %). Sin embargo, como también se puede observar en el cuadro 7, los taxis con antigüedad de 6 a 10 años representan un 31.31% del total de la flota de taxis.

Cuadro 6: Flota de taxis en Lima y Callao, por antigüedad vehicular (2016)

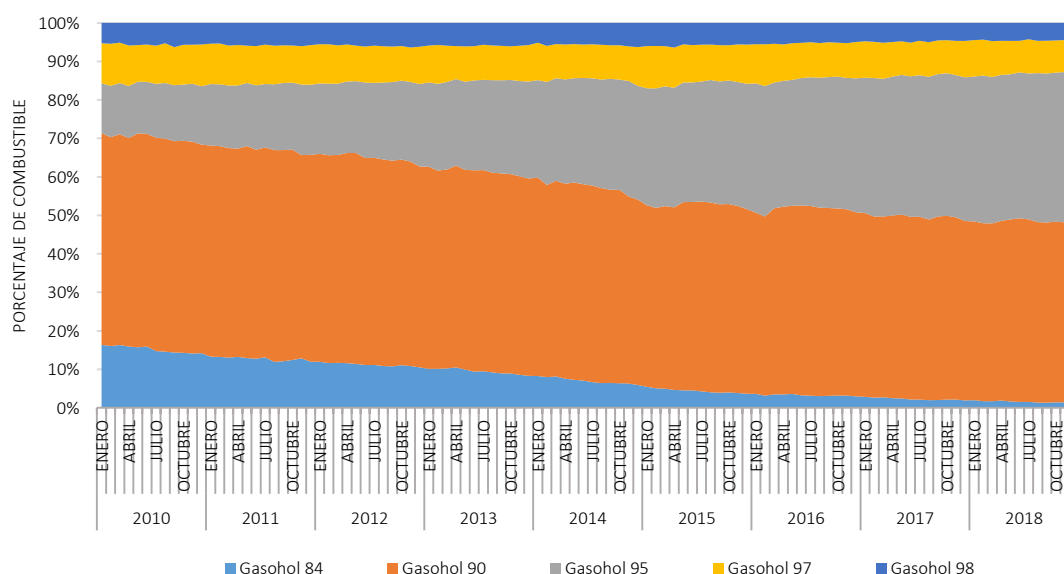
EDAD	PORCENTAJE
0 - 5	31,04
6 - 10	31,31
11 - 15	3,24
15 a más	34,4
TOTAL	100

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano de la Municipalidad de Lima y Municipalidad Provincial del Callao

➤ Consumo y calidad de combustibles:

Como se puede observar en las gráficas 31 y 32, el comportamiento modal del consumo de gasoholes, tanto para Lima como para Callao, ha ido evolucionando positivamente hacia los gasoholes de mayor octanaje.

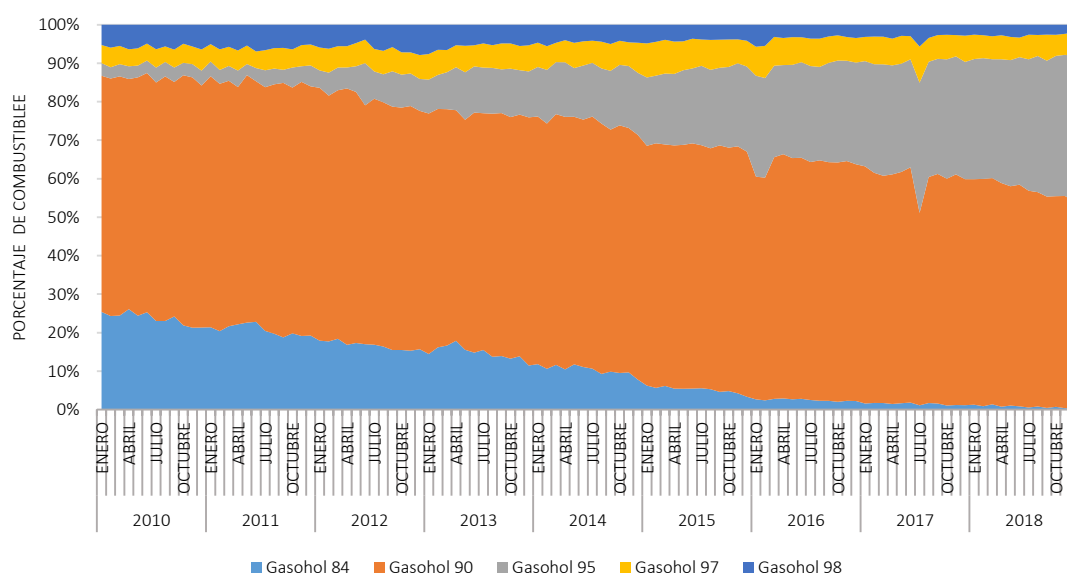
Gráfica 31: Variación porcentual de la demanda de gasoholes de Lima, desde el 2010 hasta 2018



Fuente: Elaboración propia basada en datos de OSINERGMIN (2018)

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 32: Variación porcentual de la demanda de gasoholes de la Provincia Constitucional del Callao, desde el 2010 hasta 2018



Fuente: Elaboración propia basada en datos de OSINERGMIN (2018)

En el caso de la Provincia de Lima, el G84⁸ representó un consumo de 16 % en el 2010, mientras que para el 2018 su consumo no representó más del 2 %. Por el contrario, el G95⁹ presentó un consumo de 13 % en el 2010, mientras que para el 2018 su representó un 38 %. Cabe resaltar que G90¹⁰ en Lima es el gasohol que más se consume al representar una demanda de 50 % sobre el total de gasoholes.

En el caso del Callao, el G84 presentó un consumo de 25% en el 2010, mientras que para abril del 2018 su consumo disminuyó a un poco más de 1%. Por el contrario, el consumo de G95 en el 2010 representó un consumo de 3 %, mientras que para el 2018 su consumo se incrementó hasta un valor de 41 %. Cabe resaltar que, al igual que en Lima, en el Callao el G90 es el gasohol que más se consume representando una demanda de 62 % sobre el total de gasoholes.

Cabe mencionar que la demanda, en términos absolutos, de gasoholes/gasolinas se ha ido incrementando año a año. Para Lima, el promedio anual se ha incrementado de 463 249, 17 gln/d (2010) a 7491 919,15 gln/d (2018), representando un crecimiento de aproximadamente 94 %. Para el caso del Callao, los valores han ido de 223 22,92 gln/d (2010) a 44 396,75 gln/d (2018), representando un incremento de aproximadamente 50%.

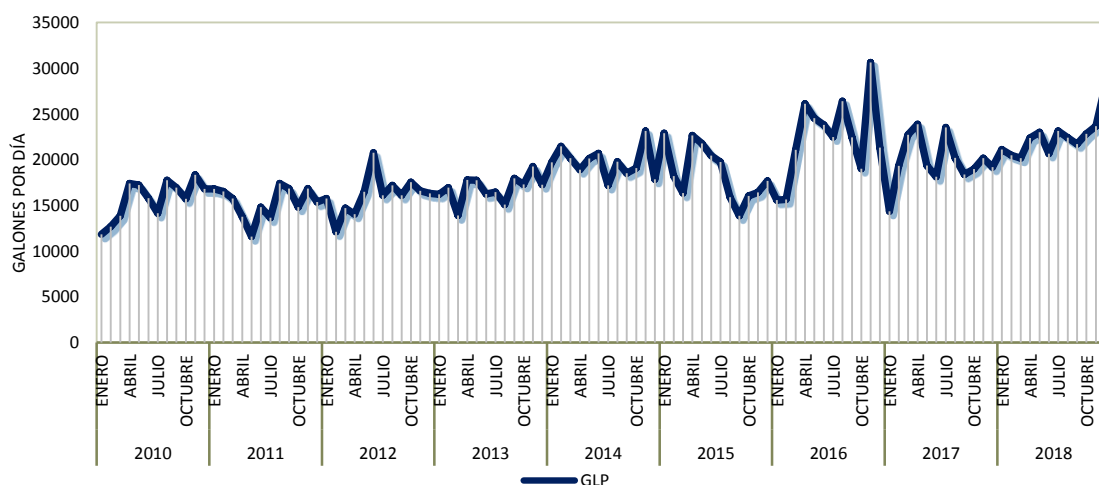
8 Gasohol/Gasolina 84 RON

9 Gasohol/Gasolina 95 RON

10 Gasohol/Gasolina 90 RON

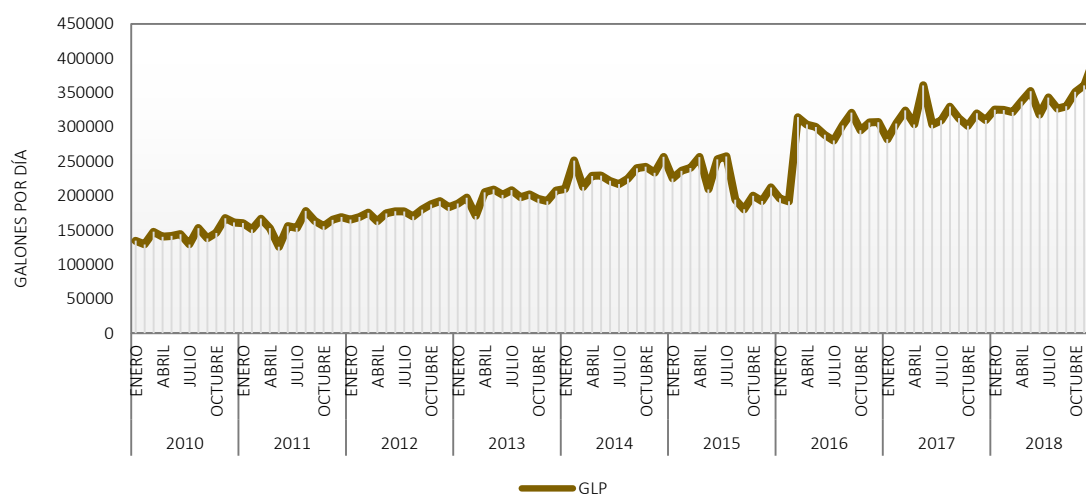
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 33: Variación de la demanda de GLP en los establecimientos de venta al público por producto, Provincia Constitucional del Callao (2010 – 2018)



Fuente: Elaboración propia basada en datos de OSINERGMIN (2018)

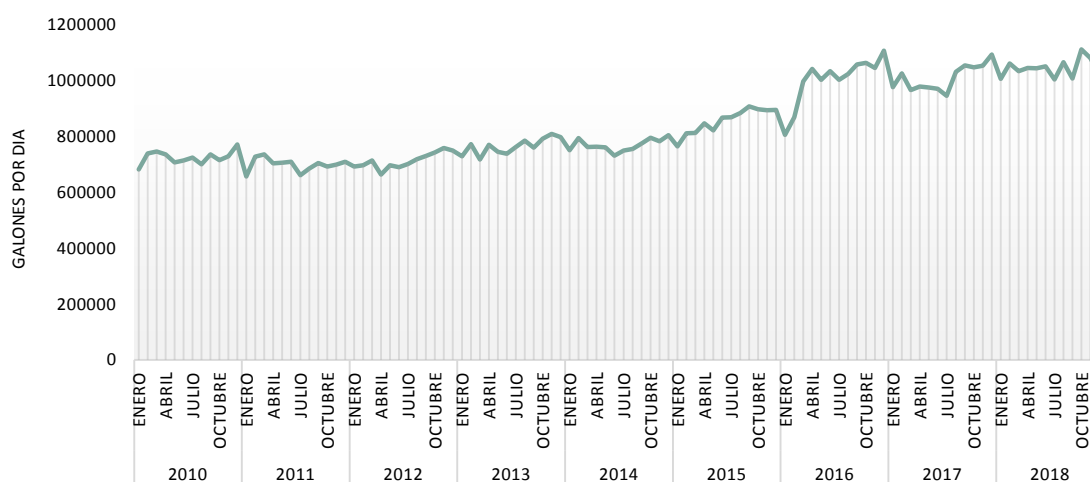
Gráfica 34: Variación de la demanda de GLP en los establecimientos de venta al público por producto, Lima (2010 – 2018)



Fuente: Elaboración propia basada en datos de OSINERGMIN (2018)

La demanda, en términos absolutos, de GLP automotriz también se ha ido incrementando año a año. Para Lima, el incremento ha ido de 144 228,42 gln/d (2010) a 340 570,58 gln/d (2018), representando un crecimiento de aproximadamente 136 %; mientras que para el caso del Callao, el incremento ha ido de 15 710,42 gln/d (2010) a 22 464,5 gln/d (2018), lo que equivale a un incremento de aproximadamente 43 %.

Gráfica 35: Variación de DB5 S-50 - Lima y Callao



Fuente: Elaboración propia basada en datos de OSINERGMIN (2018)

Finalmente, la demanda, en términos absolutos, de DB5-S50¹¹ para Lima-Callao se ha ido incrementando de 724 479 gln/d (2010) a 1 043 630,1 gln/d (2018), representando un crecimiento de aproximadamente 44 %.

➤ Movilidad urbana (desplazamientos):

De acuerdo con la Fundación Transitemos¹², se estima que en Lima y Callao se realizan 26 709 000 viajes diarios, lo que representa un incremento de aproximadamente 20 % desde 2013. Este crecimiento se traduce en un incremento anual de 3,3 % del número de viajes, versus el crecimiento poblacional de 1,25 %.

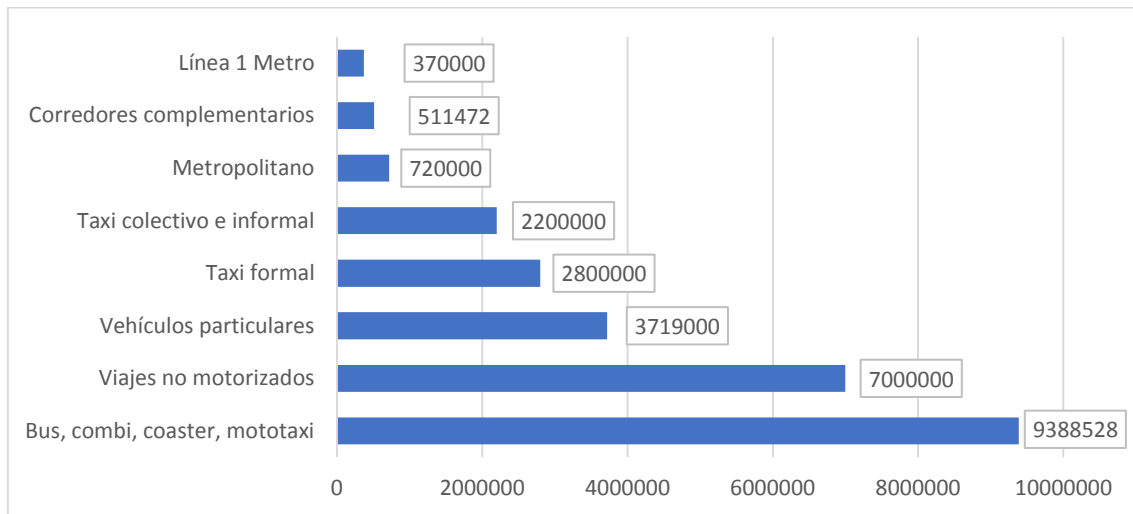
En el año 2018, la distribución de los viajes por modalidad de transporte regular realizada por “bus, combi, coaster, mototaxi” ha sido la más usada alcanzando un 35 %.

11 Biodiesel con contenido de 50 ppm en azufre.

12 Fundación Transitemos (2018). Informe de Observancia situación del transporte urbano en Lima y Callao 2018.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

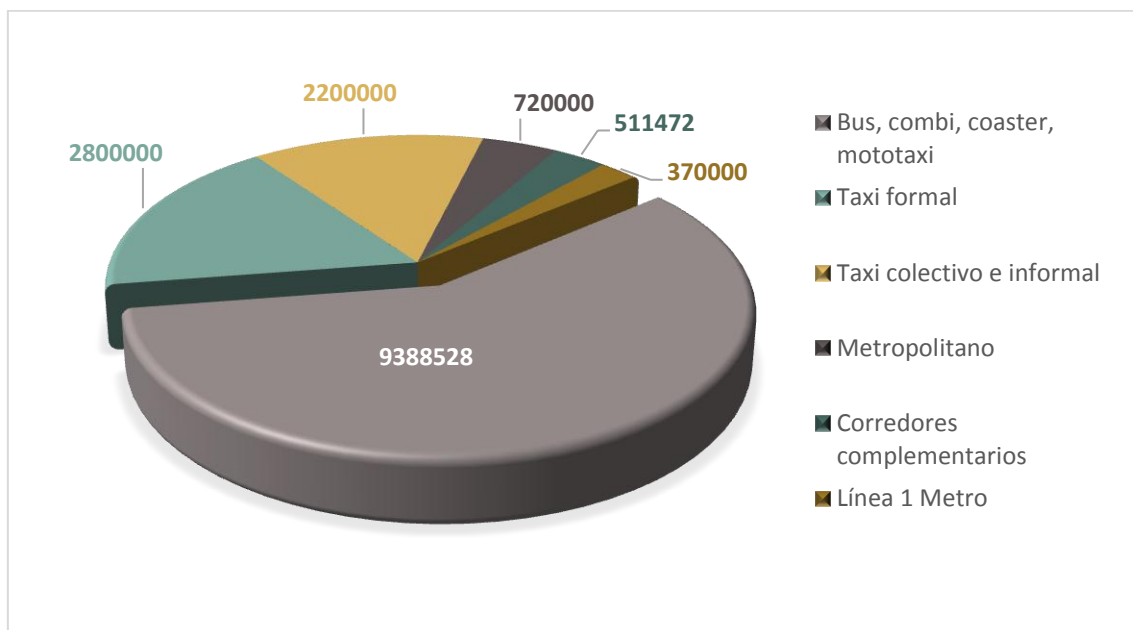
Gráfica 36: Distribución del total de viajes por modalidad de transporte



Fuente: Elaboración propia, con datos de Fundación Transitemos (2018).

Respecto al transporte público, según la Fundación Transitemos, el número de viajes realizados es de 15 990 000 viajes/día, valor que se encuentra por encima de los valores de otras ciudades de América Latina. De estos viajes, el transporte en bus, combi, coaster y mototaxi representa casi el 60 %, como se puede apreciar en la gráfica 37. Por otro lado, la modalidad de taxis (formal, informal y colectivo) equivale a aproximadamente un 31 % de los viajes en transporte público.

Gráfica 37: Viajes diarios en vehículos de transporte público

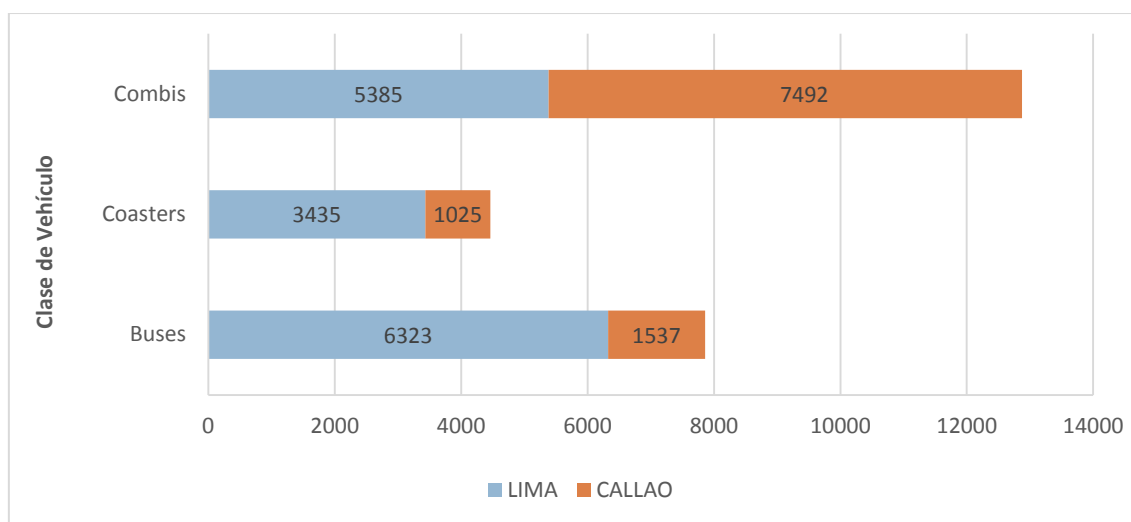


Fuente: Elaboración propia, con datos de Fundación Transitemos (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

La gráfica 38 representa el transporte público regular (en bus, combi y coaster), apreciándose que en Lima se tienen inscritas 15 143 unidades distribuidas en 372 rutas, mientras que en el Callao se tienen 10 054 unidades en 144 rutas. La distribución por tipo de vehículo de transporte público autorizado indica que, en Lima y Callao, las combis representan la mayoría de estas unidades.

Gráfica 38: Número de vehículos de transporte público por categoría en Lima y Callao



Fuente: Elaboración propia con datos del oficio N° 1690-2018-MPC/GGPMA y Oficio N° 647-201-MML/GSCGA-SGA.

3.2.3. Sector industrial en el ámbito de Lima y Callao:

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Local Concertado de Lima Metropolitana 2016-2021¹³, en Lima Metropolitana 6 192 hectáreas son destinadas a la actividad industrial, distribuyéndose como se ve en el cuadro 8, una mayor proporción de terrenos industriales en la zona este con un valor que alcanza el 59 %.

Cuadro 7: Área industrial por zonas en la Provincia de Lima (2011)

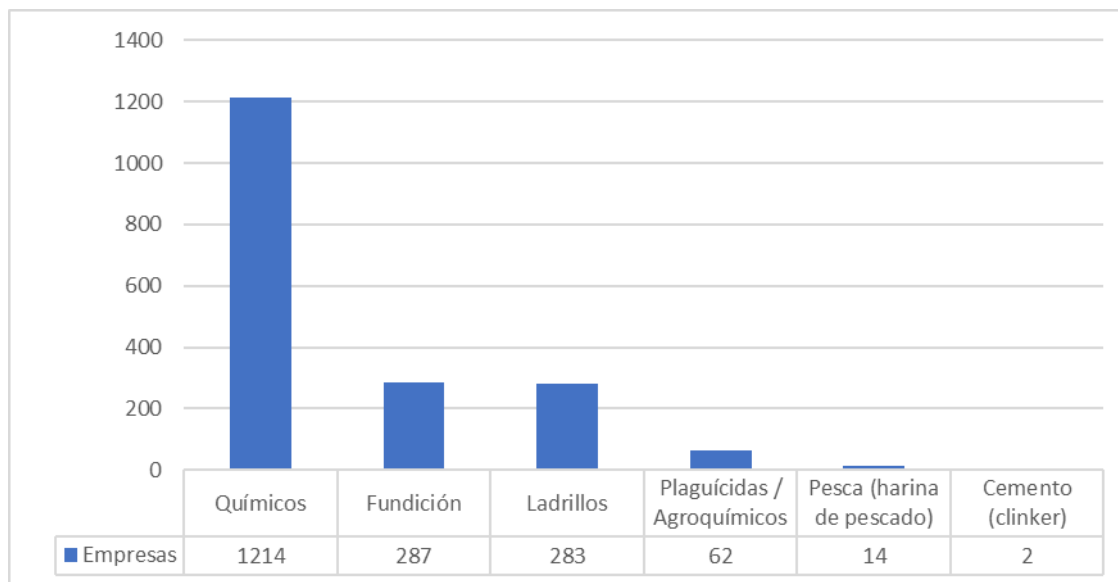
ZONA	DISTRIBUCIÓN DE TERRENOS (m ²)	PORCENTAJE (%)
Norte	571	9
Este	3 660	59
Sur	1 661	27
Centro	300	5
Total	6 192	100

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima (2016).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Respecto a los rubros industriales, para Lima y Callao se priorizaron los rubros químicos, fundición, ladrillos, plaguicidas/agroquímicos, pesca y cemento. De acuerdo con información provista por el Ministerio de la Producción¹⁴, se observa que en Lima y Callao predomina la existencia de empresas dedicadas a la producción de químicos, seguida de fundiciones.

Gráfica 39: Número de empresas industriales en Lima y Callao por rubro (2015)



NOTA:

Para los rubros de químicos, fundición, ladrillos y plaguicidas/agroquímicos, se tomó información del número de razones sociales inscritas en la provincia de Lima y Callao según los códigos CIU correspondientes.

Para el rubro de cemento se tomó información de la Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria sobre plantas con hornos para producción de Clinker.

Para el rubro de pesca se tomó información de la web del PRODUCE sobre plantas que producen harina de pescado (<http://www.produce.gob.pe/index.php/shortcode/servicios-pesca/plantas-pesqueras>)

Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de la Producción (2018).

IV. INVENTARIO DE EMISIONES

Este capítulo presenta el inventario de emisiones para Lima y Callao. Primero se describe la metodología para la elaboración del mismo, esto comprende las fuentes de información y las fórmulas de cálculo de las emisiones. En segundo lugar se presentan los resultados del inventario para fuentes móviles, fuentes fijas (puntuales y de área) y luego se presentan los resultados totalizados del inventario de emisiones.

Al final de este capítulo además de las estimaciones del inventario de emisiones se incluye una sección en la que se analizan los resultados de las mediciones de emisiones vehiculares tomadas en campo.

4.1. Modelización de Inventario de Emisiones

Metodología de cálculo:

Contando con información relativa al parque automotor e industria, en el ámbito de Lima y Callao, se ha logrado estimar las emisiones, considerando como año base al 2016, tanto para las fuentes móviles y fijas.

En todos los casos, para el cálculo de las emisiones estimadas se ha utilizado el siguiente algoritmo general de cálculo¹⁵:

$$EE = FE \times TsA (1-ER)$$

Dónde:

EE = Emisiones estimadas, en toneladas/año.

FE = Factor de emisión, en masa/unidad de actividad (combustibles consumido, producto terminado, otro).

TsA = Tasa de actividad, en unidad de actividad/año.

ER = Eficiencia de remoción o reducción de la tecnología de abatimiento que corresponda; en algunos casos la eficiencia ya se encuentra asumida en el valor de FE.

Los factores de emisión fueron obtenidos de las directrices del IPCC 2006 y 1996, del EMEP/EEA (2016) y/o de la “Recopilación de factores de emisión de contaminantes del aire” de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), denominado AP-42.

Para la recopilación de la data de actividad de las fuentes móviles (parque automotor, sin contar la maquinaria fuera de ruta –*off road*-), se ha tomado en consideración la siguiente información:

- Demanda de combustibles en estaciones de servicio y/o grifos (galones por día y porcentaje).
- Distribución de las categorías vehiculares (porcentaje).

15 Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos - USEPA (2017). Guía para la Estimación de Emisiones AP-42.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

- Recorridos promedios por categoría vehicular (km/año).
- Flota vehicular por categorías y antigüedad (%). En función a la antigüedad se ha determinado el nivel tecnológico del tipo Euro (Pre-euro: Antes del año 2000, Euro 1: 2000-2003, Euro 2: 2003-2007, Euro 3: 2007-2016).

Para la recopilación de la data de actividad de las fuentes industriales, se ha tomado en consideración la información sobre los niveles de producción disponibles en INEI al 2016^{16,17}. Las industrias de las cuales se ha podido disponer de información respecto a la tasa de actividad han sido:

- Cemento¹⁸.- para la determinación de ER se ha asumido un 98% para partículas, por la tecnología de abatimiento asumida (filtros de mangas).
- Harina de pescado.- para la determinación de FE en el proceso productivo, en todos los casos, aplica secado por rotatubo a vapor.
- Refinación de petróleo crudo.
- Refinación de cobre.- para la determinación de ER se ha asumido un 98 % para partículas y 95 % para SO₂, por la tecnología de abatimiento asumida (filtros de mangas y Planta de H₂SO₄, respectivamente).
- Refinación de zinc.- para la determinación de ER se ha asumido un 98 % para partículas y 95 % para SO₂, por la tecnología de abatimiento asumida (filtros de mangas y Planta de H₂SO₄, respectivamente).

Para la recopilación de la data de actividad de las fuentes de área, los rubros de los cuales se ha podido disponer de información respecto a la tasa de actividad han sido:

- Restaurantes - pollería.- el consumo de carbón vegetal ha sido asumido en 42 kg/día para cada pollería para un total estimado 23 167 pollerías en el ámbito metropolitano para el 2016¹⁹.
- Grifos y estaciones de servicio de expendio de combustibles²⁰.

El cálculo de emisiones estimadas no ha incluido a aquellos rubros industriales y/o comerciales de los cuales no ha sido posible obtener información de la tasa de actividad que permita realizar los cálculos correspondientes. Asimismo, en el inventario de fuentes móviles, en función de la data disponible, se ha incluido solamente la estimación de los vehículos de transporte terrestre destinados a su uso en el Sistema Nacional de Transporte Terrestre (SNTT).

16 INEI (2017). Provincia de Lima – Compendio Estadístico.

17 INEI (2017). Provincia Constitucional del Callao – Compendio Estadístico.

18 Factores de emisión por la producción de Clinker. Para estimar la producción de Clinker a partir de la producción de cemento, se utilizó una relación clinker/cemento equivalente al 77%. Factores de emisión detallados se presentan en el anexo 7.1.2. (CEMENTIS GMBH, 2017. Oferta, demanda, marco legal del cemento adicionado. Una consultoría en el marco del Proyecto Mecanismos Financieros para un Desarrollo bajo en Carbono – FinanCC Perú (BMZ/USAID), Programa CF Ready.)

19 Cálculos realizados sobre la base de: Solis, G y Almonacid, O (2013) Estudio de Pre-factibilidad para la implementación de una cadena de restaurantes de pollo a la brasa en tres zonas geográficas de Lima Metropolitana y Callao enfocada en los niveles socioeconómicos C y D. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial – Pontificia Universidad Católica del Perú.

20 Demanda de combustibles a nivel de Lima-Callao recabada del SCOP-OSINERGMIN.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

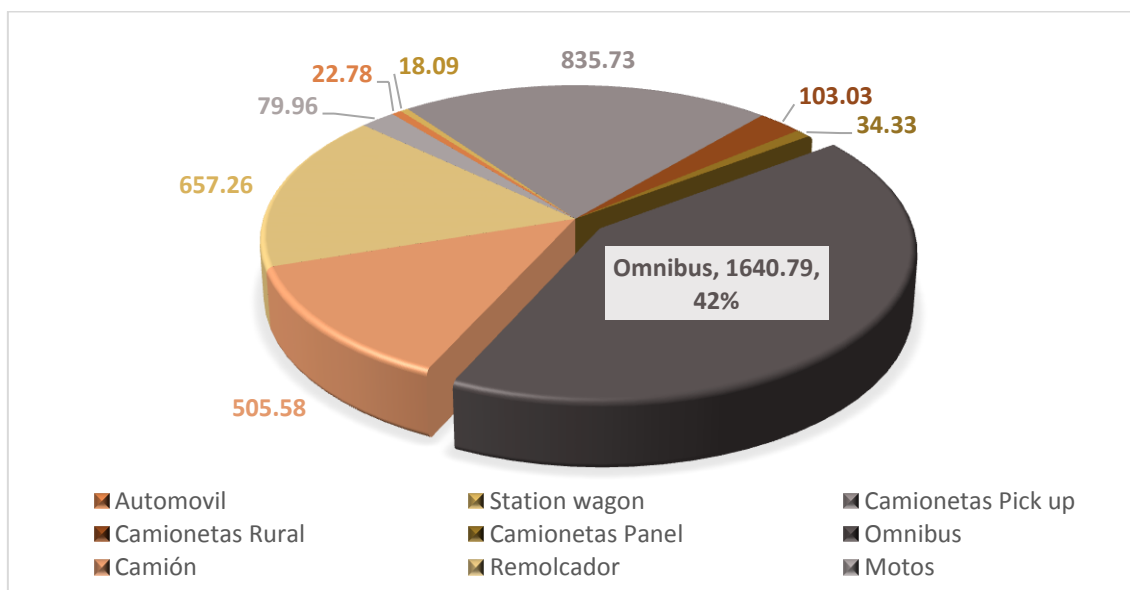
4.2. Resultados del Inventario de Emisiones

4.2.1. Fuentes móviles

Esta sección presenta los resultados de las estimaciones de emisiones provenientes del parque automotor, se analizan los parámetros ($PM_{2,5}$, NO_x , CO , $COVNM$, carbono negro y SO_2) según las características del mismo (categoría vehicular, tecnología y combustible).

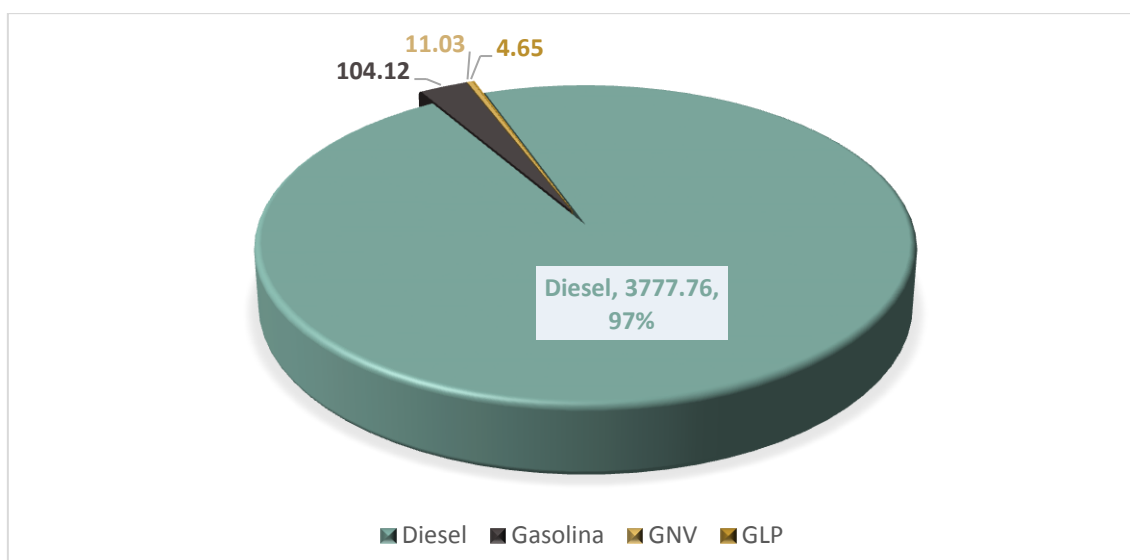
Seguidamente se muestran proyecciones de escenarios analizando las emisiones de $PM_{2,5}$, NO_x y SO_2 , según el contenido de azufre de los combustibles.

Gráfica 40: Emisiones de $PM_{2,5}$ por categoría vehicular Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

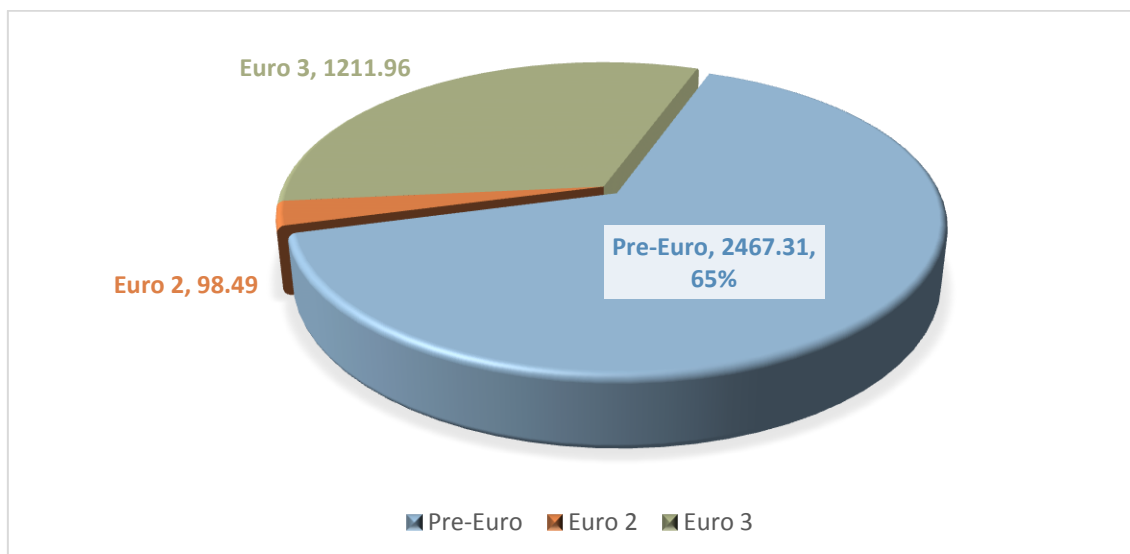
Gráfica 41: Emisiones de $PM_{2,5}$ por tipo de combustible Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 42: Emisiones de PM_{2,5} por tecnología vehicular - diésel Lima-Callao (Ton/año- 2016)

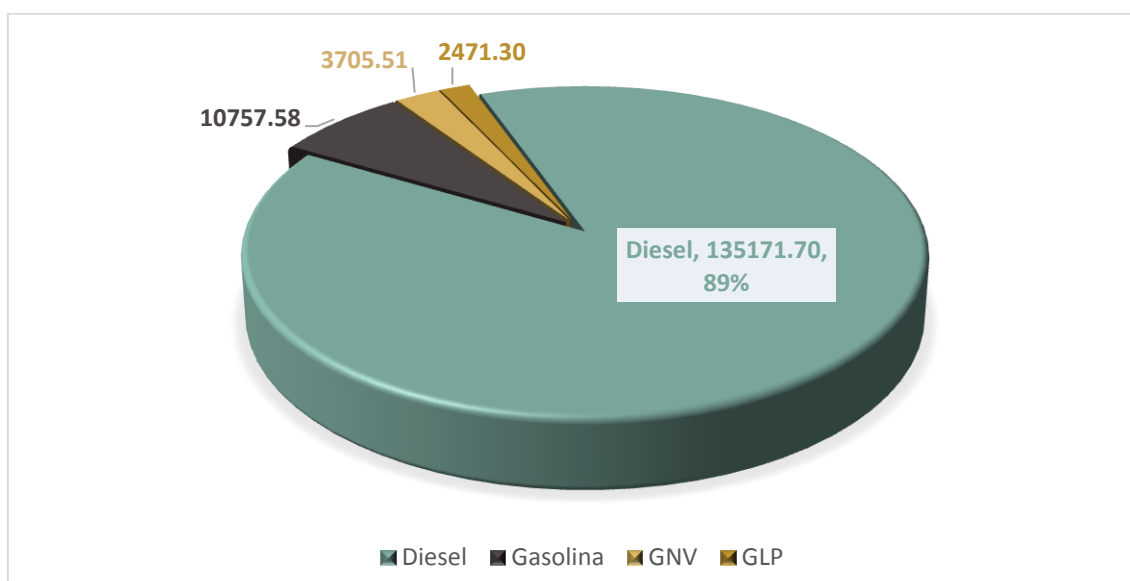


Fuente: Elaboración propia (2018).

Analizando las gráficas 40 al 42, se aprecia que las emisiones de material particulado (3 897 ton/año) se deben predominantemente a la combustión de los vehículos a diésel (97 %). Considerando solamente la categoría vehicular, los ómnibus representan el 42 % del total de las emisiones de PM_{2,5} de los vehículos en Lima-Callao, siendo la categoría que más PM_{2,5} emite. Otro aspecto a resaltar, es que los vehículos de tecnología Pre-Euro representan un 65 % del total y estos serían los principales aportantes de PM_{2,5} de las fuentes móviles.

En resumen, estas gráficas indican que las emisiones vehiculares de PM_{2,5} están principalmente relacionadas con la combustión de vehículos de las categorías ómnibus a diésel y de 14 años o más de antigüedad.

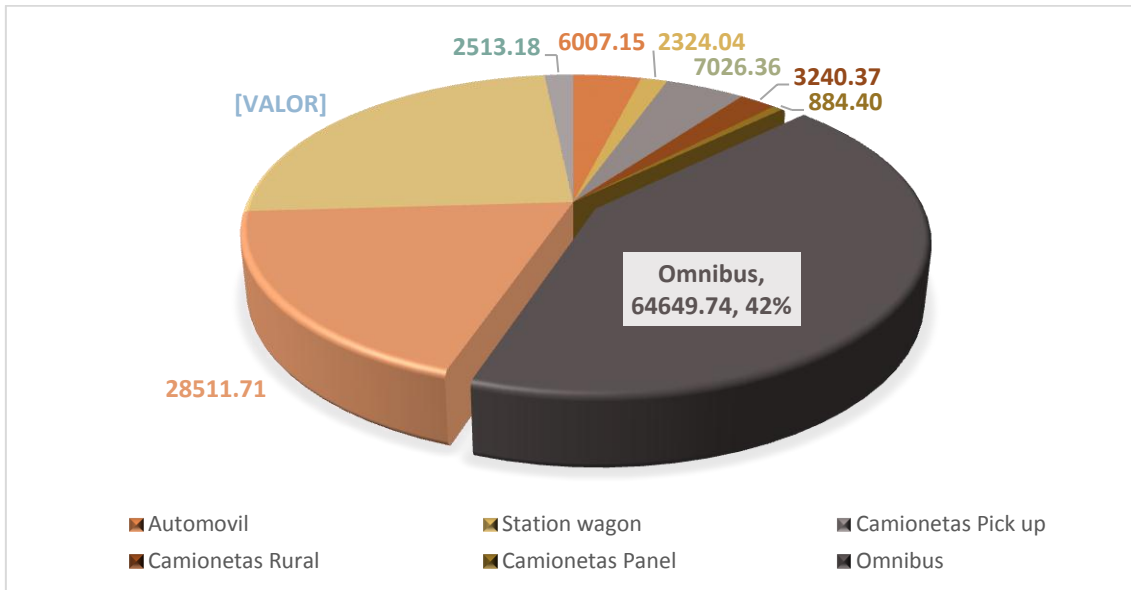
Gráfica 43: Emisiones de NOx por tipo de combustible Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

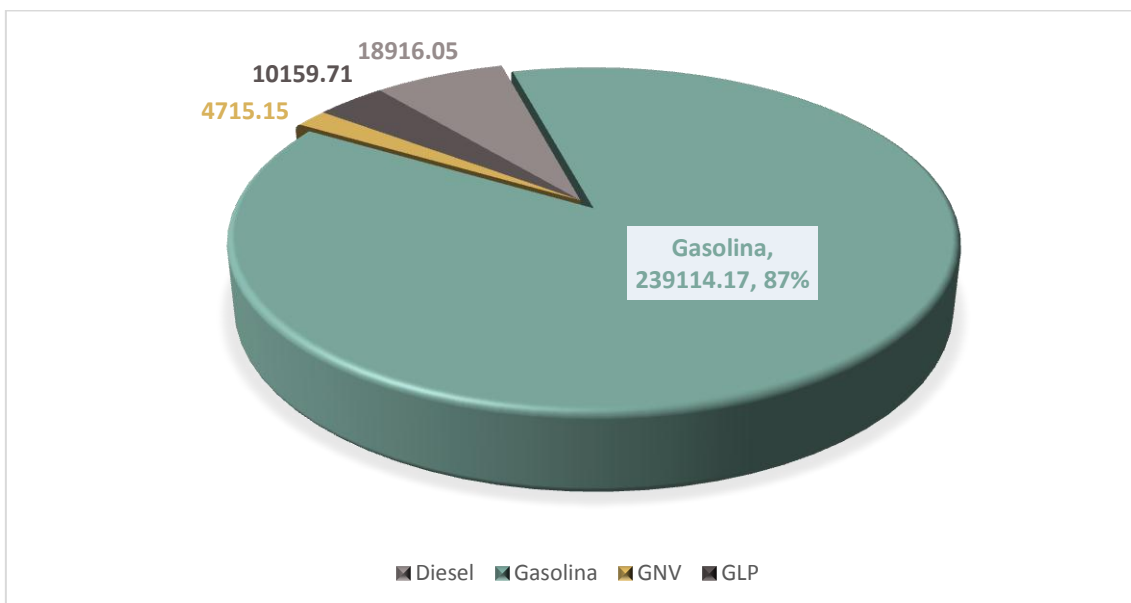
Gráfica 44: Emisiones de NOx por categoría vehicular Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

De manera bastante similar al caso del $PM_{2.5}$, las gráficas 43 y 44 muestran que las estimaciones de las emisiones de NOx (152 106 ton/año) se deberían predominantemente a la combustión de los vehículos a diésel (89 %). Considerando la categoría vehicular, los ómnibus representan el 42 % del total de las emisiones de los vehículos en Lima-Callao, siendo la categoría que más NOx emite a la atmósfera.

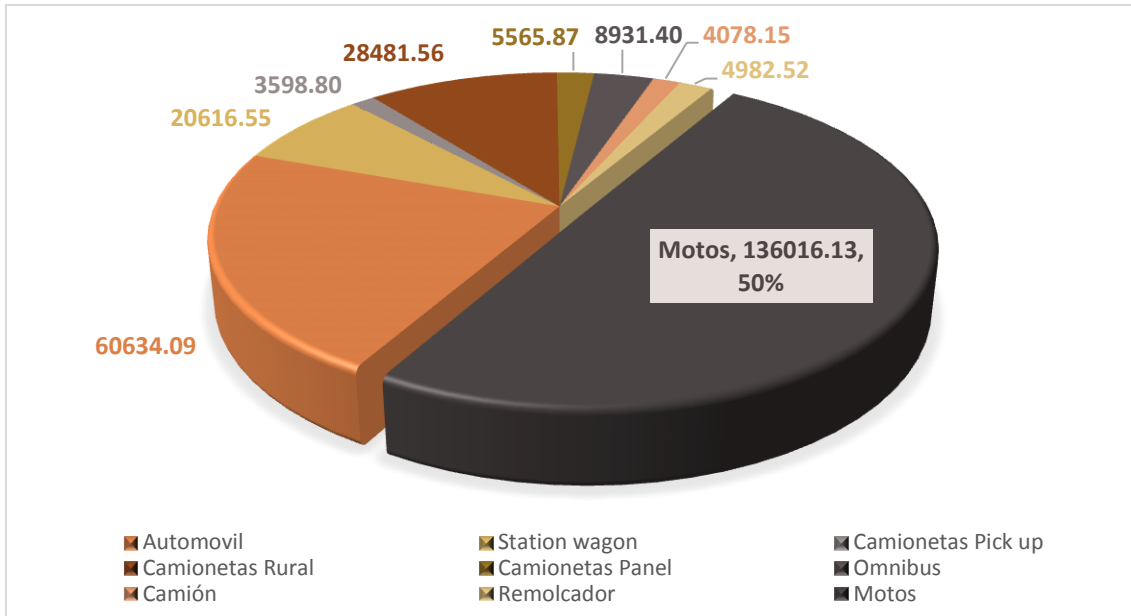
Gráfica 45: Emisiones de CO por tipo de combustible Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

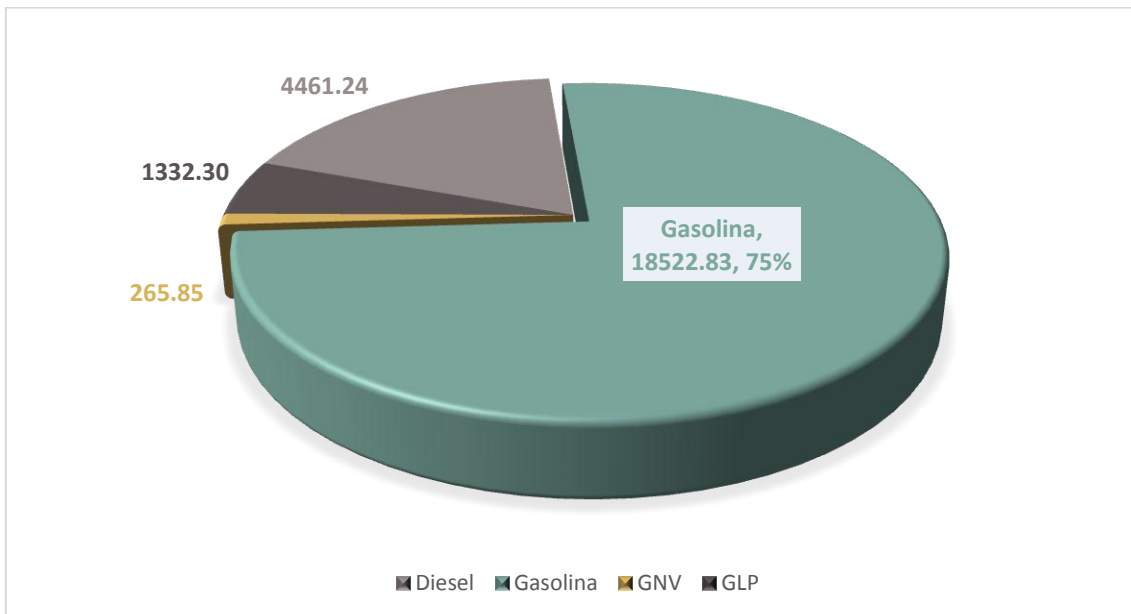
Gráfica 46: Emisiones de CO por categoría vehicular Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

En el caso del monóxido de carbono (CO), las gráficas 45 y 46 muestran que las emisiones estimadas de este parámetro (272 905 ton/año), se deberían predominantemente a la combustión de los vehículos a gasolina/gasohol (87 %). Si evaluamos por categoría vehicular, se aprecia que las motos serían las que más CO aportan, representando el 50 % de las emisiones de CO del parque automotor de Lima y Callao.

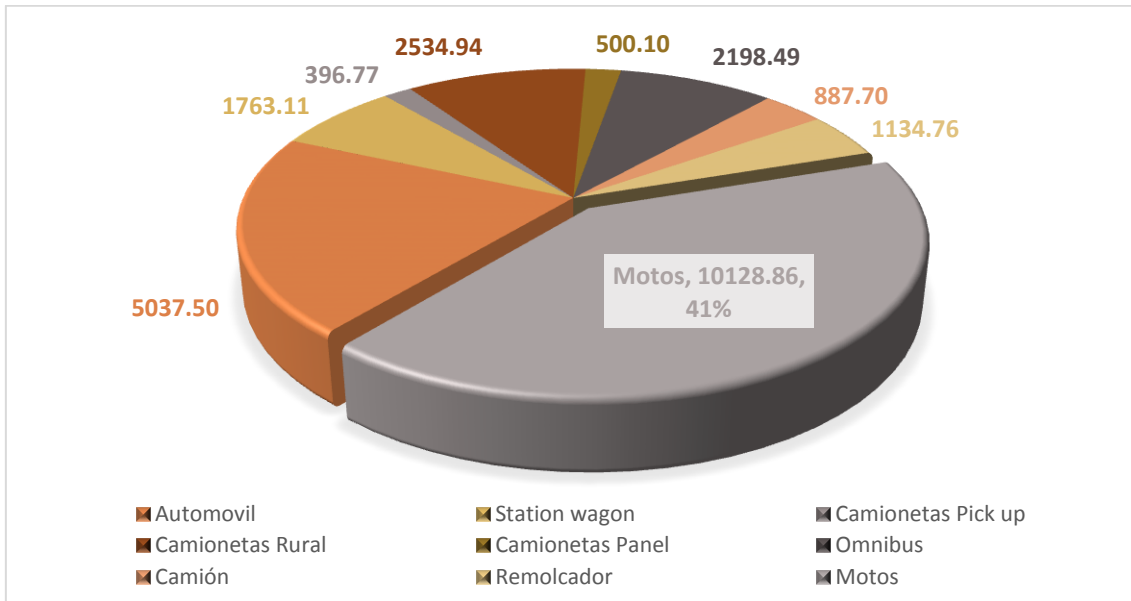
Gráfica 47: Emisiones de COVNM por tipo de combustible Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

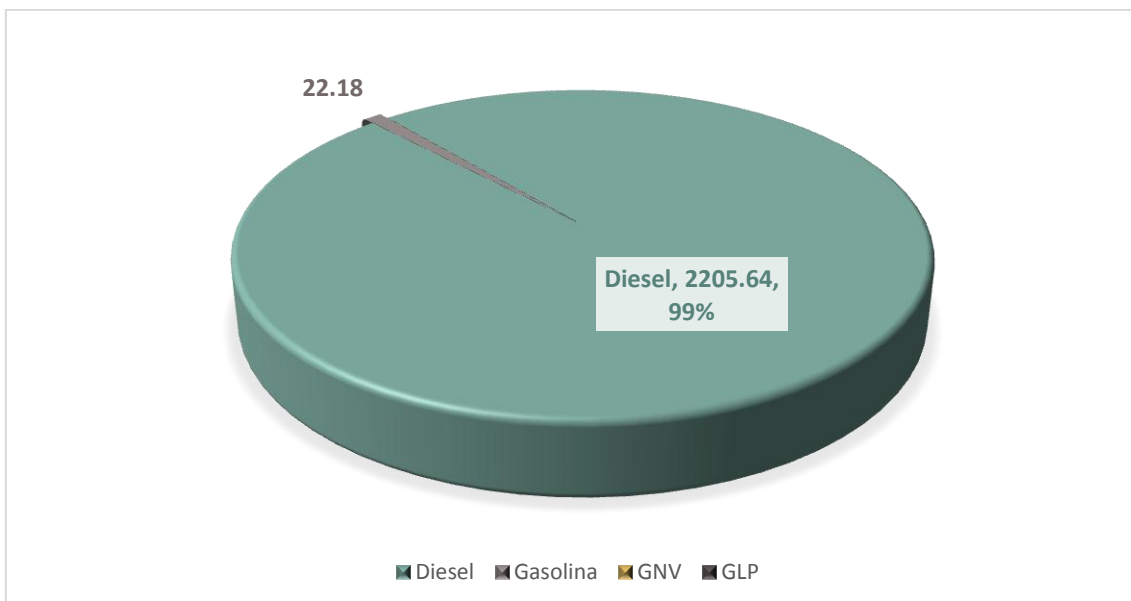
Gráfica 48: Emisiones de COVNM por categoría vehicular Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

En el caso de Compuesto Orgánicos Volátiles No Metánicos (COVNM), las gráficas 47 y 48, muestran que las emisiones de este contaminante (24 582 ton/año) se deberían predominantemente a la combustión de los vehículos a gasolina/gasohol (75 %). Así mismo, por categoría vehicular, la categoría de motos representaría el 41 % de las emisiones totales de COVNM del parque automotor en Lima – Callao.

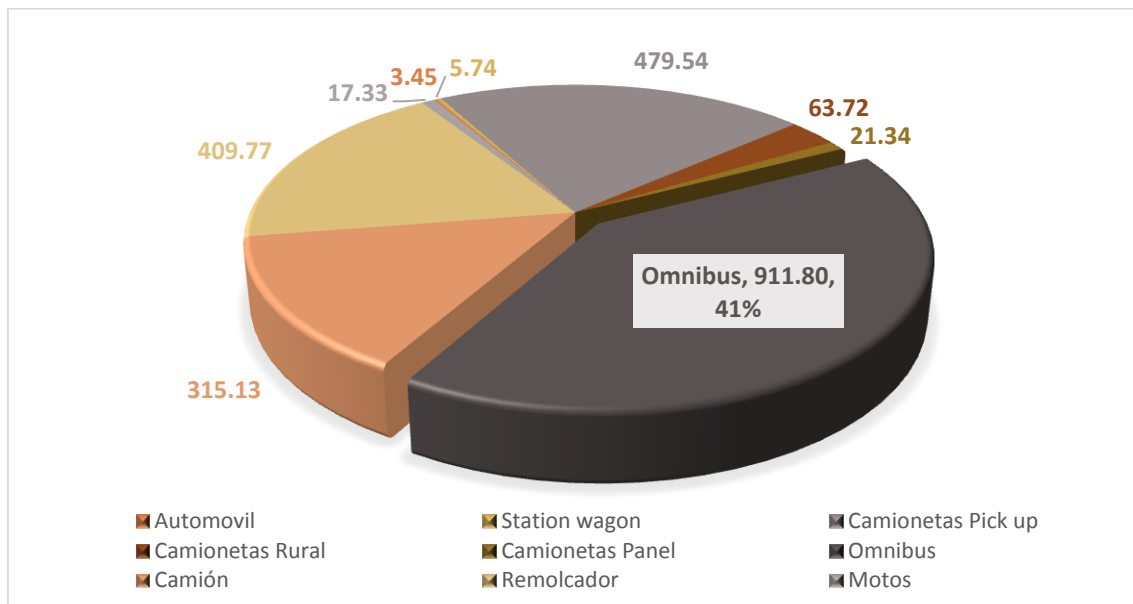
Gráfica 49: Emisiones de Carbono Negro (CN) por tipo de combustible Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

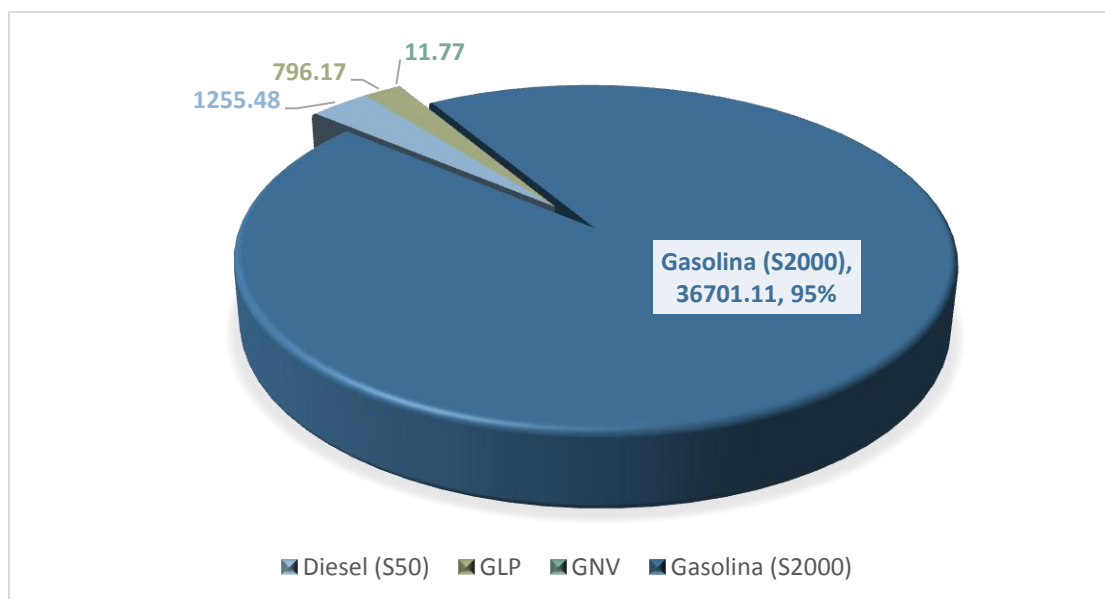
Gráfica 50: Emisiones de Carbono Negro (CN) por categoría vehicular Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

En el caso de carbono negro, al ser un elemento contenido en las partículas que se emiten por la combustión a diésel principalmente, la gráfica 49 muestra que las estimaciones de las emisiones de este parámetro (2 227 ton/año) siguen un comportamiento similar a las emisiones de PM_{2.5}. Por tanto, las emisiones de carbono negro están principalmente relacionadas a la combustión de vehículos de las categorías ómnibus (41 %), remolcador (18 %) y camión (14 %), a diésel y de 14 años o más de antigüedad (gráfica 50).

Gráfica 51: Emisiones de SO₂ por tipo de combustible Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

En lo que respecta a las emisiones de fuentes móviles de SO₂ (38 764 ton/año), estas no dependen de la tecnología vehicular (Euro), sino únicamente del contenido de azufre presente en el combustible. Tomando en consideración lo indicado y recordando que desde el 2012 del área metropolitana de Lima y Callao ya contaba con provisión de DB5-S50 al 100 %, se puede observar que el mayor aporte de emisiones de SO₂ en el 2016 corresponde a la combustión de vehículos a gasohol/gasolina (95 %).

Desarrollo de escenarios proyectados:

Con la finalidad de estimar el impacto que tendrían las emisiones atmosféricas producidas por el parque automotor de Lima y Callao, se realizaron proyecciones en base a las emisiones vehiculares obtenidas del año 2016. Estas proyecciones han contemplado escenarios relacionados con las regulaciones de mejora de la calidad de combustibles así como la implementación de tecnologías vehiculares más eficientes (Euro 4) a partir del año 2018 con continuidad hasta el 2030.

Es importante considerar que si bien la normativa permitía que los gasoholes/gasolinas tuvieran un contenido de hasta 2 000 ppm de azufre, se considera que para el año base del 2016 ya existía provisión de gasoholes y gasolinas que contenían 1 000 ppm de azufre en promedio. Adicional a ello, por un aspecto voluntario, Repsol proveía, para dicho año, G98 con 50 ppm de azufre como máximo. Cabe señalar, que este tipo de combustible correspondía únicamente al 5 % de la demanda de gasoholes en Lima y Callao.

A continuación, se procede a detallar los años, la tecnología y la calidad de combustible empleada en los escenarios proyectados:

Cuadro 8: Escenarios propuestos para Lima y Callao

ESCENARIO	DETALLE
Alto Azufre (AA) Sin regulación <i>(Escenario teórico para todos los años proyectados)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inventario realizado para los años 2016, 2018, 2022 y 2030 ✓ Estándar Tecnológico: Pre euro hasta Euro 3 ✓ Calidad de combustible: <ul style="list-style-type: none"> ○ Gasohol: 1000 ppm ○ Diésel: 5000 ppm
Bajo Azufre (BA) Limitación a 50S en diésel "DB5-50S" <i>(Escenario teórico a partir del 2018)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inventario realizado para los años 2016, 2018, 2022 y 2030 ✓ Estándar Tecnológico: Pre euro hasta Euro 3 ✓ Calidad de combustible: <ul style="list-style-type: none"> ○ Gasohol: 1000 ppm ○ Diésel B5: 50 ppm
Bajo Azufre – Alto Octanaje (BA-AO) Euro 4 <i>(Escenario real para todos los años proyectados)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inventario realizado para los años 2018, 2022 y 2030 ✓ Estándar Tecnológico: Pre euro hasta Euro 4 ✓ Calidad de combustible: <ul style="list-style-type: none"> ○ Gasohol Alto Octanaje (95/97/98): 50 ppm ○ Gasohol Bajo Octanaje (84/90): 1000 ppm ○ Diésel B5: 50 ppm

Fuente: Elaboración propia

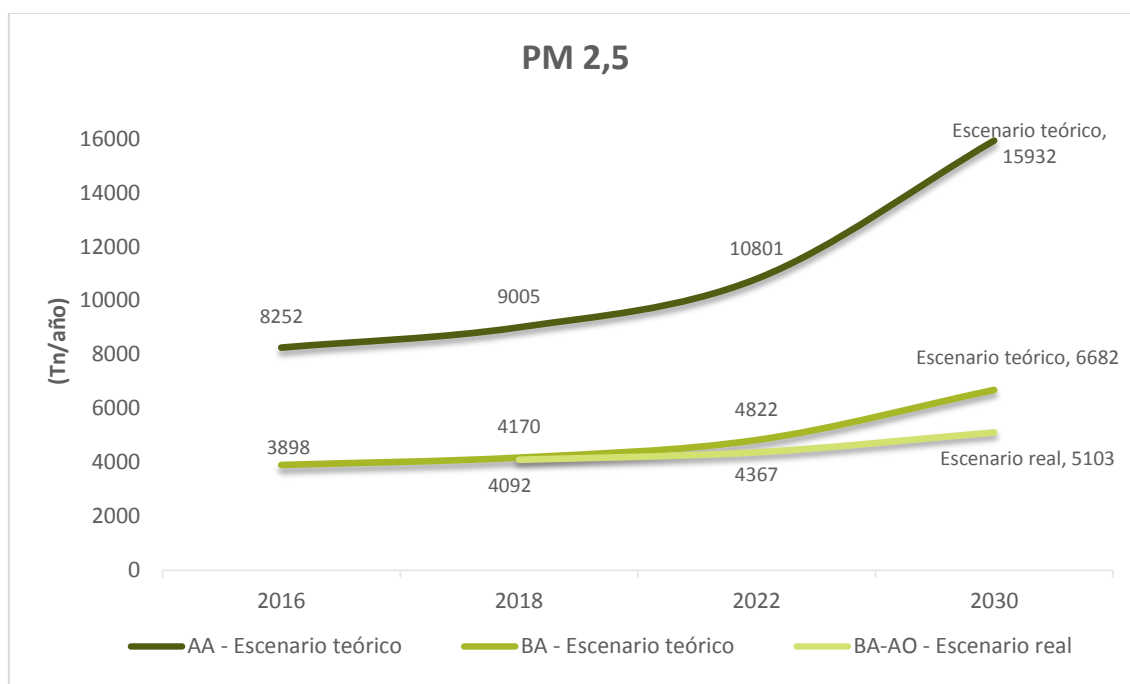
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Se tomaron los siguientes criterios para el desarrollo de las proyecciones:

- Proyecciones del parque automotor de Lima y Callao basados en un crecimiento promedio anual (exponencial) de 6 %. La tasa fue calculada en base al crecimiento de los últimos 6 años.
- Crecimiento directamente proporcional de la distribución porcentual de combustible por tecnología y la antigüedad vehicular al crecimiento del parque vehicular.
- En el particular caso del SO_2 , se realizaron las proyecciones del consumo de combustible basado en los datos históricos de los mismos. Como resultado, se obtuvo el crecimiento promedio anual (exponencial) específico para cada combustible.

Resultados:

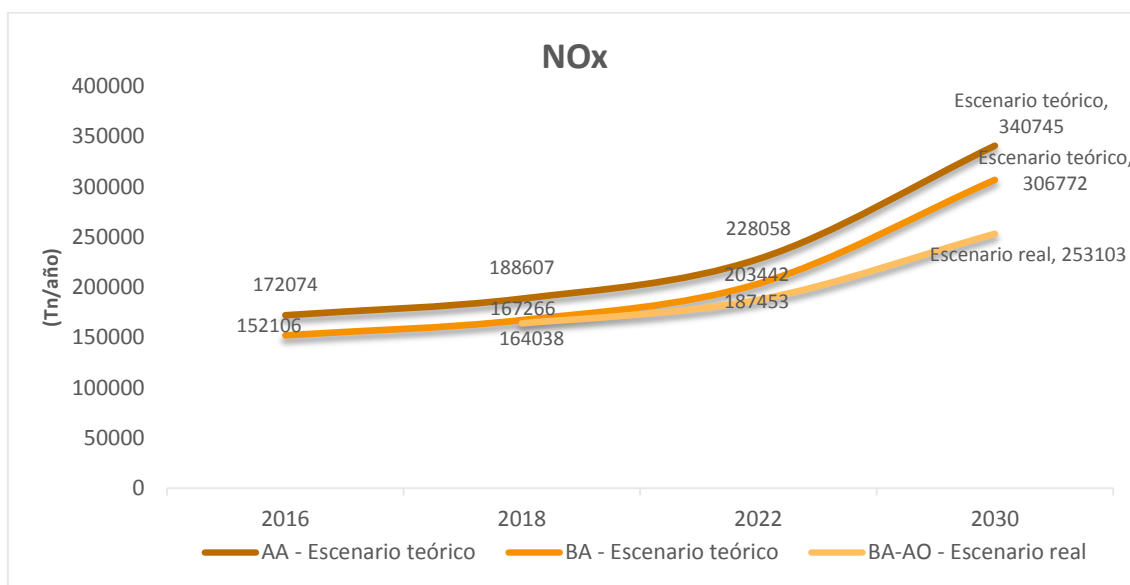
Gráfica 52: Escenarios proyectados para las emisiones de $\text{PM}_{2,5}$



Fuente: Elaboración propia (2018).

En la gráfica 52, se evidencia que para el año 2016 (BA), al limitar el diésel a un contenido de 50 ppm de azufre, se habría emitido 3 898 Tn/año de $\text{PM}_{2,5}$ lo cual equivaldría a una reducción de 53 % en comparación con el 2016 (AA), escenario que no desarrolla ninguna medida vinculada a las emisiones vehiculares. Para el año 2018 (BA-AO), cuando ingresa en vigencia el Euro 4 y la regulación de gasohol/gasolina de alto octanaje a 50 ppm, se emitiría 4 092 Tn/año; mientras que si se compara con el escenario 2018 (AA), en el que no se aplica ninguna medida, la emisión sería 9 005 Tn/año, reduciendo en un 55 % de emisiones vehiculares. El mismo caso ocurriría para el 2030, donde se observa una reducción de un 68 % de emisiones por fuentes móviles vehiculares de $\text{PM}_{2,5}$.

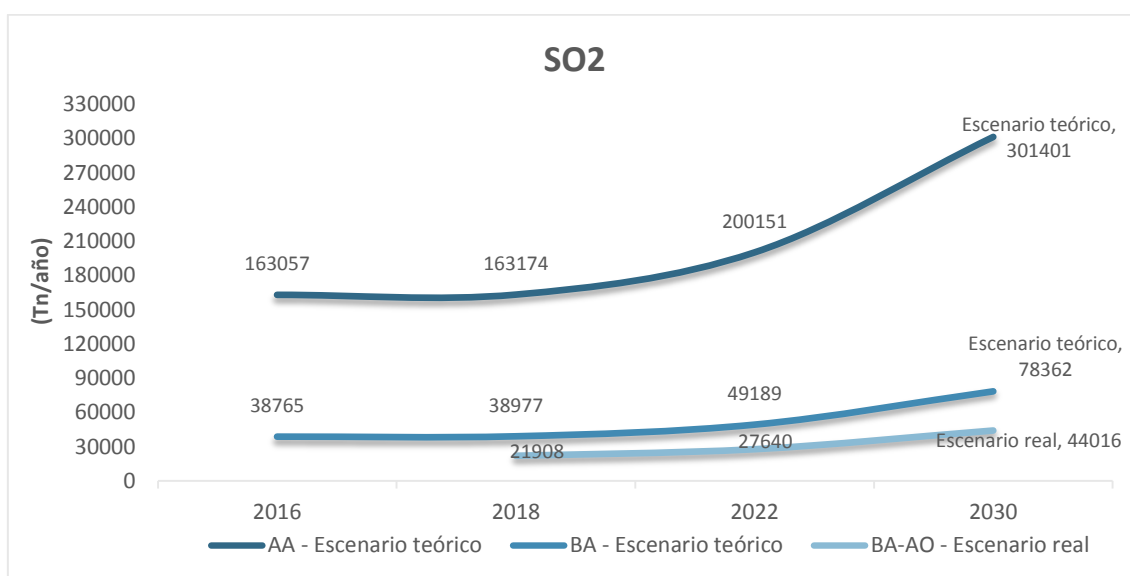
Gráfica 53: Escenarios proyectados para las emisiones de NOx



Fuente: Elaboración propia (2018).

En la gráfica 53, se evidencia que para el año 2016 (BA) al limitar el diésel a un contenido de 50 ppm de azufre se habría emitido 152 106 Tn/año de NOx, lo cual se traduce a una reducción de 12 % en comparación con el 2016 (AA), escenario en el que no se desarrolla ninguna medida vinculada a las emisiones vehiculares. Para el año 2018 (BA-AO), cuando ingresa en vigencia el Euro 4 y la regulación de gasohol/gasolina de alto octanaje a 50 ppm, se emitiría 164 038 Tn/año; mientras que si se compara con el escenario 2018 (AA), en el que no se aplica ninguna medida, la emisión sería de 188 607 Tn/año. En otras palabras, se reduciría un 13 % de emisiones vehiculares. El mismo caso ocurriría para el 2030, donde se observa una reducción de un 26 % de emisiones por fuentes móviles vehiculares de NOx.

Gráfica 54: Escenarios proyectados para las emisiones de SO₂



Fuente: Elaboración propia (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

En la gráfica 54, se evidencia que para el año 2016 (BA) al limitar el diésel a un contenido de 50 ppm de azufre se habría emitido 38 765 Tn/año de SO₂, lo cual se traduce a una reducción de 76 % en comparación con el año 2016 (AA), escenario en el que no se desarrolla ninguna medida vinculada a las emisiones vehiculares. Para el año 2018 (BA-AO), cuando ingresa en vigencia el Euro 4 y la regulación de gasohol/gasolina de alto octanaje a 50 ppm, se emitiría 21 908 Tn/año; mientras que si se compara con el escenario 2018 (AA), que no se aplica ninguna medida, la emisión sería 163 174 Tn/año. En otras palabras, se reduciría un 87 % de emisiones vehiculares. El mismo caso ocurriría para el 2030, donde se observa una reducción 85 % de emisiones por fuentes móviles vehiculares de SO₂.

En términos generales, se puede observar que el desarrollo de políticas podría favorecer a reducir las emisiones vehiculares, donde la medida de mayor impacto está vinculada a la reducción del contenido de azufre en el diésel. Por lo que el SO₂ presentaría los porcentajes de reducción de emisiones más alto en comparación con PM_{2,5} y NOx

4.2.2. Fuentes fijas

➤ **Puntuales**

Esta sección presenta las estimaciones de emisiones de las fuentes fijas priorizadas para Lima y Callao. Se realizaron las estimaciones para los parámetros ((carbón negro, PM_{2,5}, PM₁₀, NOx, SO₂, CO, COVMN y H₂S).

Cuadro 9: Emisiones estimadas de contaminantes del aire, por rubro industrial Lima-Callao (Ton/año - 2016)

Rubro comercial	CN	PM_{2,5}	PM₁₀	NOx	SO₂	CO	COVMN	H₂S
<i>Emisiones (ton/año)</i>								
Industria de Cemento (Hornos)	0,22	7,49	13,49	-	864,78	-	-	-
Harina de Pescado	-	111,08	111,08	-	-	-	-	5,55
Refinación de petróleo crudo	-	-	-	307,50	4714,97	461,25	7636,21	-
Refinación de Cobre	0,03	25,84	30,79	-	709,56	-	0,20	-
Refinación de Zinc	-	1639,10	2001,07	-	17073,95	-	-	-

Nota: “-”, corresponde a un valor no estimado debido a que no es considerado por la referencia bibliográfica que establece los factores de emisión para determinado rubro industrial.

Fuente: Elaboración propia (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Como se puede observar en el cuadro 10, del total de emisiones estimadas para las fuentes fijas puntuales de los rubros considerados, los principales aspectos a resaltar son que en términos de aportes estimados de material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}) y SO₂ la fundición de Zinc de Cajamarquilla cobra una mayor relevancia.

En lo que respecta CO y COVNM, el proceso que lo genera en mayor cantidad corresponde a refinación de derivados de petróleo, actividad que se realiza tanto en la Pampilla (Repsol) como en Conchán (Petroperú).

Finalmente, con respecto al H₂S, el único proceso de los rubros considerados, que cobra relevancia en su generación es el de la Industria de la Harina de Pescado.

➤ **De Área**

Esta sección presenta las estimaciones de emisiones de las fuentes de área fija priorizadas para Lima y Callao. Se realizaron las estimaciones para los parámetros (carbón negro, PM_{2,5}, PM₁₀, NO_x, SO₂, CO y COVMN).

Cuadro 10: Emisiones estimadas de contaminantes del aire, por rubro industrial en Lima-Callao (Ton/año - 2016)

Rubro comercial	CN	PM _{2,5}	PM ₁₀	NO _x	SO ₂	CO	COVMN	H ₂ S
	<i>Emisiones estimadas (ton/año)</i>							
Restaurantes -Pollerías	70,89	1 107,70	1 200,01	1 774,37	8 615,47	9 548,81	910,77	-
Grifos y Estaciones de Servicio	-	-	-	-	-	-	4 565,71	-

Nota: “-”, corresponde a un valor no estimado debido a que no es considerado por la referencia bibliográfica que establece los factores de emisión para determinado rubro industrial.

Fuente: Elaboración propia (2018).

4.2.3. Resultados Totalizados

Esta sección presenta las estimaciones de emisiones de todas las fuentes fijas y móviles, priorizadas para Lima y Callao. Se estimaron las emisiones de los parámetros: carbón negro, PM_{2,5}, PM₁₀, NO_x, SO₂, CO, COVMN y H₂S).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Cuadro 11: Emisiones totales estimadas de contaminantes del aire, por tipo de fuente Lima-Callao (Ton/año - 2016)

Tipo de fuente	CN	PM _{2,5}	PM ₁₀	NOx	SO ₂	CO	COVNM	H ₂ S
Móviles	2 227,81	3 897,56	3 897,56	15 2106,08	38 764,53	272 905,08	24 582,23	-
Puntuales	0,25	1 783,51	2 156,43	307,50	23 363,26	461,25	7 636,41	5,55
Área	70,89	1 107,70	1 200,01	1 774,38	8 615,47	9 548,82	5 476,49	-
TOTALES	2 298,96	6 788,77	7 254,00	154 187,96	70 743,27	282 915,14	37 695,12	5,55

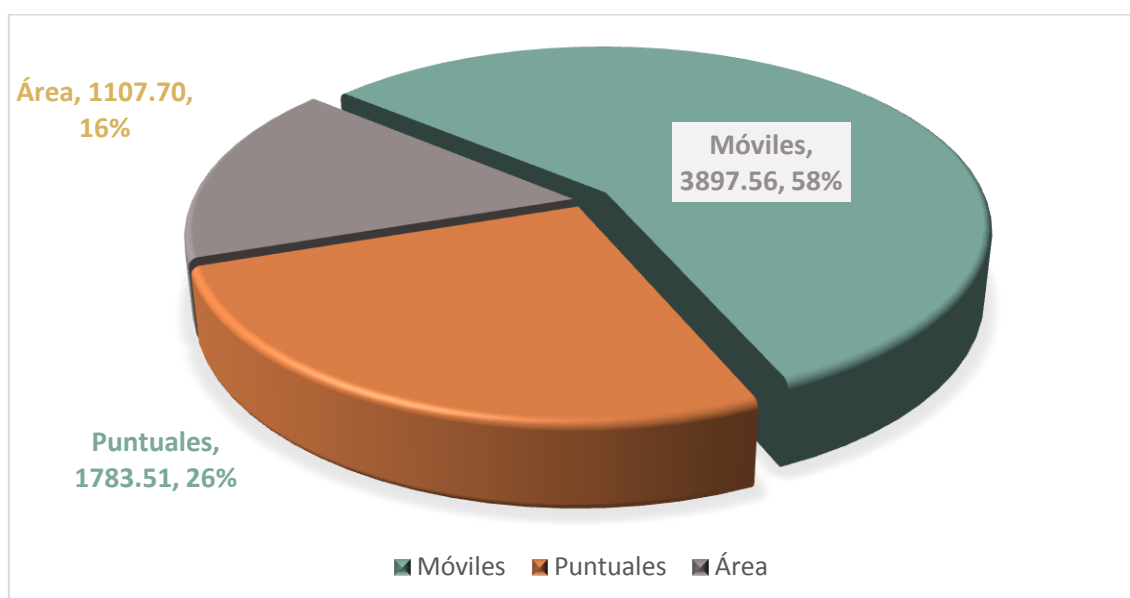
Nota: “-”, corresponde a un valor no estimado debido a que no es considerado por la referencia bibliográfica que establece los factores de emisión para determinado rubro industrial,

Fuente: Elaboración propia (2018).

Como se puede observar en el cuadro 12, del total de emisiones estimadas para todos los parámetros, con excepción del H₂S, las fuentes móviles son las más relevantes dentro de todas las fuentes de emisión utilizadas para el análisis.

Tomando en consideración la vinculación directa que tiene el PM_{2,5} con la salud y el ambiente, se presenta a continuación una gráfica que indica el aporte por tipo de fuente.

Gráfica 55: Emisiones de PM_{2,5} por tipo de fuente Lima-Callao (Ton/año - 2016)



Fuente: Elaboración propia (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

En ese sentido, considerando la importancia del $PM_{2,5}$, o del material particulado en general, es necesario indicar que las fuentes móviles consideradas en este análisis aportan en mayor medida (58 %) a las emisiones de $PM_{2,5}$. Donde, se sabe que el sulfato representa solo un 1,39% dentro del material particulado y en el caso de los nitratos, estos representan 0,14 %²¹.

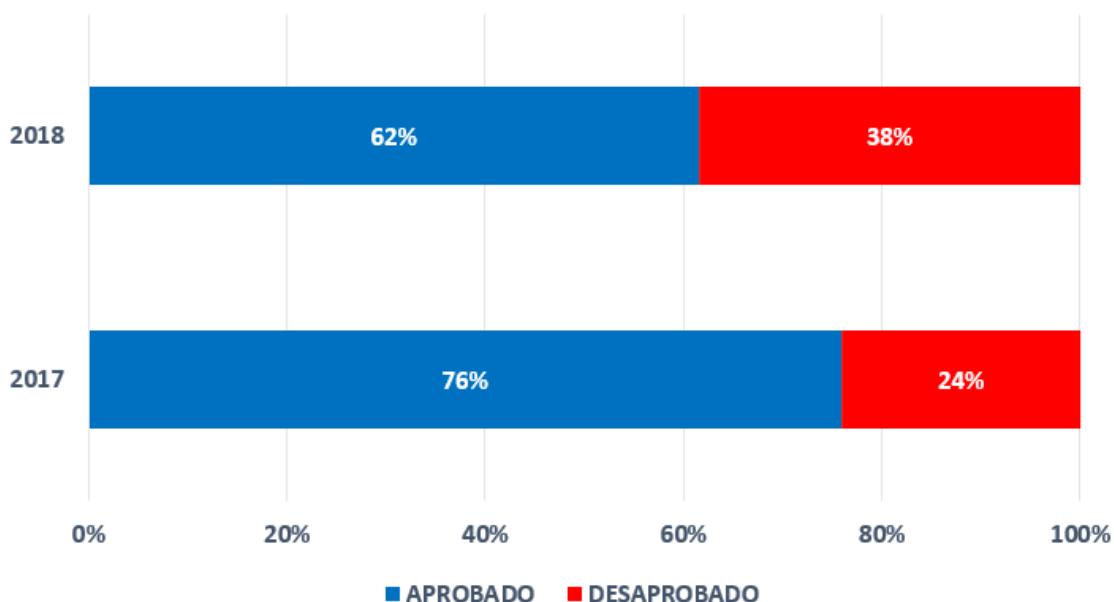
Cabe recordar que las emisiones de fuentes móviles de $PM_{2,5}$ están principalmente relacionadas con la combustión de vehículos de las categorías ómnibus, remolcador y camión, a diésel y con vehículos de 14 años o más de antigüedad.

4.3. Mediciones de Emisiones Vehiculares

En el marco de sus competencias, los gobiernos locales realizan acciones vinculadas a la fiscalización de las emisiones atmosféricas de los vehículos en circulación. Los valores de estas mediciones han sido comparados con los LMP del acápite II del Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM a efectos de poder establecer las tasas de aprobación/desaprobación de estos LMP según el tipo de combustible.

A continuación, se presentan los principales resultados de mediciones de emisiones vehiculares realizadas, entre el 2016 y 2018, a 1306 vehículos a diésel, 398 vehículos a gasolina/gasohol, 2532 vehículos a GNV y 320 vehículos a GLP, en el ámbito del área metropolitana de Lima-Callao:

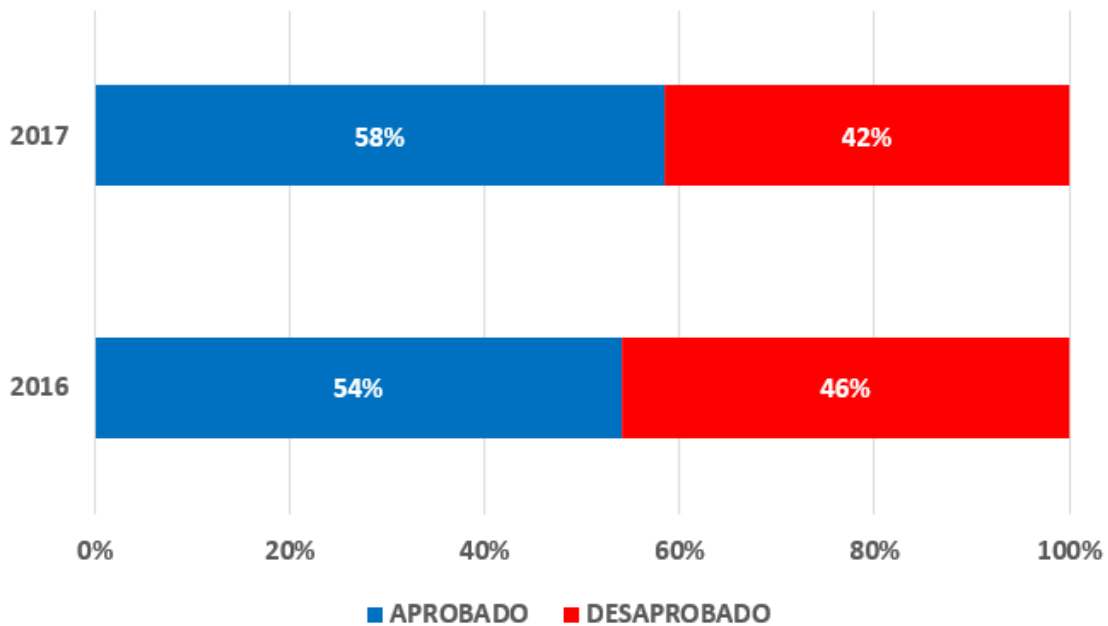
Gráfica 56: Tasa de aprobación/desaprobación de los LMP para vehículos en circulación (diésel)



Fuente: Elaboración propia con información de Municipalidad Metropolitana de Lima (2018) / Municipalidad de San isidro (2018).

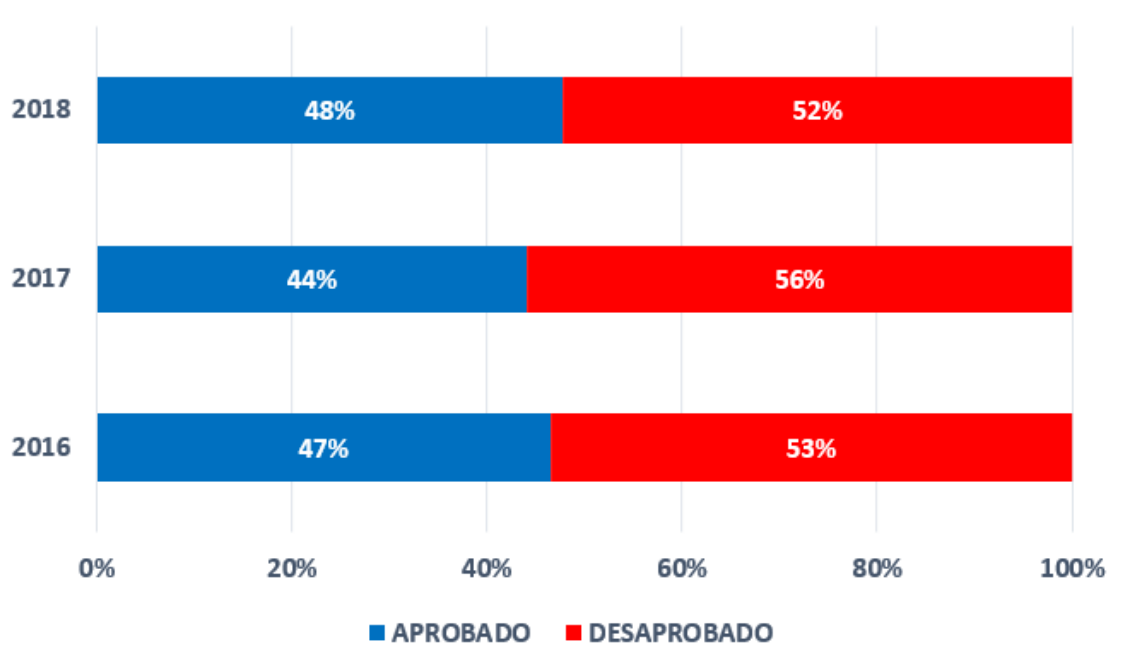
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 57: Tasa de aprobación/desaprobación de los LMP para vehículos en circulación (gasolina/gasohol)



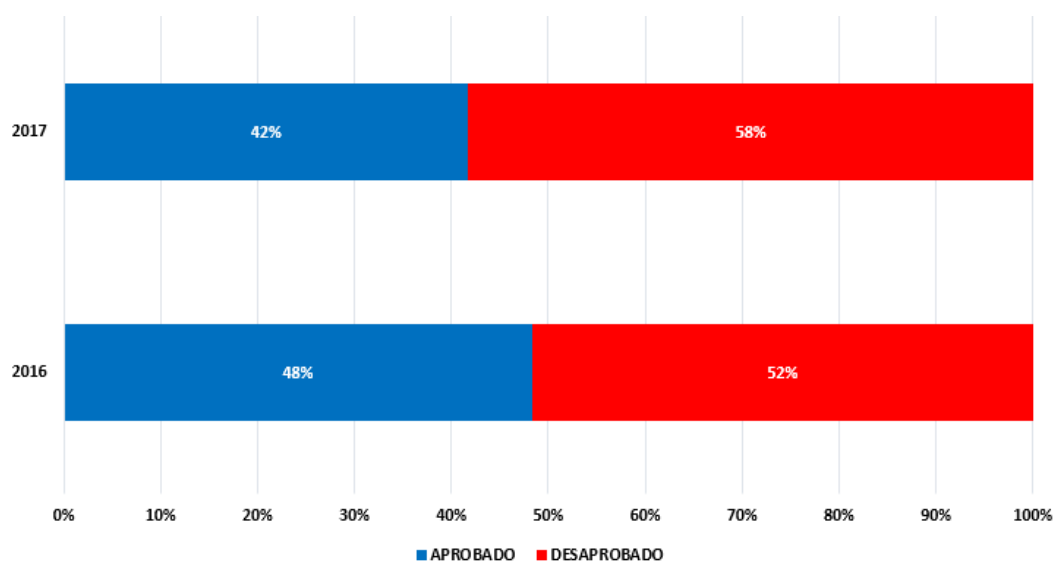
Fuente: Elaboración propia con información de Municipalidad Metropolitana de Lima (2018) / Municipalidad de San isidro (2018).

Gráfica 58: Tasa de aprobación/desaprobación de los LMP para vehículos en circulación (GNV)



Fuente: Elaboración propia con información de Municipalidad Metropolitana de Lima (2018) / Municipalidad de San isidro (2018),

Gráfica 59: Tasa de aprobación/desaprobación de los LMP para vehículos en circulación (GLP)



Fuente: Elaboración propia con información de Municipalidad Metropolitana de Lima (2018) / Municipalidad de San Isidro (2018).

Como se puede observar, en las gráficas 56 al 59, la tasa de desaprobación más alta ha registrada en los vehículos a GLP durante el año 2017 (58 %). En términos generales, se puede observar que los vehículos de encendido por chispa (gasolina/gasohol, GNV y GLP) tienen mayores tasas de desaprobación que los vehículos de encendido por compresión (diésel). Los vehículos a diésel presentan la menor tasa de desaprobación, 24 % en el año 2017.

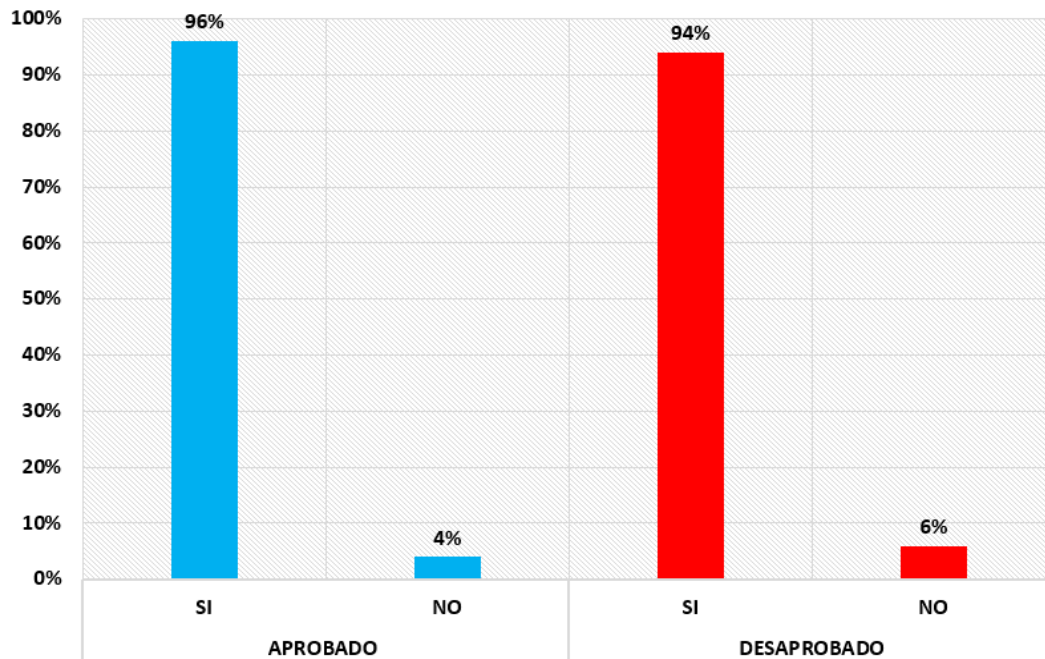
Otra evidencia relevante, que ha sido posible recoger a partir de las mediciones de emisiones realizadas, es lo que se muestra en las gráficas 60 y 61 en las cuales es posible visualizar **el total de vehículos que han desaprobado** las pruebas de emisiones en calle, para cada caso (compresión y/o chispa). En términos generales:

- 94 % de los vehículos de encendido por chispa sí contaban con certificación vigente de Inspección Técnica Vehicular (ITV).
- 98 % de los vehículos de encendido por compresión sí contaban con certificación vigente de Inspección Técnica Vehicular (ITV).

Estos resultados, permiten inferir que podrían estar presentándose problemas significativos en los procesos de ITV, a partir de los cuales la certidumbre, respecto de la veracidad y efectividad del sistema de inspecciones, se estaría viendo significativamente afecta.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

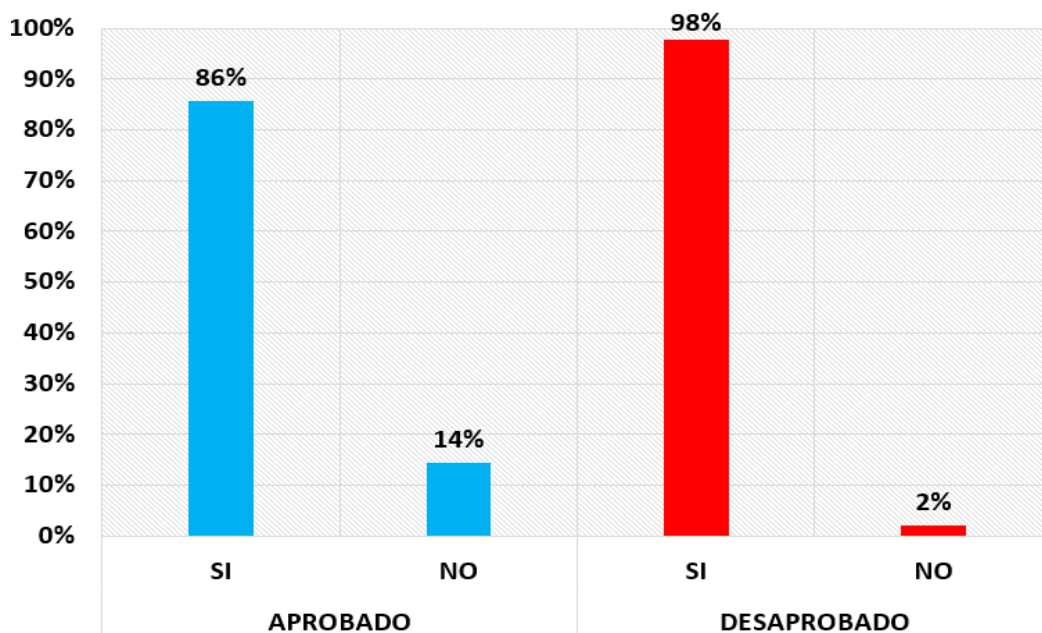
Gráfica 60: Tasa de aprobación/desaprobación de los LMP para vehículos en circulación, según estado de certificación vehicular (encendido por chispa)



*Nota: "Sí" corresponde a un vehículo que cuenta con certificación de ITV vigente o se encuentra en calidad de nuevo y aún no le corresponde someterse a inspección,

Fuente: Elaboración propia con información de Municipalidad Metropolitana de Lima (2018) / Municipalidad de San isidro (2018).

Gráfica 61: Tasa de aprobación/desaprobación de los LMP para vehículos en circulación, según estado de certificación vehicular (encendido por compresión)



*Nota: "Sí" corresponde a un vehículo que cuenta con certificación de ITV vigente o se encuentra en calidad de nuevo y aún no le corresponde someterse a inspección,

Fuente: Elaboración propia con información de Municipalidad Metropolitana de Lima (2018) / Municipalidad de San isidro (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

V. ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE

➤ **Estaciones de Monitoreo de Calidad del Aire**

En el marco de las acciones vinculadas a la gestión ambiental de la calidad del aire, en el ámbito de Lima-Callao, SENAMHI, DIGESA y PROTRANSPORTE realizan monitoreos permanentes y reportan la calidad del aire en diversos sectores de la ZAP Lima-Callao. El detalle de las estaciones se encuentra en el siguiente cuadro:

Cuadro 12: Redes de monitoreo

Código	Nombre de Estación	Coordenadas UTM	
		Este X (m)	Norte Y (m)
SENAMHI			
ATE	Ate	291 126	8 669 830
CDM	Jesús María	277 597	8 660 633
CRB	Carabaylo	278 497	8 683 451
HCH	Lurigancho Chosica	287 829	8 670 606
PPD	Puente Piedra	274 056	8 687 727
SBJ	San Borja	281 483	8 660 631
SJL	San Juan de Lurigancho	282 383	8 670 567
SMP	San Martín de Porres	273 048	8 671 604
STA	Santa Anita	285 389	8 667 921
VMT	Villa María del Triunfo	291 084	8 654 309
DIGESA			
E-1	DIRESA CALLAO	268 587	8 665 516
E-2	HOSPITAL MARÍA AUXILIADORA	286 836	8 654 822
E-3	CENTRO DE SALUD SANTA LUZMILA	275 258	8 679 044
E-4	HOSPITAL HIPÓLITO UNANUE	283 193	8 668 214
E-5	CONGRESO DE LA REPUBLICA	279 424	8 667 402
E-6	CENTRO DE SALUD LINCE	278 840	8 663 564
E-7	ALMACEN MINSAs- SURCO	282 659	8 656 570
PROTRANSPORTE			
Estación SAT- E2	Lima Centro	278 653	8 667 545

Fuente: Elaboración propia (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

A continuación, se presenta un mapa donde se ubican las estaciones de calidad de aire:

Mapa 5: Estaciones de calidad del aire de Lima y Callao



Fuente: Elaboración propia (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

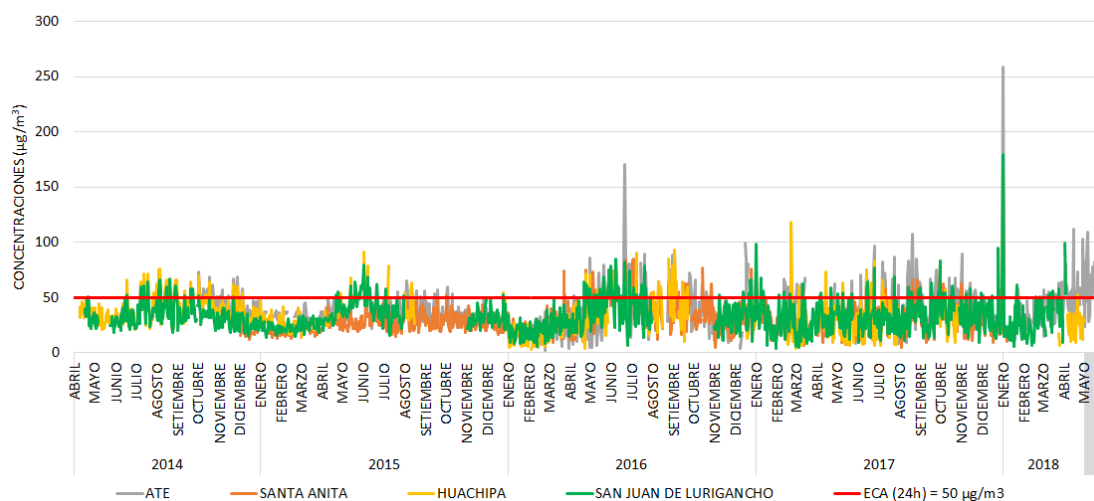
Cabe precisar que, en el presente diagnóstico, se consideró aquellos datos que cuentan con un mínimo de representatividad de 75 %, tal y como lo indica DIGESA en su protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos.

Asimismo, en el caso de redes no continuas, como el caso de DIGESA que cuenta con una red de monitoreo con métodos manuales, se consideró adecuado el criterio de la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, donde se menciona que se puede contar con una representatividad de 14 % de datos como mínimo.

A continuación, se presentan los resultados de monitoreo sistematizados, a partir de la información brindada por cada una de estas tres (03) instituciones:

➤ Material particulado menor a 2,5 micras (PM_{2,5})

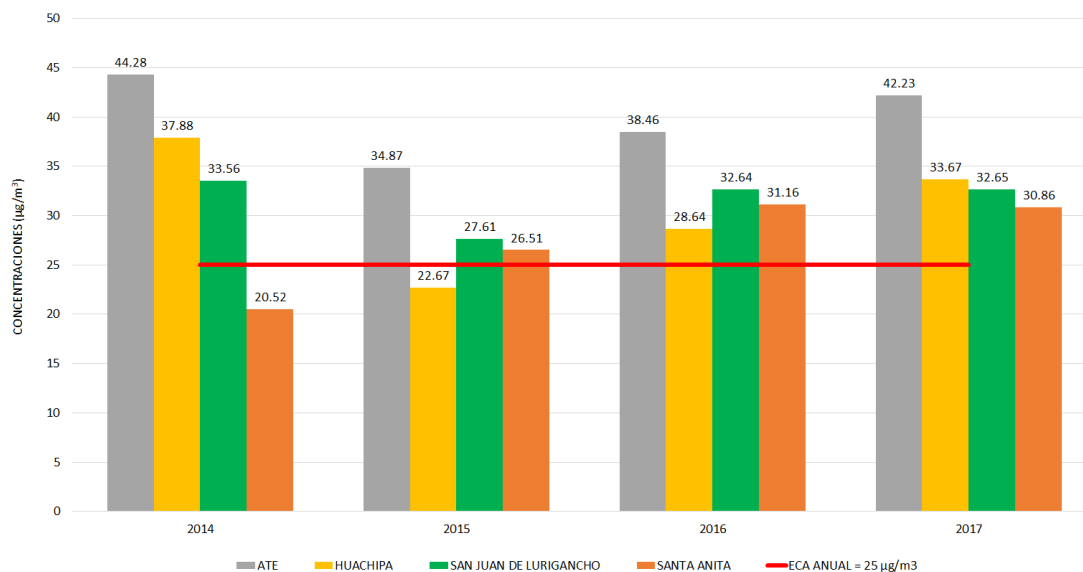
Gráfica 62: Resultados de mediciones diarias de PM_{2,5}, desde 2014 hasta 2018 - Lima Este (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 63: Resultado del promedio anual de $PM_{2,5}$, desde 2014 hasta 2017 – Lima Este (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018)

En las gráficas 62 y 63, del monitoreo realizado por SENAMHI en la zona de Lima Este, se puede observar que las concentraciones promedio diarias de $PM_{2,5}$ superan el valor ECA con bastante frecuencia a lo largo del año²², encontrándose las mayores concentraciones en la estación de Ate Vitarte. Esto se debe principalmente a su localización geográfica, pues está ubicada en una zona estrecha de la microcuenca del río Rímac donde los cerros canalizan los vientos y estos transportan una gran cantidad de contaminantes ($PM_{2,5}$ y gases precursores de $PM_{2,5}$). Esta condición se ve acrecentada por la presencia cercana de la carretera más concurrida de la ciudad de Lima “La Carretera Central”²³, la cual atraviesa todo el distrito.

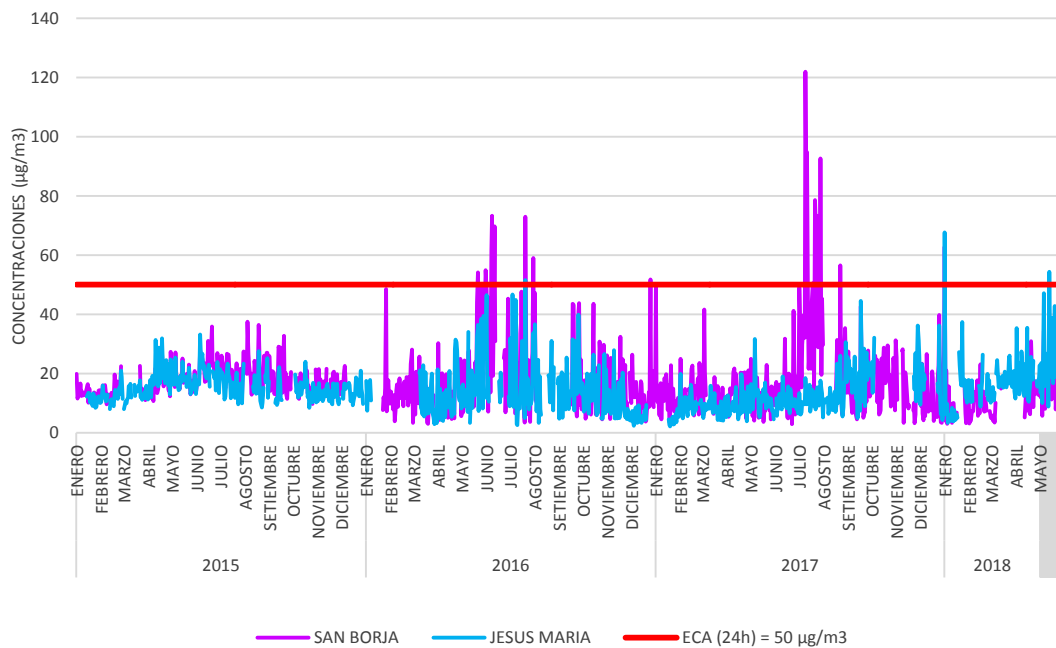
De las concentraciones promedio anuales en la zona de Lima Este, se evidencia que todos los promedios, salvo el 2014 en Santa Anita y el 2015 en el Centro Poblado Santa Rosa de Huachipa- Lurigancho, superaron el ECA vigente. Se observa una alta variabilidad en las concentraciones y sin un patrón definido hacia la baja o alza de las concentraciones.

²² De las mediciones diarias realizadas durante el periodo analizado, se observó que el promedio ponderado de excedencias al ECA Aire para $PM_{2,5}$ es de 13% para Lima Este.

²³ MTC (2016). La importancia de la Carretera Central Reporte.

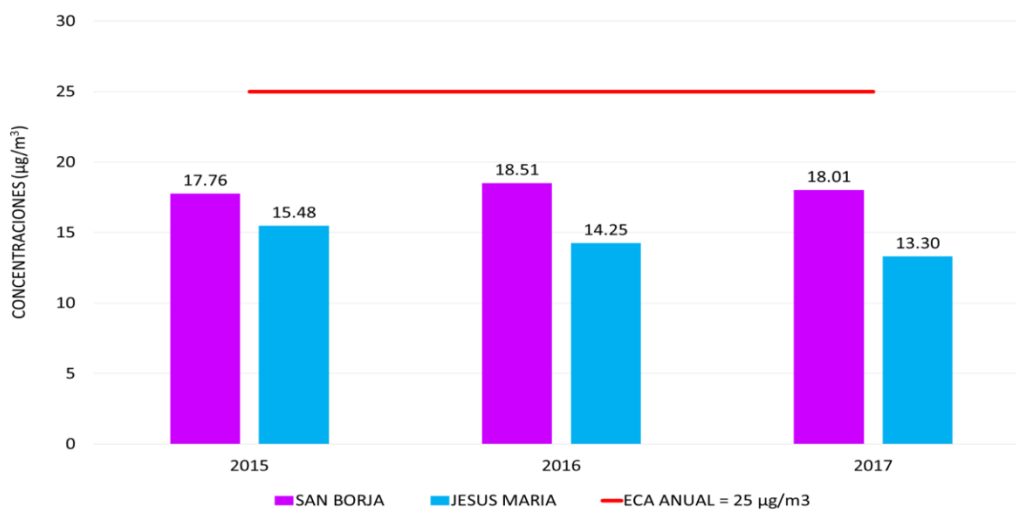
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 64: Resultado de mediciones diarias de PM_{2,5}, desde 2014 hasta 2018 - Lima Centro (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 65: Resultado de mediciones anuales de PM_{2,5}, desde 2015 hasta 2018 - Lima Centro (SENAMHI)

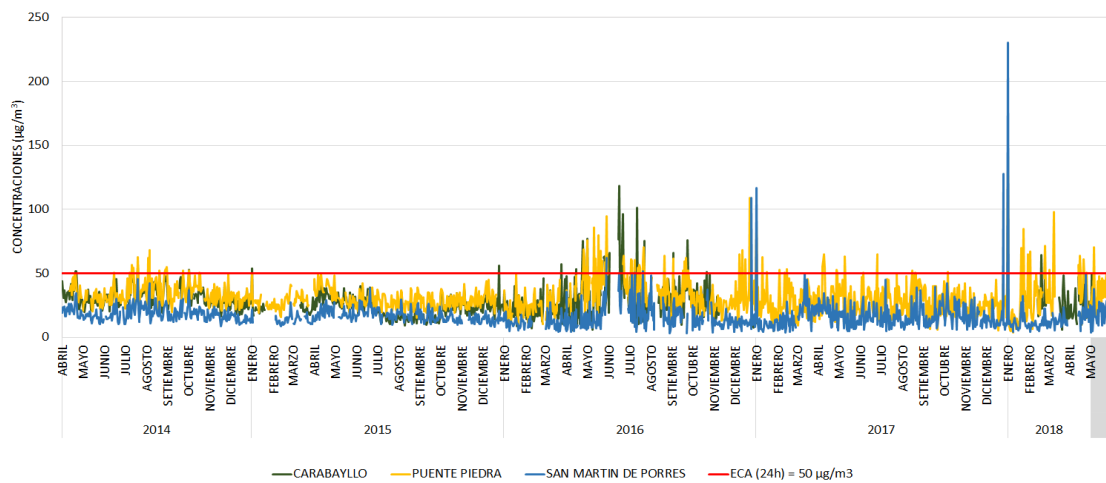


Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

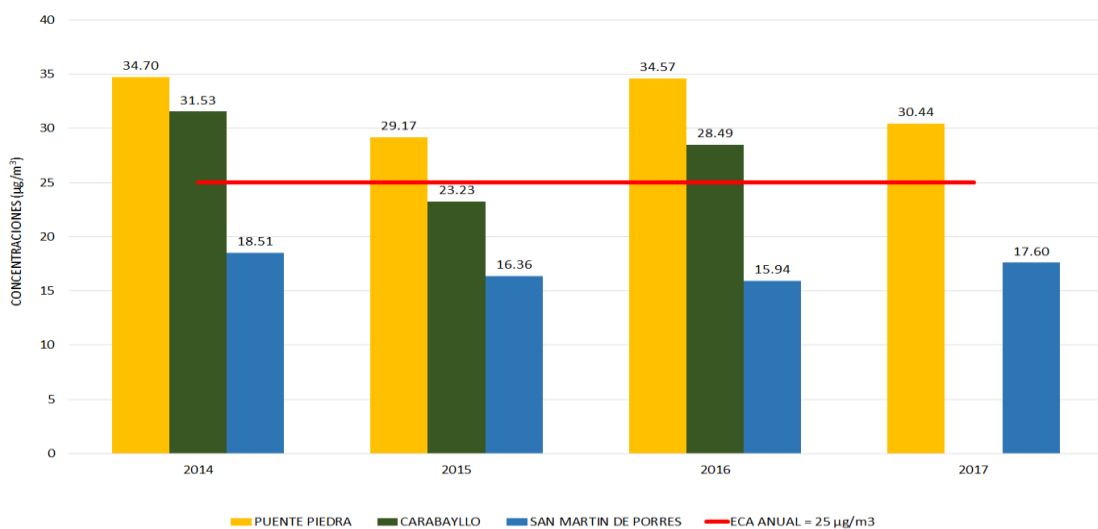
Se aprecia en las gráficas 64 al 65, del monitoreo realizado por SENAMHI en la zona de Lima Centro, que las concentraciones promedio diarias de PM_{2,5} superan el valor ECA²⁴ con menor frecuencia en comparación a Lima Este, encontrándose valores usualmente más bajos en la estación Jesús María, mientras que las mayores concentraciones se presentaron en la estación de San Borja. Las concentraciones registradas en Jesús María y San Borja muestran una ligera tendencia al aumento, debido a un incremento en las edificaciones de Lima centro que obstaculizan el ingreso de los vientos y por ende dificulta los procesos de dispersión de los contaminantes del aire.

Gráfica 66: Resultado de mediciones diarias de PM_{2,5}, desde 2014 hasta 2018 - Lima Norte (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 67: Resultado del promedio anual de PM_{2,5}, desde 2014 hasta 2017 - Lima Norte (SENAMHI)



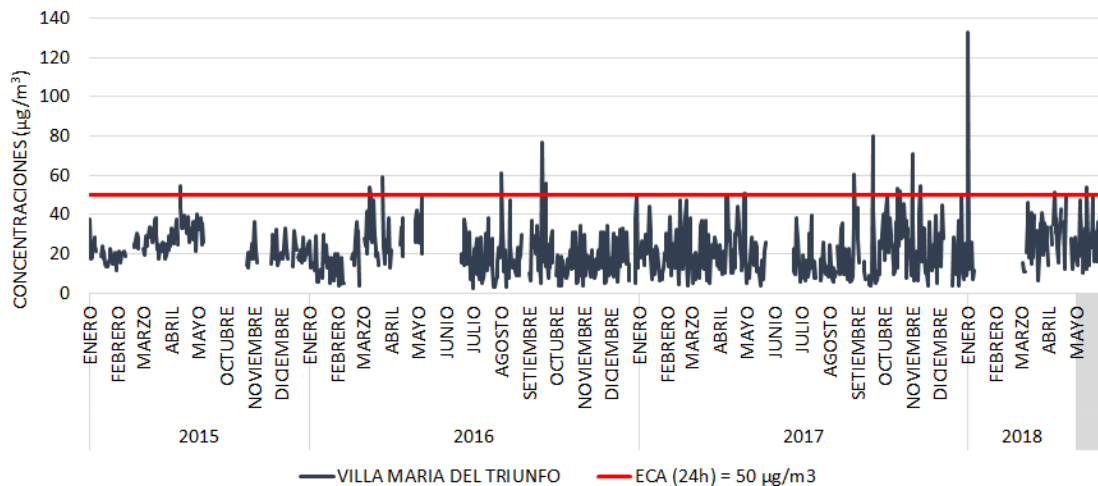
Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

²⁴ De las mediciones diarias realizadas durante el periodo analizado, se observó que el promedio ponderado de excedencias al ECA Aire para PM_{2,5} es de 1% para Lima Centro.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

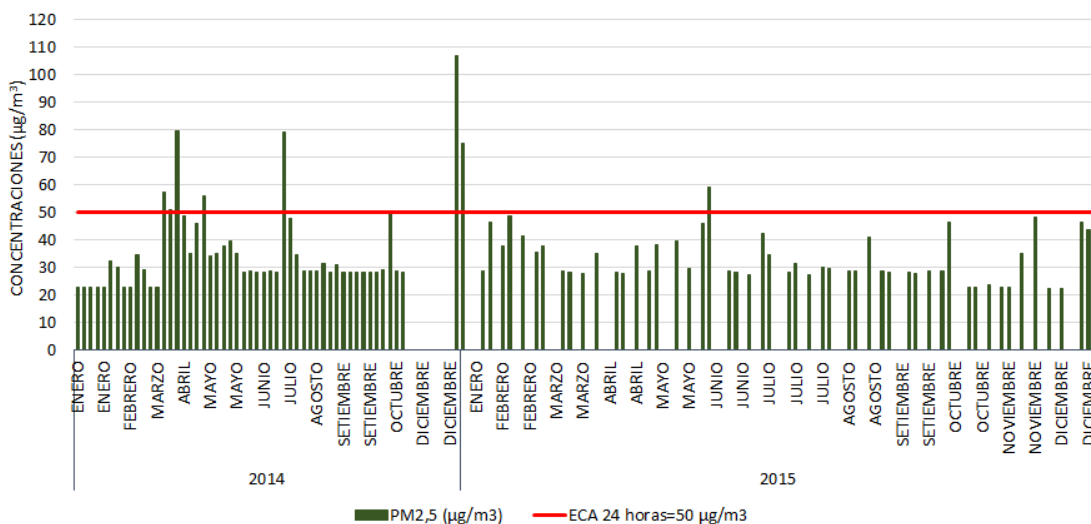
La gráfica 66 y 67, que corresponde a los monitoreos realizados por SENAMHI en la zona de Lima Norte, indica que las concentraciones de PM_{2,5} superan el correspondiente valor ECA²⁵ también con menor frecuencia en comparación a Lima Este, encontrándose valores usualmente más bajo en las estación de San Martín de Porres, mientras que las mayores concentraciones se presentaron en la estación de Puente Piedra.

Gráfica 68: Resultado de mediciones diarias de PM_{2,5}, desde 2014 hasta 2018 - Lima Sur (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 69: Resultado del promedio diario de PM_{2,5} de la Estación E-2: Hospital María Auxiliadora, desde 2014 hasta 2015– Lima Sur (DIGESA)

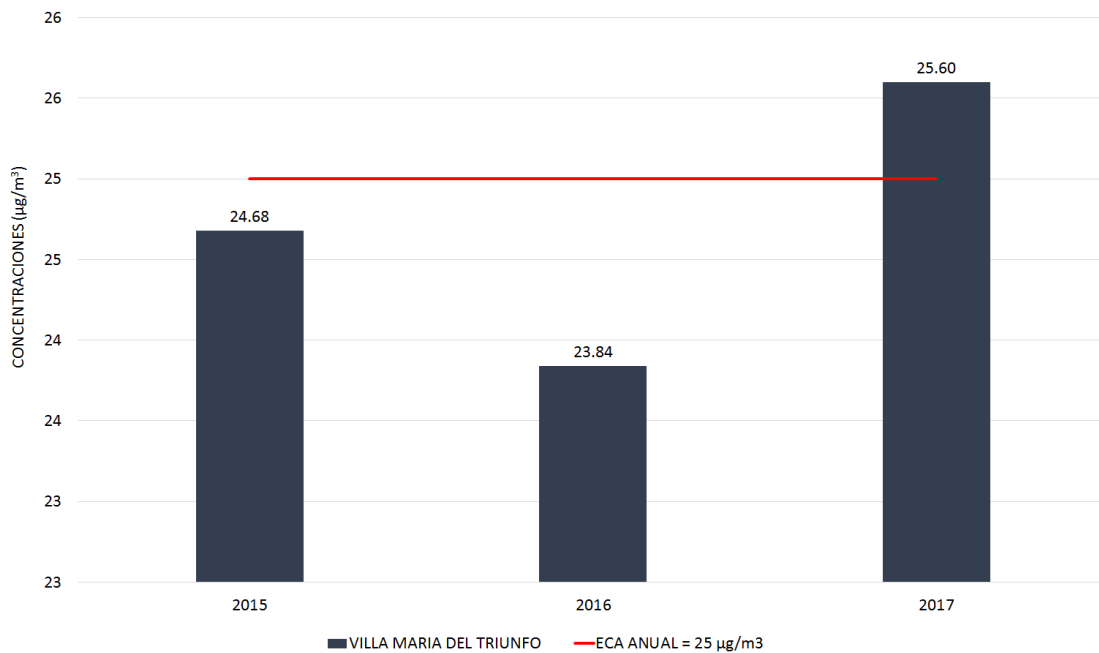


Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2017).

²⁵ De las mediciones diarias realizadas durante el periodo analizado, se observó que el promedio ponderado de excedencias al ECA Aire para PM_{2,5} es de 3% para Lima Norte.

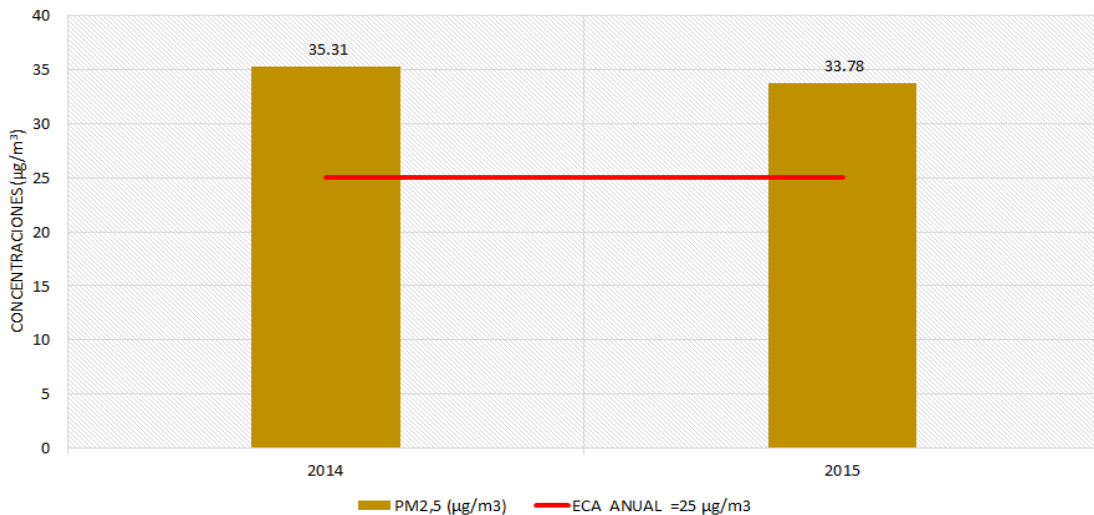
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 70: Resultado del promedio anual de PM_{2,5}, desde 2014 hasta 2017 - Lima Sur (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 71: Resultado del promedio anual de PM_{2,5} de la Estación E-2: Hospital María Auxiliadora, desde 2014 hasta 2015 – Lima Sur (DIGESA)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2017).

En la gráfica 68 y 69, se aprecia que Lima Sur presenta concentraciones de PM_{2,5} que superan el valor ECA²⁶ con cierta frecuencia similar a la de Lima Norte. Asimismo, se puede observar de la gráficas 70 y 71, que de los monitoreos realizados por DIGESA, en la estación E-2: Hospital

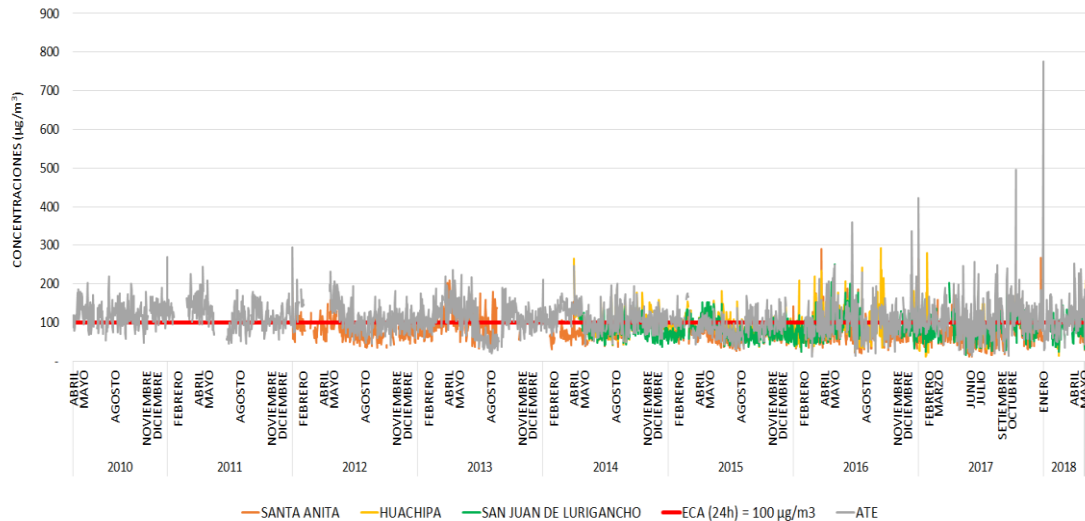
²⁶ De las mediciones diarias realizadas durante el periodo analizado, se observó que el promedio ponderado de excedencias al ECA Aire para PM_{2,5} es de 4% para Lima Sur.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

María Auxiliadora, presentan concentraciones de PM_{2,5} superan el valor ECA con muy baja frecuencia en comparación a los demás puntos de la ciudad.

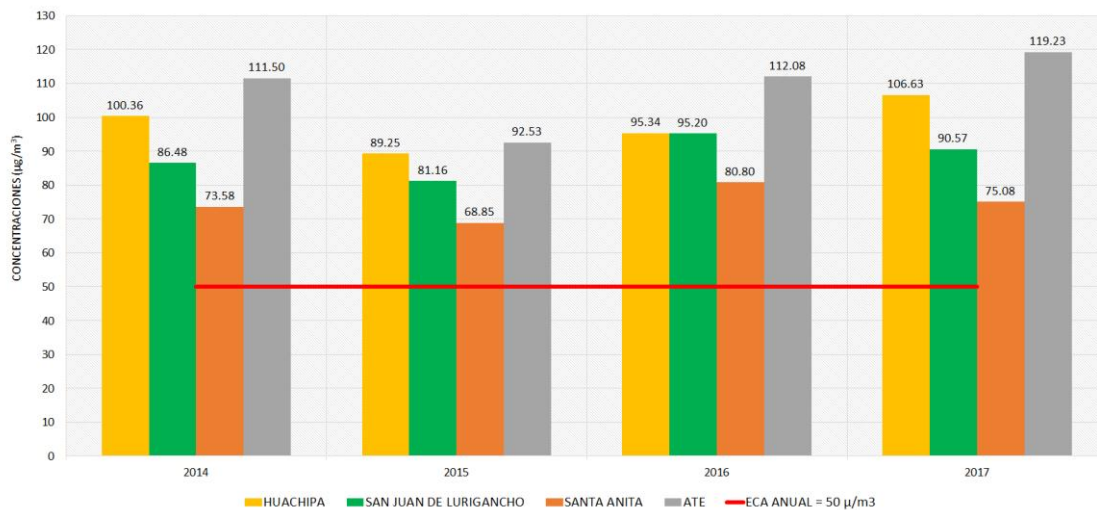
➤ Material particulado menor a 10 micras (PM₁₀)

Gráfica 72: Resultado de mediciones diarias de PM₁₀, desde 2010 hasta 2018 - Lima Este (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 73: Resultado del promedio anual de PM₁₀, desde 2014 hasta 2017 – Lima Este (SENAMHI)

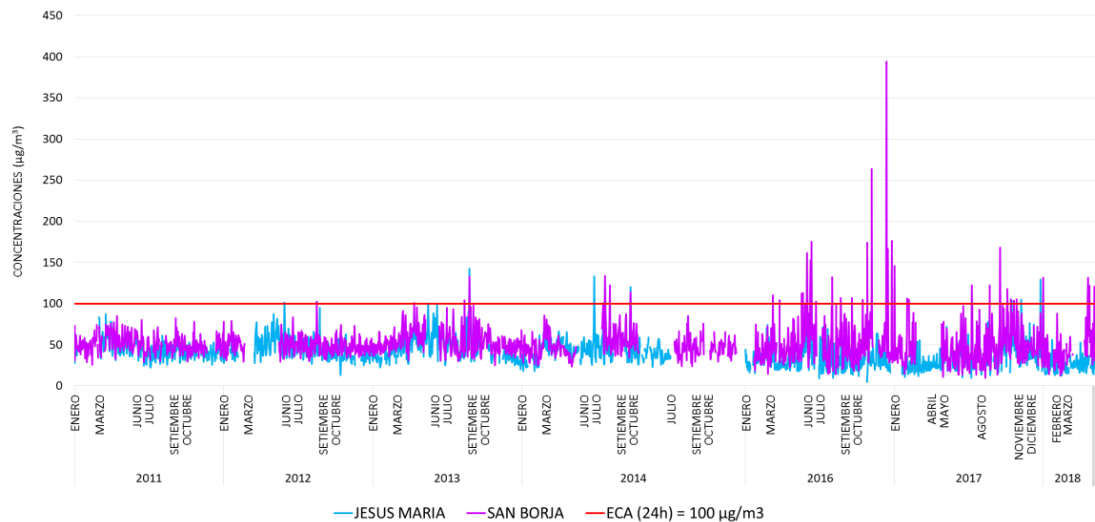


Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

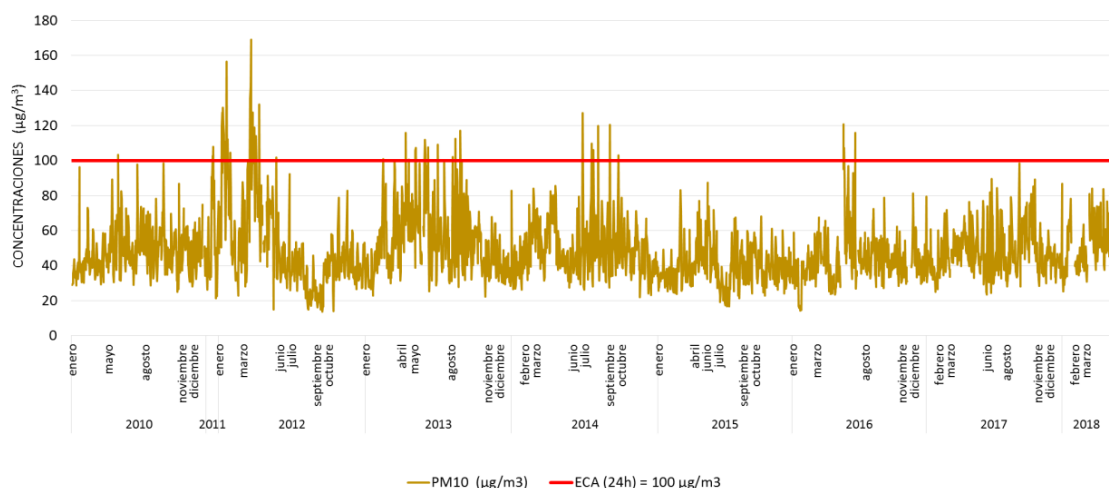
Las gráficas 72 y 73, que corresponde a los monitoreos realizados por SENAMHI en la zona de Lima Este, señalan que las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ superan el valor ECA²⁷ con una frecuencia bastante alta a lo largo del año, siguiendo el patrón del PM_{2,5}. Las mayores concentraciones se han registrado en la estación de Ate, la cual por su localización cercana a la carretera central se estima que se encuentra bastante influenciada por las emisiones generadas ante el elevado flujo vehicular.

Gráfica 74: Resultado de mediciones diarias de PM₁₀, desde 2011 hasta 2018 - Lima Centro (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 75: Resultado de mediciones diarias de PM₁₀, desde octubre del 2010 hasta mayo del 2018 – Lima Centro (PROTRANSPORTE)

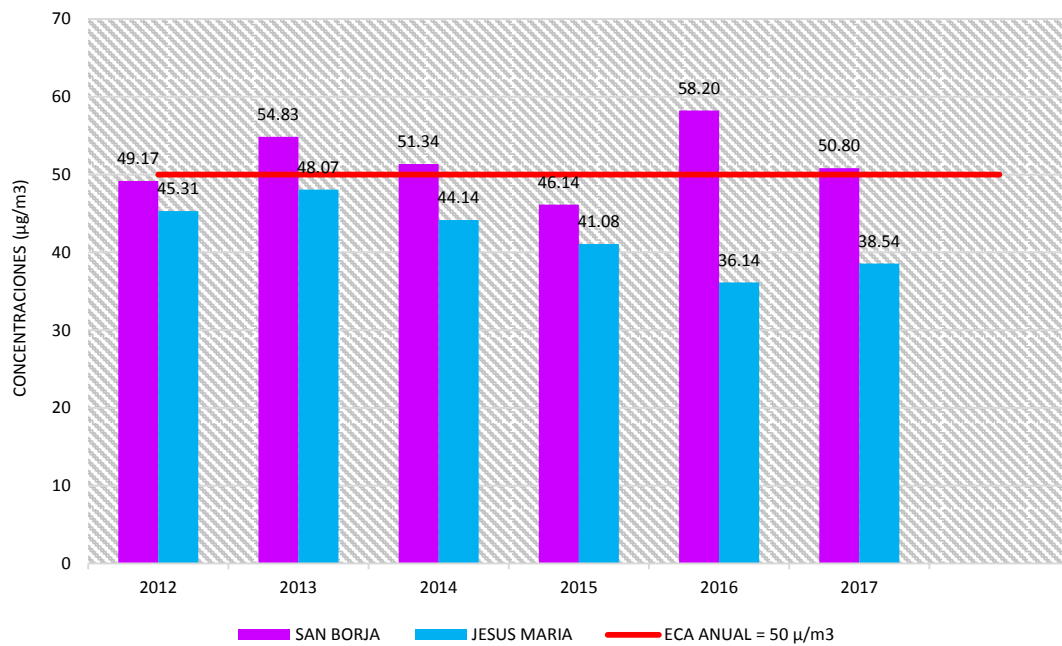


Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por PROTRANSPORTE (2018).

²⁷ De las mediciones diarias realizadas durante el periodo analizado, se observó que el promedio ponderado de excedencias al ECA Aire para PM_{2,5} es de 39% para Lima Este.

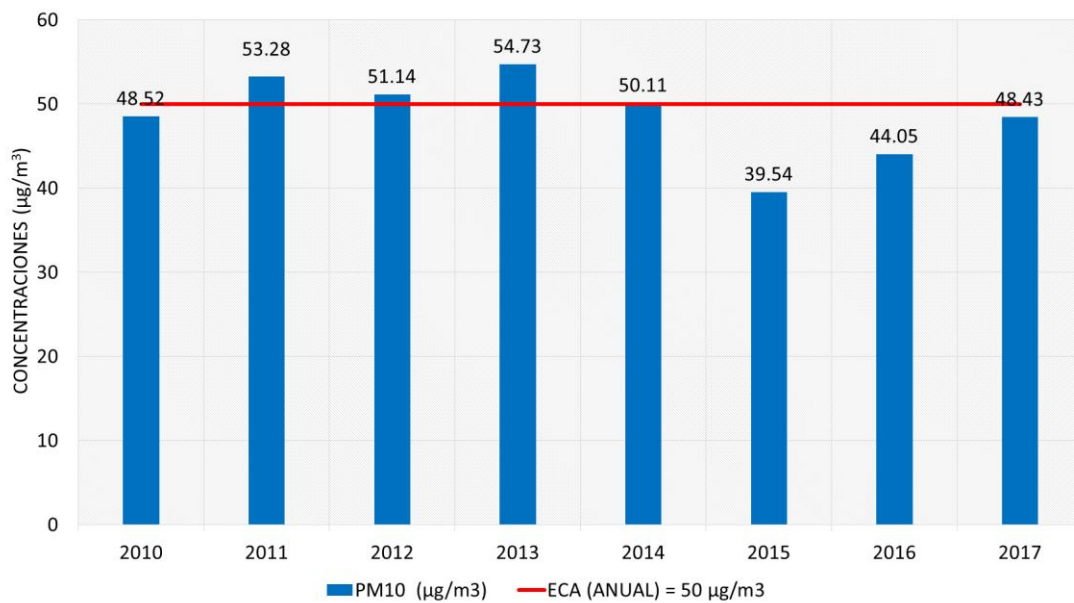
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 76: Resultado del promedio anual de PM₁₀, desde 2012 hasta 2017 – Lima Centro (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 77: Resultado del promedio anual de mediciones diarias de PM₁₀, desde octubre 2010 hasta 2017- Lima Centro (PROTRANSPORTE)

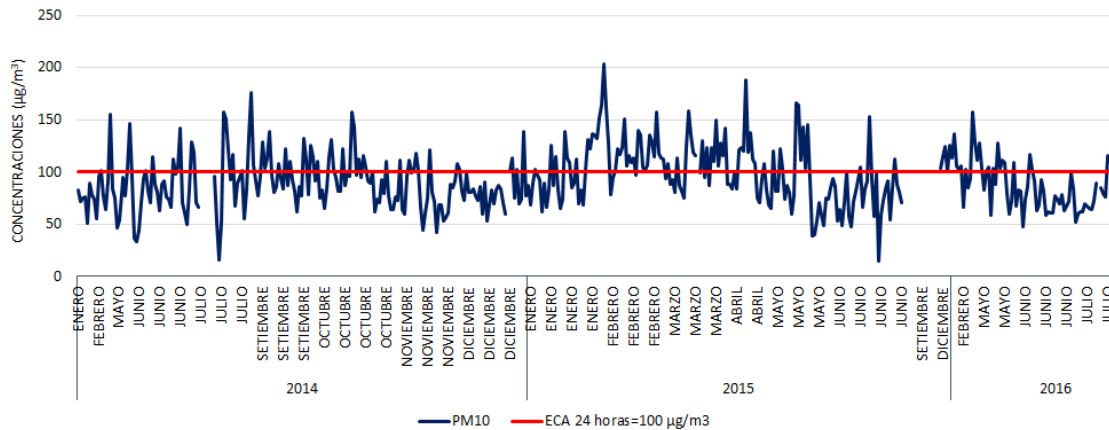


Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por PROTRANSPORTE (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

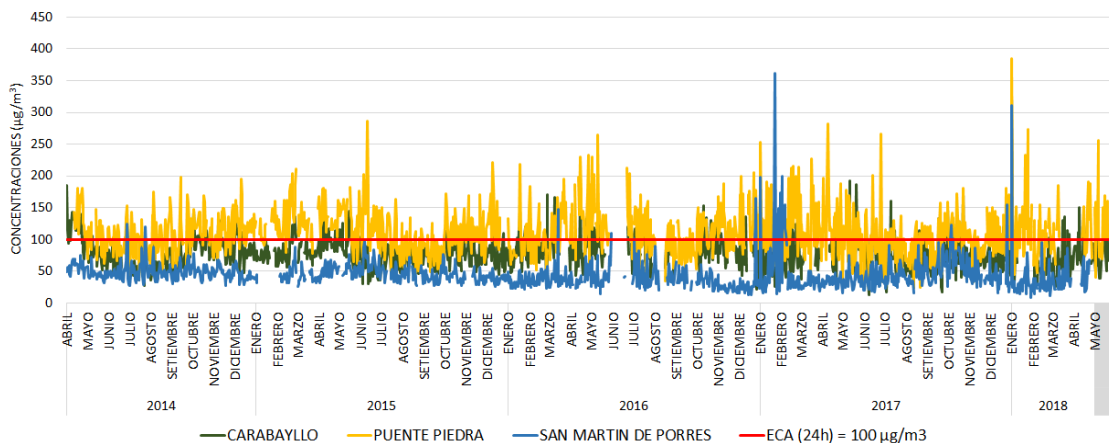
Se puede observar en la gráfica 74 a la 77, que de los monitoreos realizados tanto por SENAMHI y PROTRANSPORTE en la zona de Lima Centro, las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ superan el valor ECA²⁸ con menor frecuencia en comparación a Lima Este, encontrándose valores usualmente más bajos en las estaciones de Lince y Jesús María.

Gráfica 78: Resultado del promedio diario de PM₁₀ de la Estación E-3: Estación Santa Luzmila, desde 2014 hasta 2016 – Lima Norte (DIGESA)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2017).

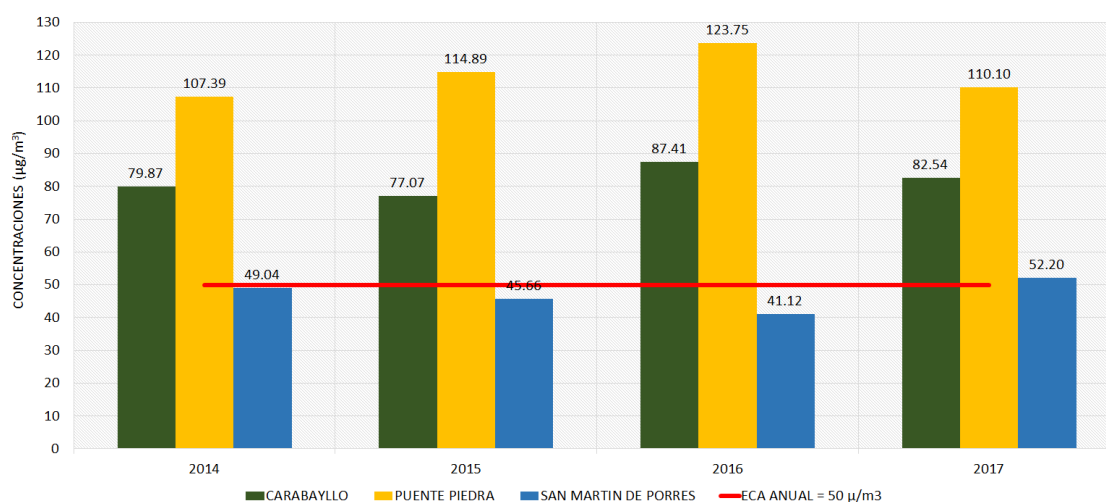
Gráfica 79: Resultado de mediciones diarias de PM₁₀, desde 2014 hasta 2018 - Lima Norte (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

²⁸ De las mediciones diarias realizadas durante el periodo analizado, se observó que el promedio ponderado de excedencias al ECA Aire para PM_{2,5} es de 2% para Lima Centro.

Gráfica 80: Resultado del promedio anual de PM₁₀, desde 2014 hasta 2017 – Lima Norte (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

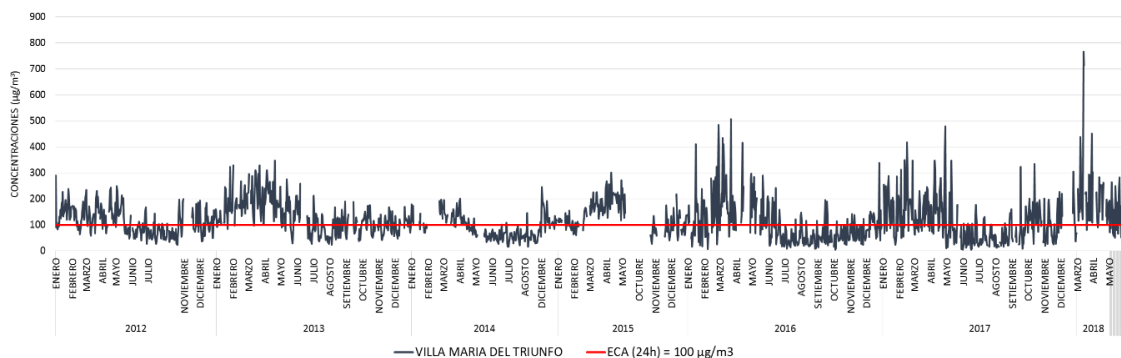
En la gráfica 78 a la 80, correspondiente a los monitoreos realizados por SENAMHI en la zona de Lima Norte, se observa que las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ superan el valor ECA²⁹, sin embargo los niveles de concentración son menores que Lima Este. Donde los valores más altos se registran en la estación de Puente Piedra, mientras que las menores concentraciones se presentaron en la estación de San Martín de Porres.

Este comportamiento difiere del comportamiento de PM_{2,5} en las mismas estaciones; se presentan altas concentraciones de PM₁₀ a diferencia de las concentraciones de PM_{2,5}. Estos resultados podrían reflejar una situación donde los principales aportes de material particulado aire estarían proviniendo, en mayor medida, de la suspensión y resuspensión de las partículas de vías no asfaltada, y no tanto en relación a la emisiones vehiculares (tubo de escape), lo cual estaría más relacionado con mayores concentraciones en PM_{2,5}. Cabe mencionar que las elevadas concentraciones encontradas en Lima Norte y Lima Este responden al patrón climático del comportamiento de los vientos sobre la ciudad de Lima-Callao, pues ingresan por el sur y sur-oeste y transportan los contaminantes emitidos hacia el norte, nor-este y este de la ciudad.

²⁹ De las mediciones diarias realizadas durante el periodo analizado, se observó que el promedio ponderado de excedencias al ECA Aire para PM_{2,5} es de 27% para Lima Norte.

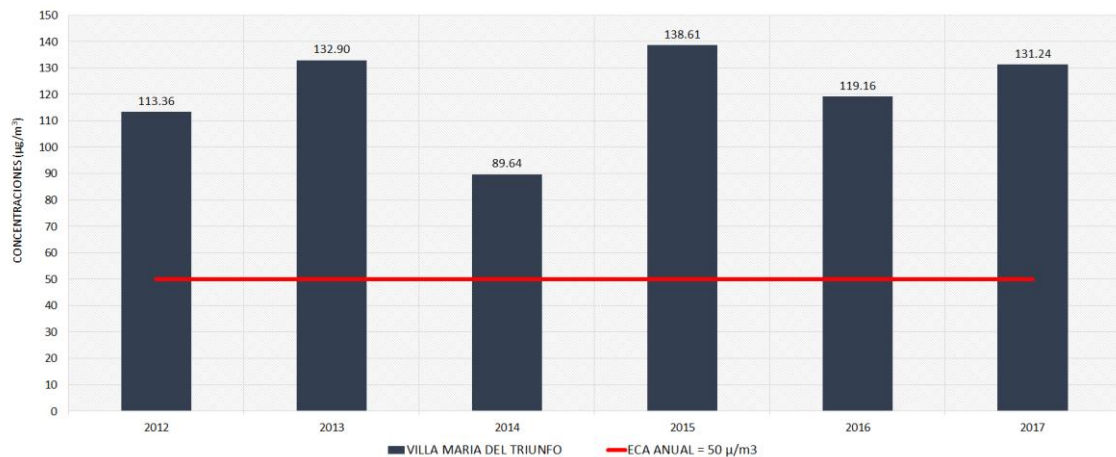
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 81: Resultado de mediciones diarias de PM₁₀, desde 2012 hasta 2018 - Lima Sur (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 82: Resultado del promedio anual de PM₁₀, desde 2012 hasta 2017 – Lima Sur (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia basada en información del SENAMHI (2017).

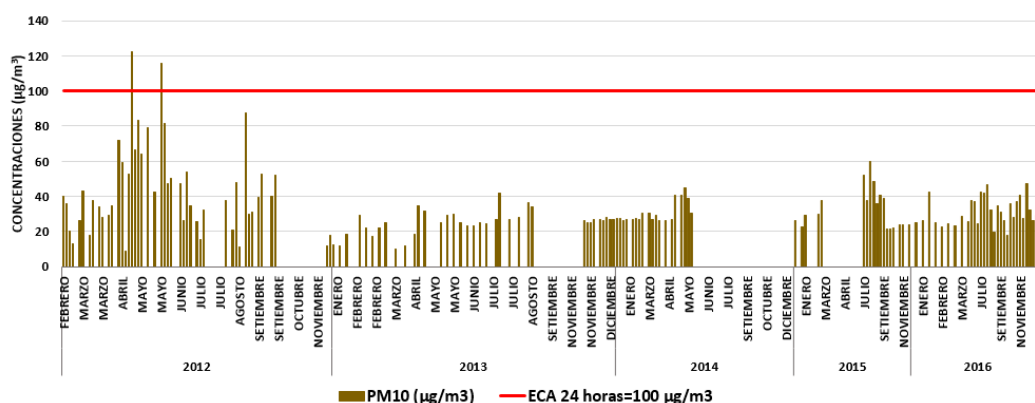
De los monitoreos realizados por SENAMHI en la zona de Lima Sur, se puede observar en la gráfica 81 y 82, que las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ superan el valor ECA³⁰ con mayor frecuencia y en niveles mayores en comparación a Lima Este.

Este comportamiento de altas concentraciones de PM₁₀ y no tan altas concentraciones de PM_{2,5}, podrían reflejar que los principales aportes de material particulado aire estarían proviniendo, en mayor medida, de la suspensión y resuspensión de las partículas de vías no asfaltada y/o deterioradas, así como por las canteras (en el caso de VMT), y no tanto en relación a la emisiones vehiculares, lo cual estaría más relacionado con mayores concentraciones en PM_{2,5}. Cabe mencionar que Lima Sur, al igual que Lima Este, es una zona con escasas áreas verdes y una gran cantidad de carreteras sin pavimentar, lo cual agrava la emisión de PM₁₀ a consecuencia una gran cantidad de polvo al ambiente.

³⁰ De las mediciones diarias realizadas durante el periodo analizado, se observó que el promedio ponderado de excedencias al ECA Aire para PM_{2,5} es de 51% para Lima Sur.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 83: Resultado del promedio diario de PM₁₀ de la Estación E-1: DIRESA Callao, desde 2012 hasta 2016 – Callao (DIGESA)

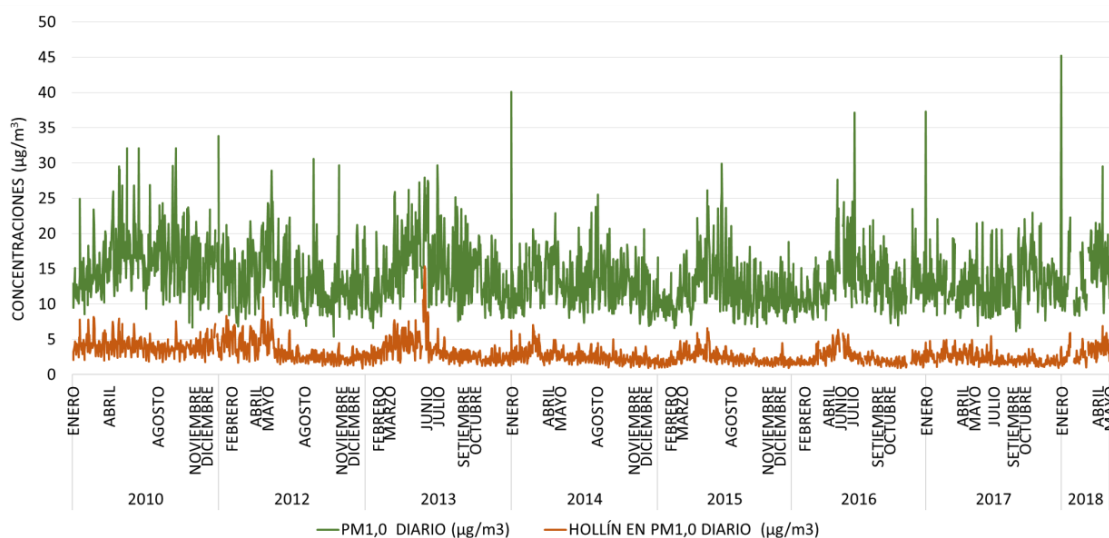


Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2017).

Se puede observar, en la gráfica 83, que de los monitoreos realizados por DIGESA en la estación E1: DIRESA Callao, se presentan concentraciones de PM₁₀ que superan el valor ECA³¹ con muy baja frecuencia en comparación a los demás puntos de la ciudad. El motivo principal para estas bajas concentraciones en Lima Oeste (Callao), es que en esta zona hay un ingreso constante de masas de aire limpia provenientes desde el mar a causa de las brisa marina, el cual perdura hasta horas de la noche y se intensifica en horas del día y tarde. Estos vientos contribuyen a la dispersión de los contaminantes presentes en el Callao.

➤ Material particulado menor a 1,0 micra (PM_{1,0})

Gráfica 84: Resultado de mediciones diarias de PM_{1,0}, desde 2010 a 2018 – Lima Centro (PROTRANSPORTE)



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por PROTRANSPORTE (2018).

³¹ De las mediciones diarias realizadas durante el periodo analizado, se observó que el promedio ponderado de excedencias al ECA Aire para PM_{2,5} es de 1% para Callao.

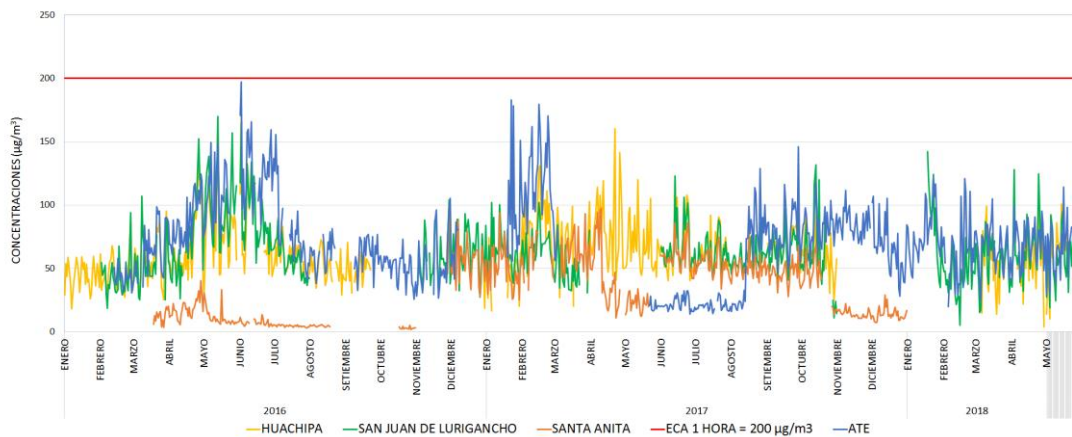
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

En la gráfica 84, correspondiente a los monitoreos realizados por PROTRANSPORTE en Lima Centro, se aprecia que las concentraciones promedio diarias de $PM_{1,0}$ que se encuentran usualmente por debajo de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$; y en el caso de hollín en $PM_{1,0}$, las concentraciones se encuentran usualmente por debajo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Respecto a este parámetro es importante precisar que si bien no cuenta a la fecha con un Estándar de Calidad Ambiental, ni nacional ni internacional, Chen G *et al.* (2017) indica que debido al tamaño de partícula más pequeño, $PM_{1,0}$ es más dañino que $PM_{2,5}$ porque llega más profundo al sistema respiratorio. La evidencia de los efectos del $PM_{1,0}$ en la salud es muy limitada, ya que no se monitorea aún de manera rutinaria.

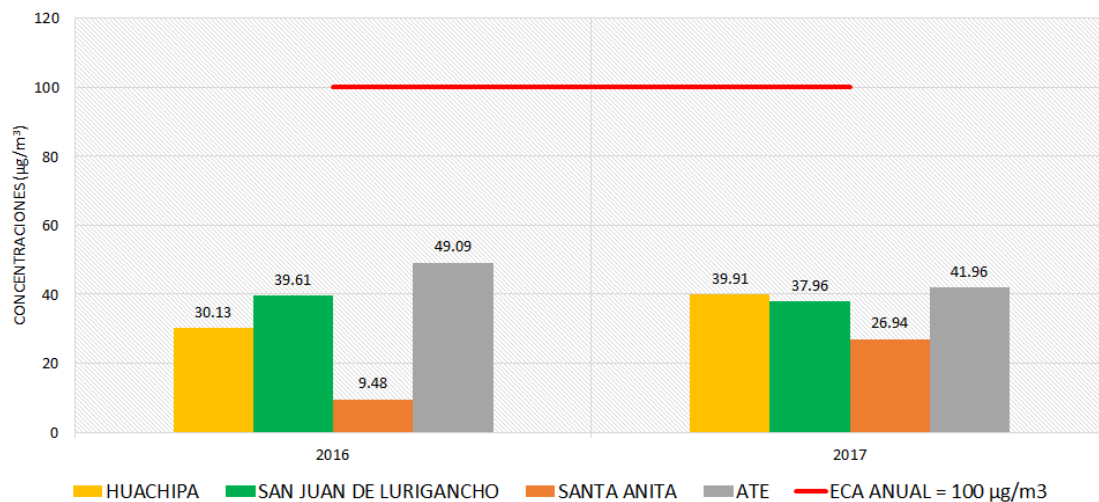
➤ Dióxido de Nitrógeno (NO_2)

Gráfica 85: Resultado del promedio horario de NO_2 , desde 2016 hasta 2018 – Lima Este



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

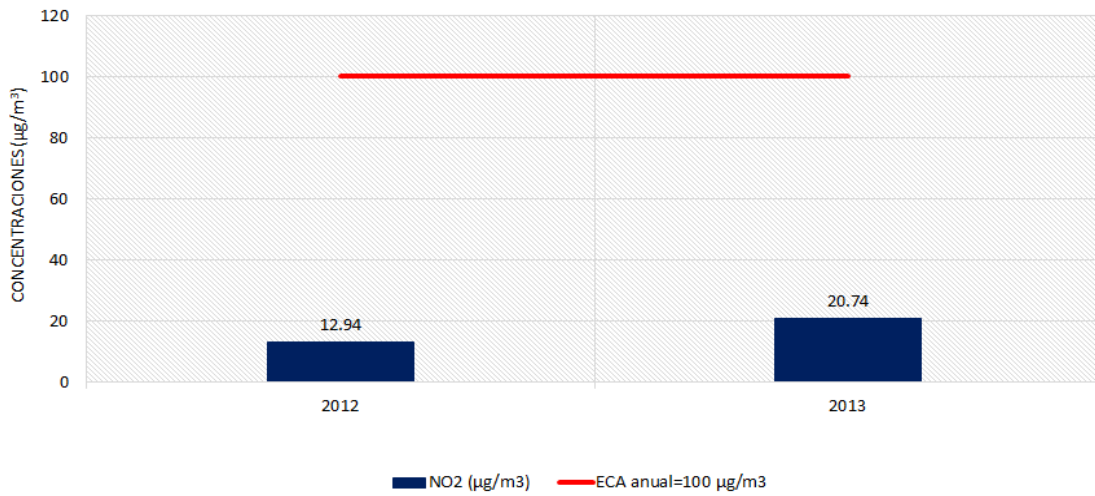
Gráfica 86: Resultado del promedio anual de NO_2 , desde 2016 hasta 2017 – Lima Este



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

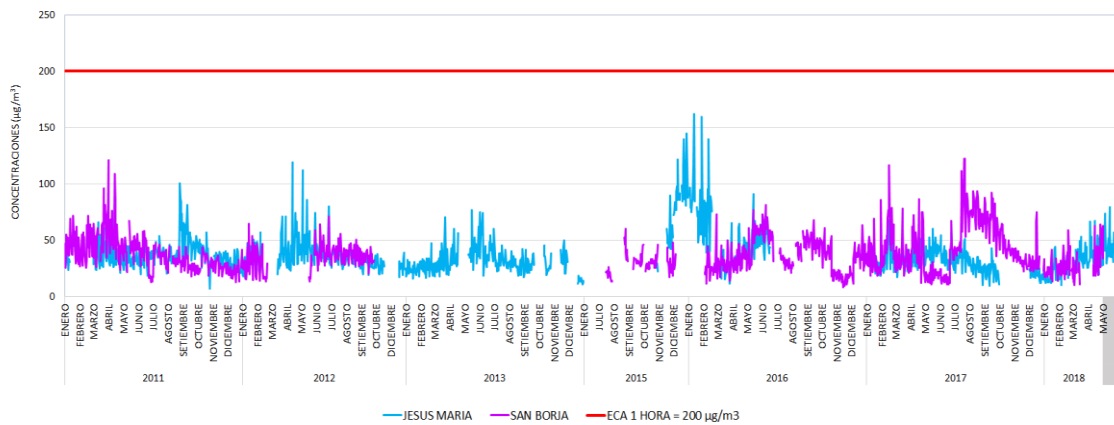
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 87: Resultado del promedio anual de NO₂ de la Estación E-4: Hospital Hipólito Unanue, desde 2012 hasta 2013 – Lima Este



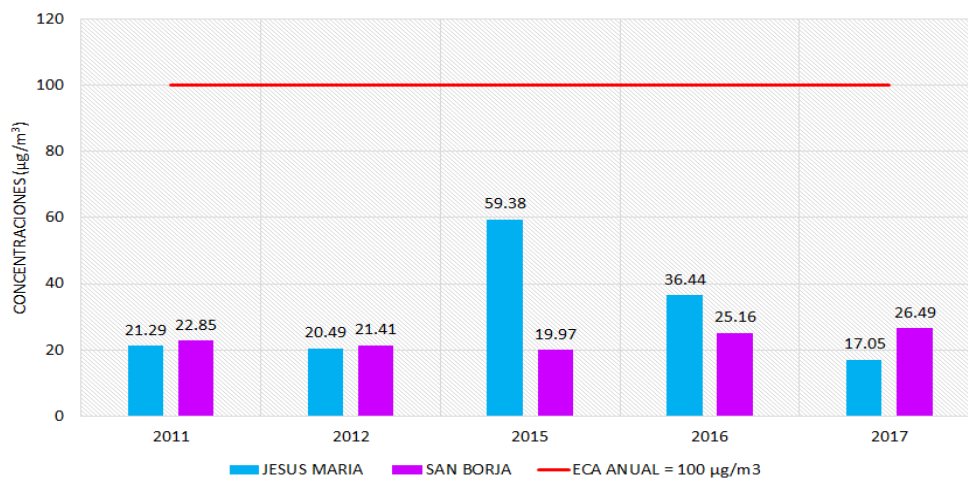
Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2017).

Gráfica 88: Resultado del promedio horario de NO₂, desde 2011 hasta 2018 – Lima Centro



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

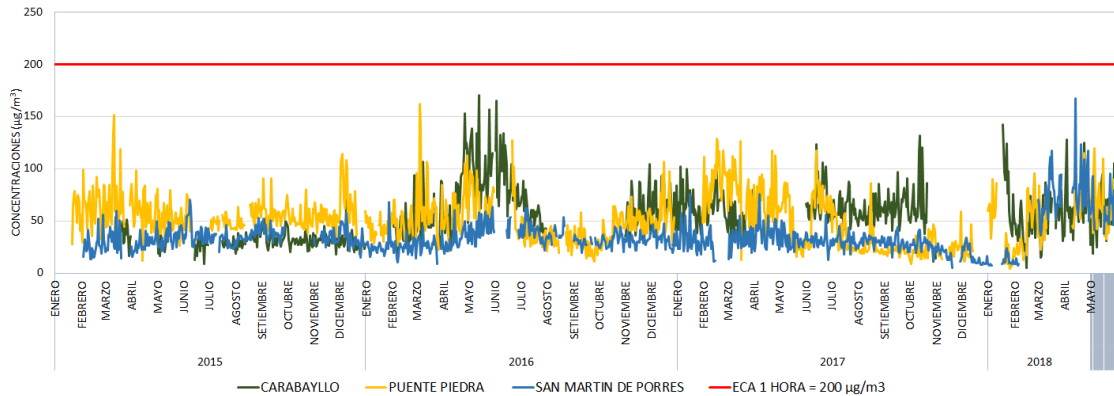
Gráfica 89: Resultado del promedio anual de NO₂, desde 2011 hasta 2017 – Lima Centro



Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

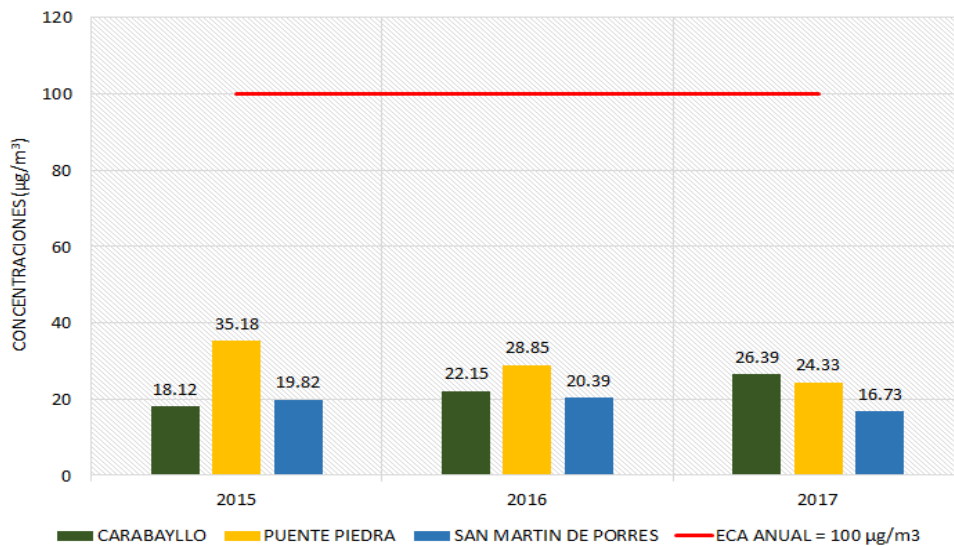
Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 90: Resultado del promedio horario de NO₂, desde 2015 hasta 2018 – Lima Norte



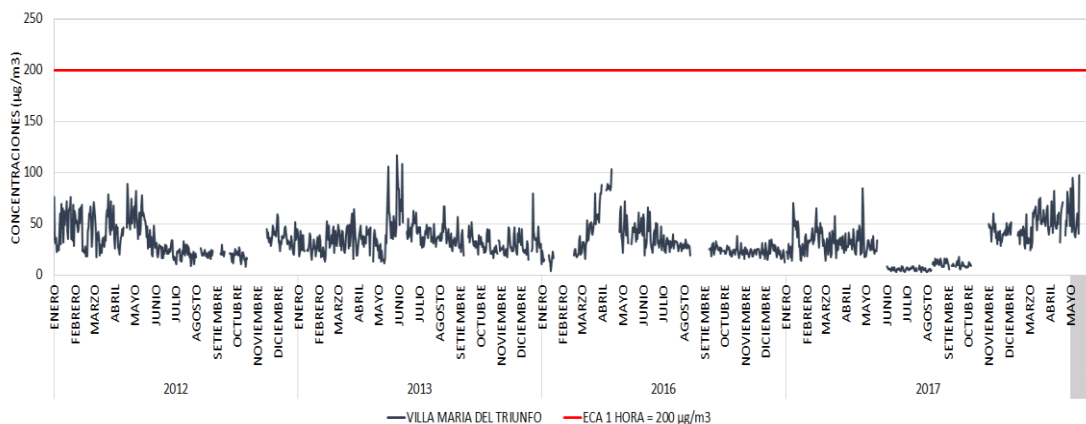
Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 91: Resultado del promedio anual de NO₂, desde 2015 hasta 2017 – Lima Norte



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

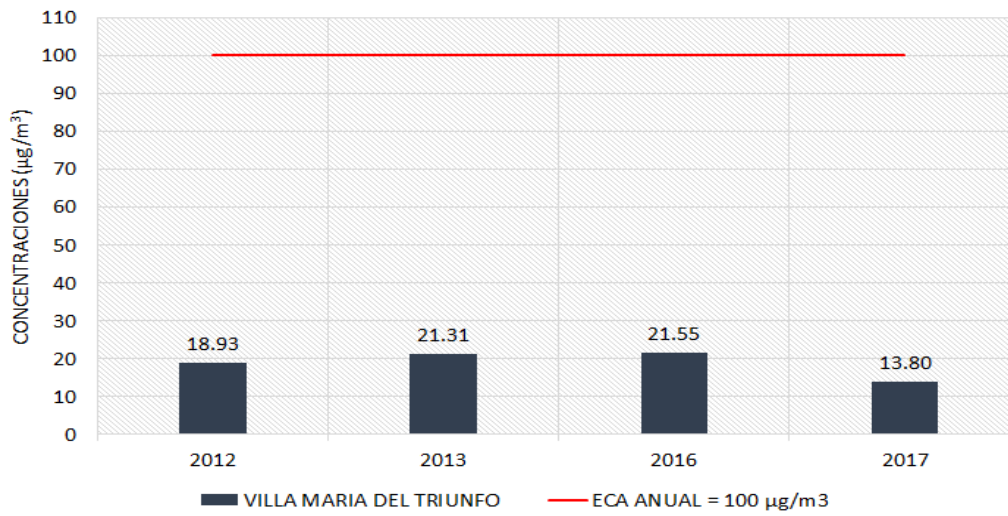
Gráfica 92: Resultado del promedio horario de NO₂, desde 2012 hasta 2018 – Lima Sur



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

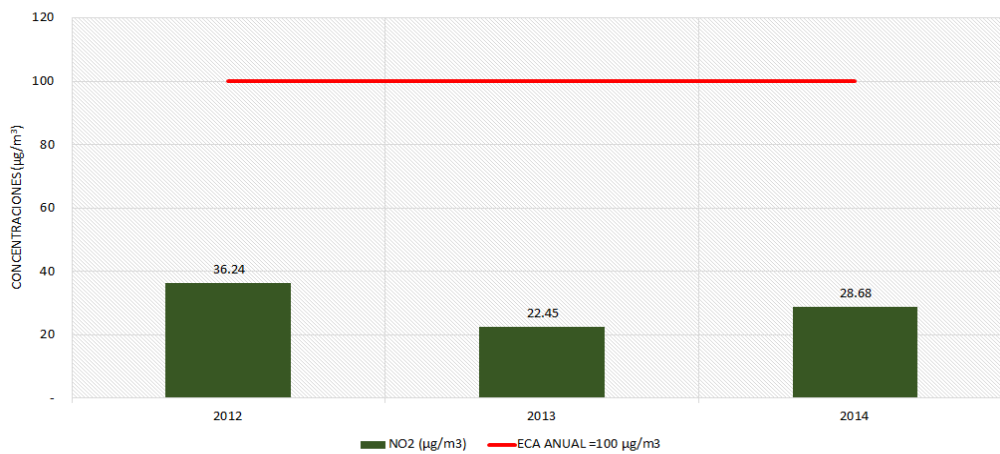
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 93: Resultado del promedio anual de NO₂, desde 2012 hasta 2017 – Lima Sur



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

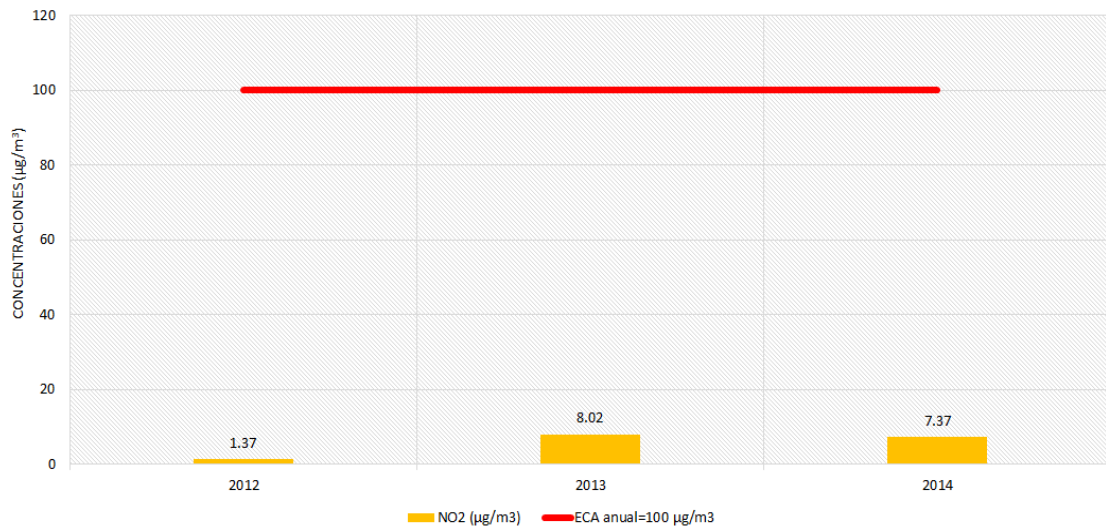
Gráfica 94: Resultado del promedio anual de NO₂ de la Estación E-2: Hospital María Auxiliadora, desde 2012 hasta 2014 – Lima Sur



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2017).

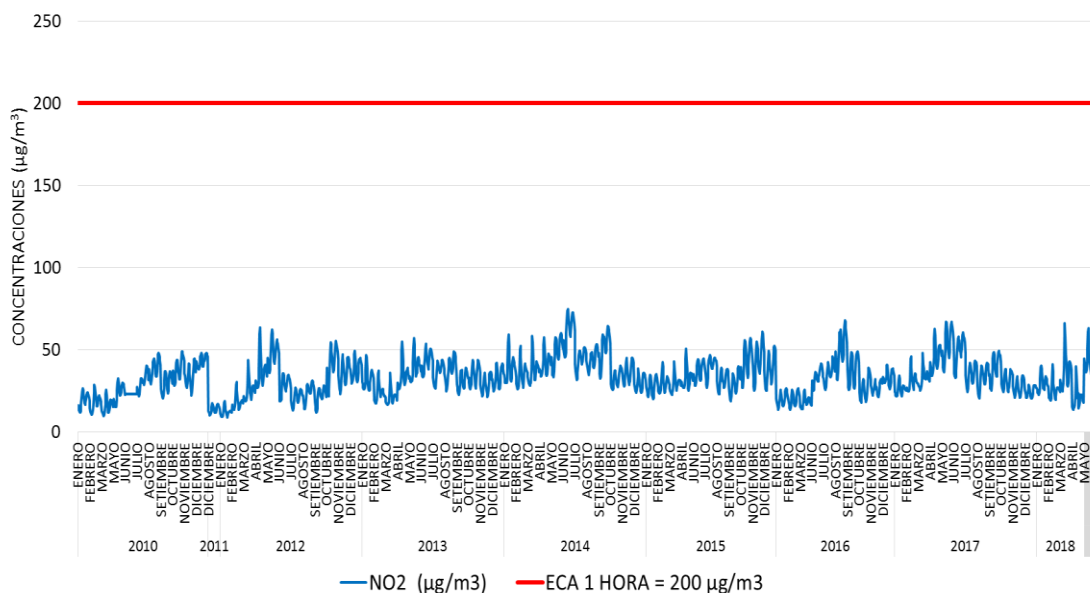
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 95: Resultado del promedio anual de NO₂ de la Estación E-1: DIRESA Callao, desde 2012 hasta 2014 – Callao



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2017).

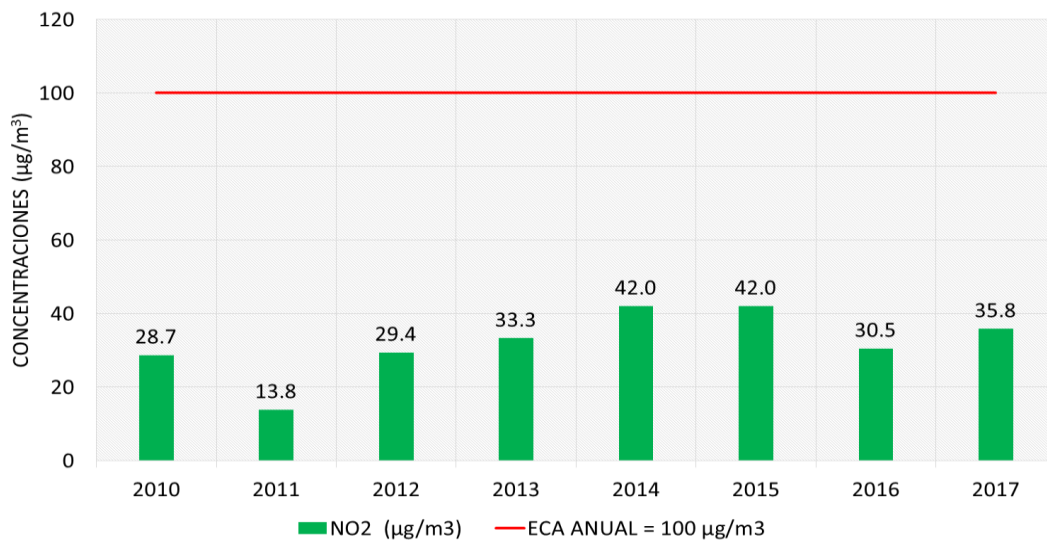
Gráfica 96: Resultado de mediciones diarias de NO₂, desde octubre 2010 hasta mayo del 2018 – Lima Centro



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por PROTRANSPORTE (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 97: Resultado de promedio anual de mediciones diarias de NO₂, desde 2010 hasta 2017 – Lima Centro



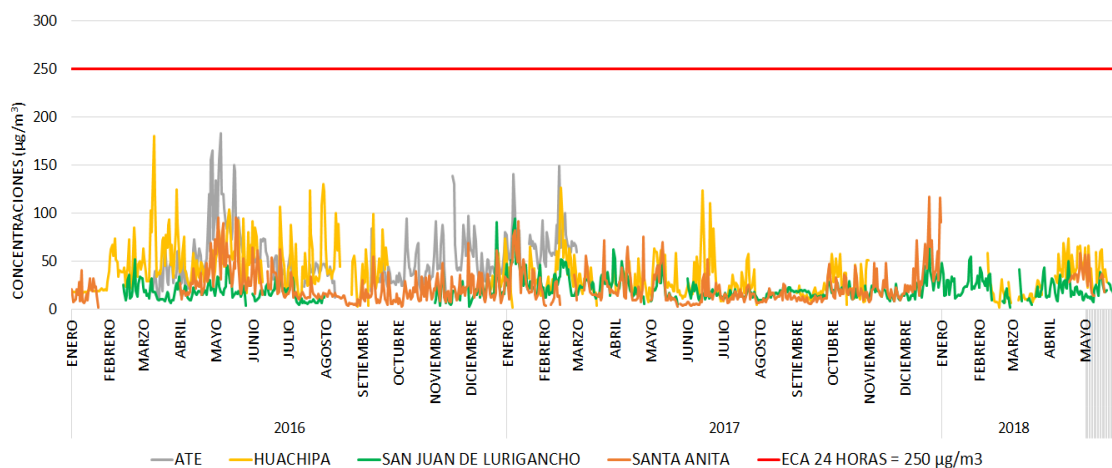
Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por PROTRANSPORTE (2018).

De la gráfica 85 a la 97, se visualiza que prácticamente en ninguna estación de monitoreo, salvo algunos casos aislados en Lima Este (Ate vitarte - ATE), se encuentran valores por encima del ECA horario, y ningún promedio anual de ninguna estación supera su correspondiente ECA anual.

Cabe precisar que, los resultados de NO₂ se presentan en mayores niveles en la zona de Lima Este, ello guarda coherencia con lo indicado previamente en el análisis de las concentraciones de PM_{2,5}, pues la estación de Ate se encontraría principalmente influenciada por las emisiones vehiculares en la Carretera Central, mientras que estaciones como Puente Piedra, Carabayllo y VMT se encontrarían más influenciadas por la suspensión y resuspensión del material de vías no asfaltadas e incluso canteras cercanas (como en el caso de VMT).

➤ Dióxido de Azufre (SO₂)

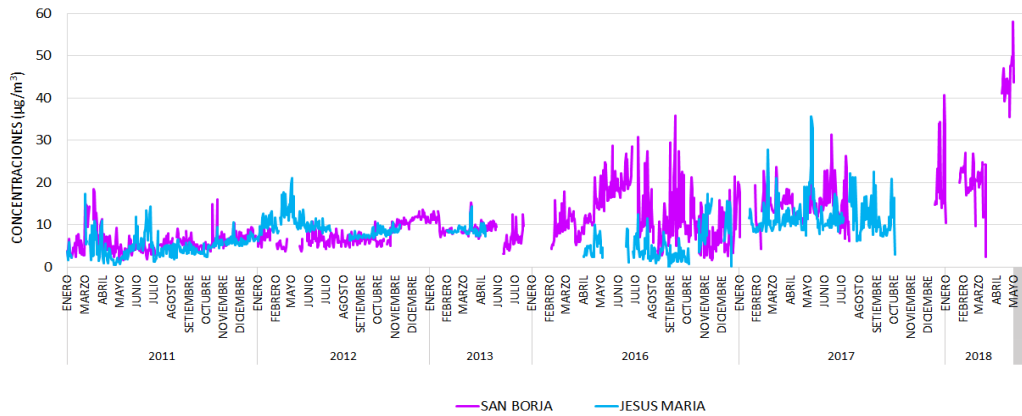
Gráfica 98: Resultado del promedio diario de SO₂, desde 2016 hasta 2018 – Lima Este



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

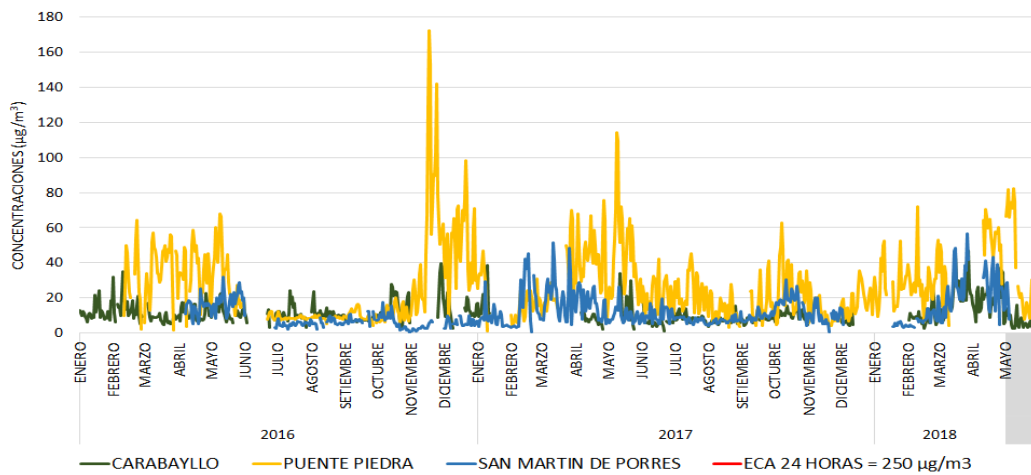
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 99: Resultado del promedio diario de SO₂, desde 2011 hasta 2018 – Lima Centro



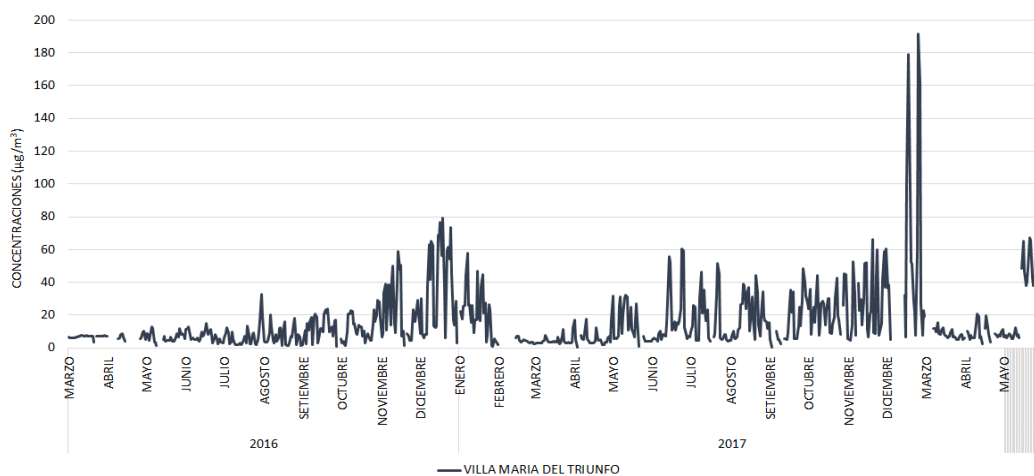
Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018)

Gráfica 100: Resultado del promedio diario de SO₂, desde 2016 hasta 2018 – Lima Norte



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

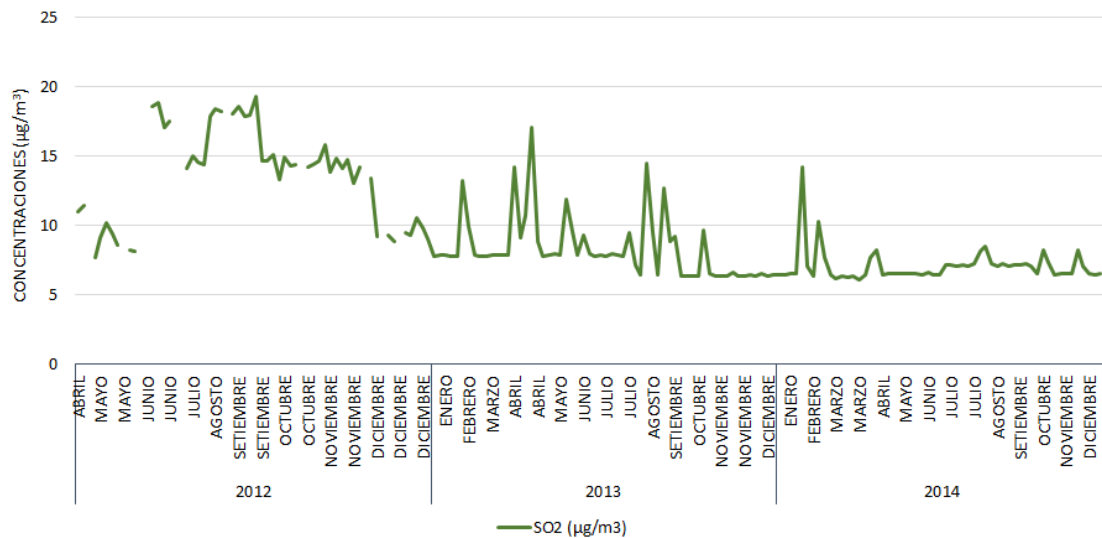
Gráfica 101: Resultado del promedio diario de SO₂, desde 2017 hasta 2018 – Lima Sur



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

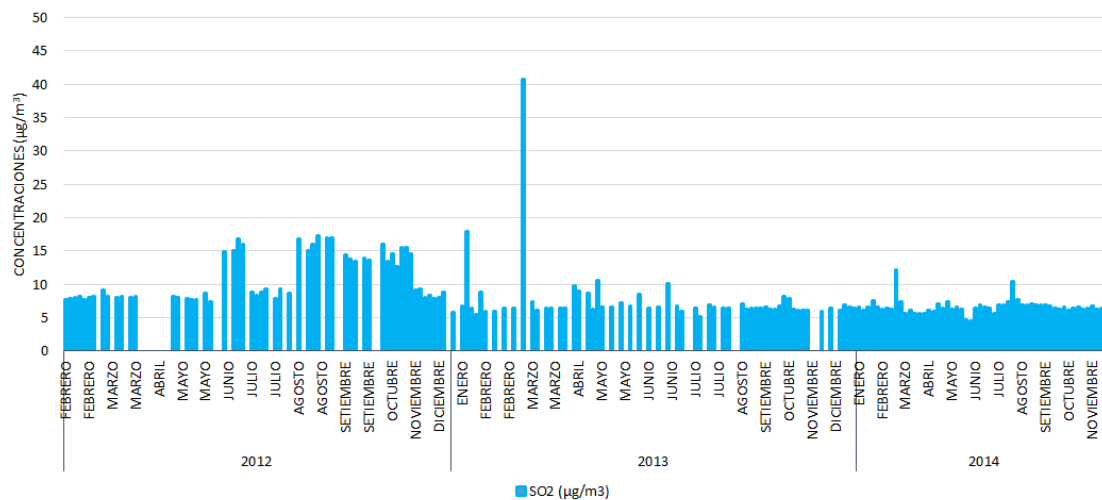
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 102: Resultado del promedio diario de SO₂ de la Estación E-2: Hospital María Auxiliadora, desde 2012 hasta 2014 – Lima Sur



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2017).

Gráfica 103: Resultado del promedio diario de SO₂ de la Estación E-1: DIRESA Callao, desde 2012 hasta 2014 – Callao



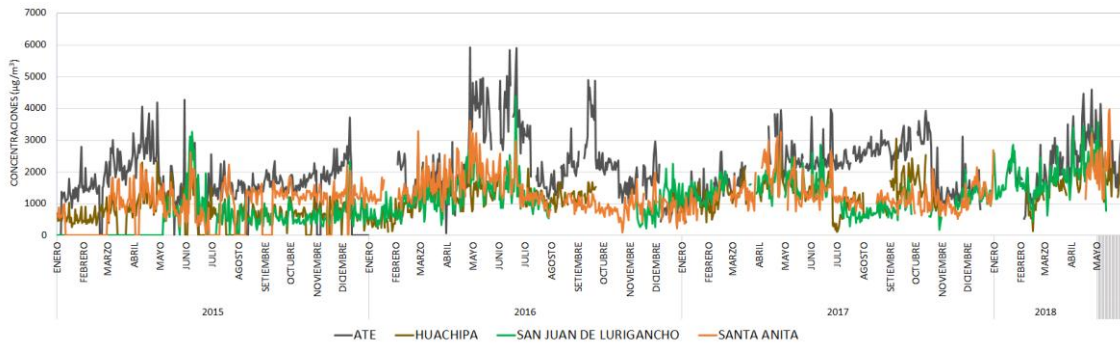
Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2017).

En las gráficas 98 al 103, se visualiza que en ninguna estación de monitoreo se registraron valores por encima del ECA diario. Asimismo, se precisa que los resultados de SO₂ presentan concentraciones mayores en la zona de Lima Este, Norte y Sur, lo cual podría vincularse al aporte de emisiones de fuentes móviles y de fijas provenientes de áreas comerciales y/o industriales.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

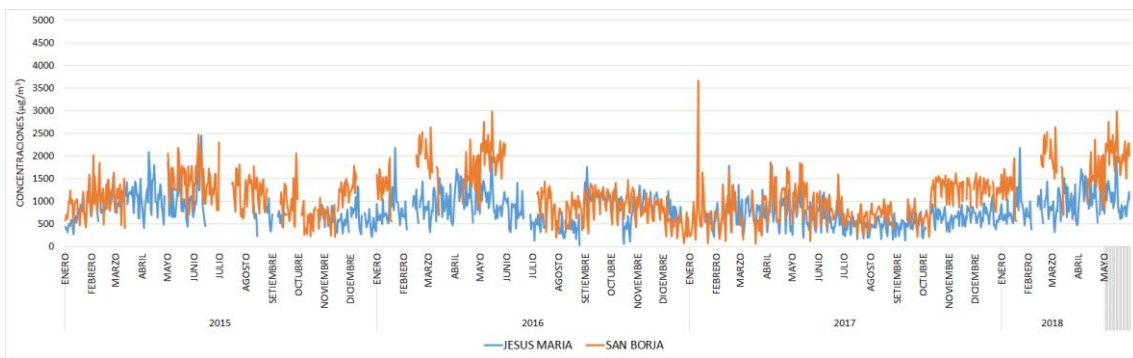
➤ Monóxido de Carbono (CO)

Gráfica 104: Resultado del promedio horario de CO, desde 2015 hasta 2018 – Lima Este



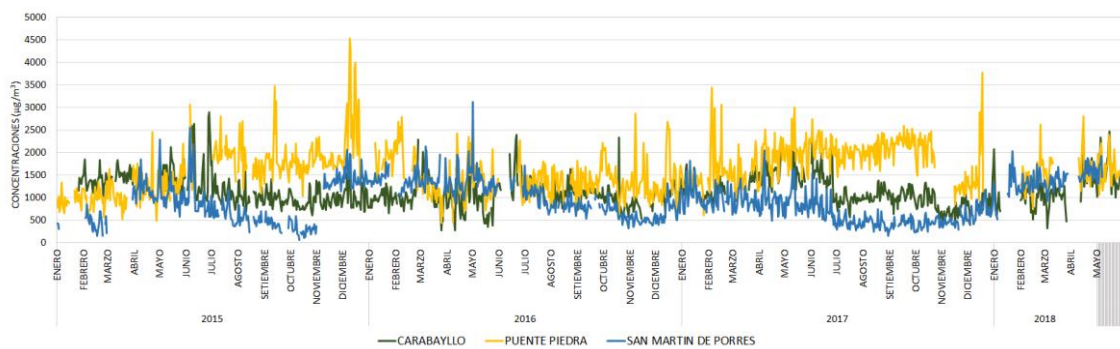
Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 105: Resultado del promedio horario de CO, desde 2015 hasta 2018 – Lima Centro



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

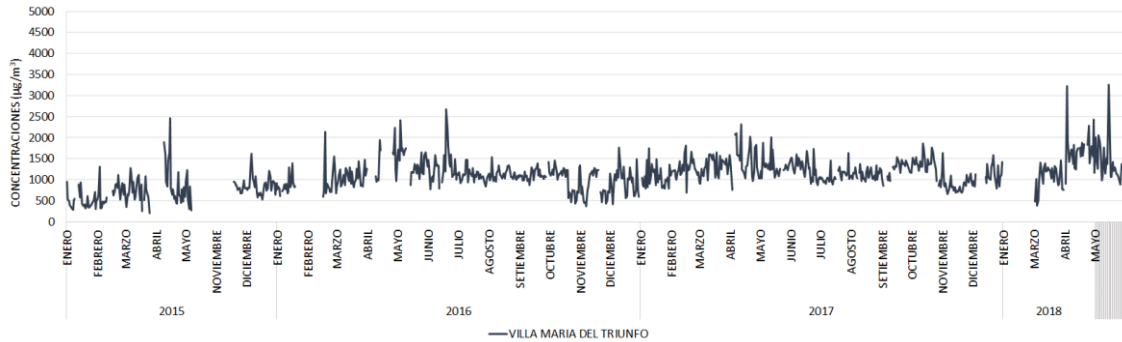
Gráfica 106: Resultado del promedio horario de CO, desde 2015 hasta 2018 – Lima Norte



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

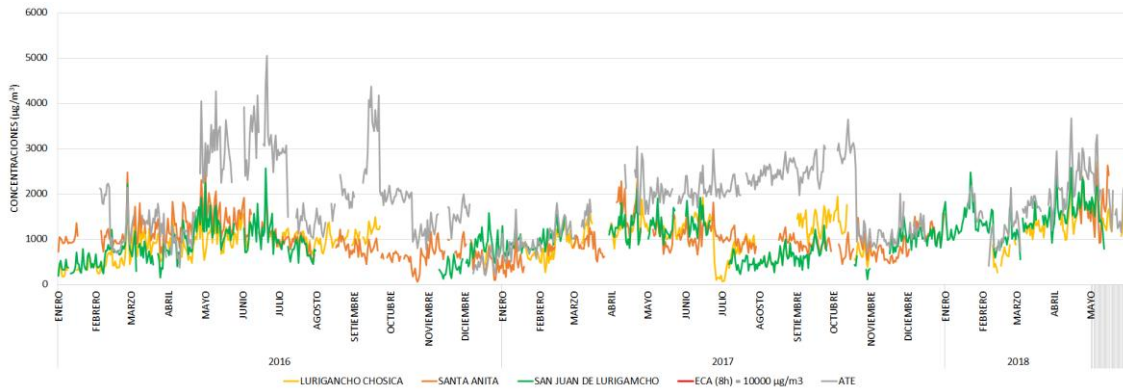
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 107: Resultado del promedio horario de CO , desde 2015 hasta 2018 – Lima Sur



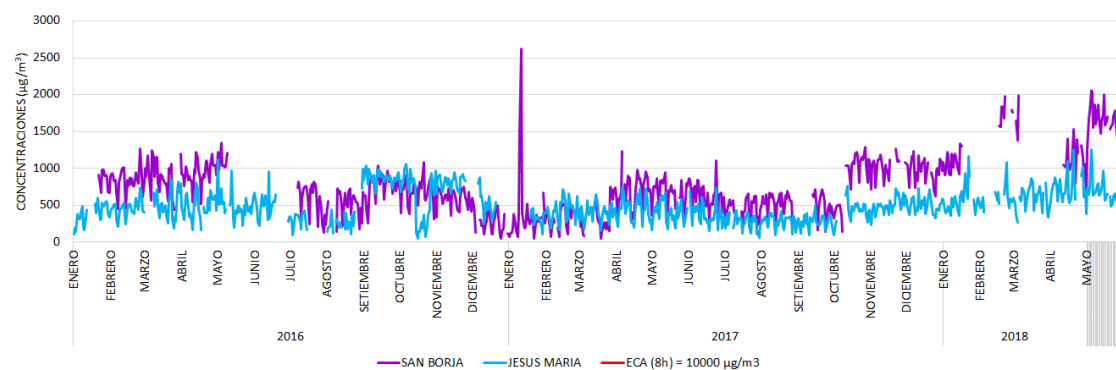
Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 108: Resultado del promedio octohorario de CO , desde 2016 hasta 2018 – Lima Este



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

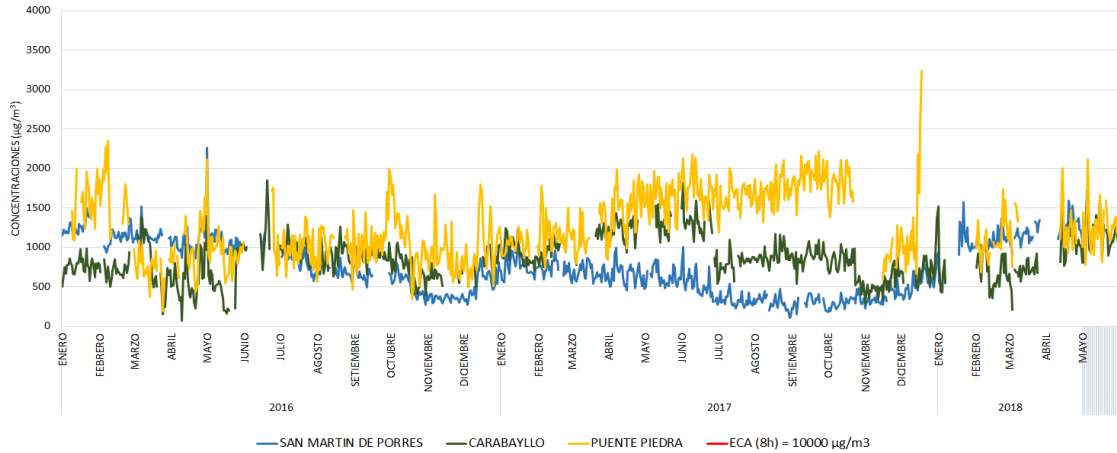
Gráfica 109: Resultado del promedio octohorario de CO , desde 2016 hasta 2018 – Lima Centro



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

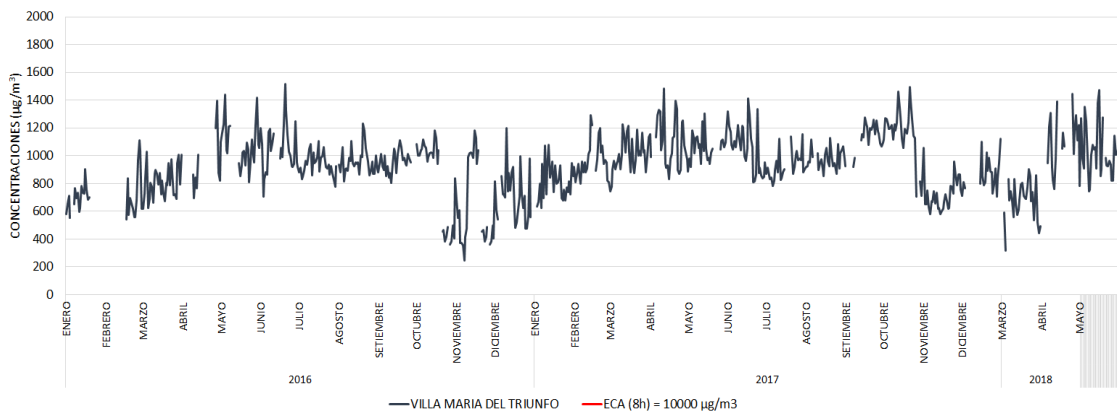
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 110: Resultado del promedio octohorario de CO, desde 2016 hasta 2018 – Lima Norte



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 111: Resultado del promedio octohorario de CO, desde 2016 hasta 2018 – Lima Sur



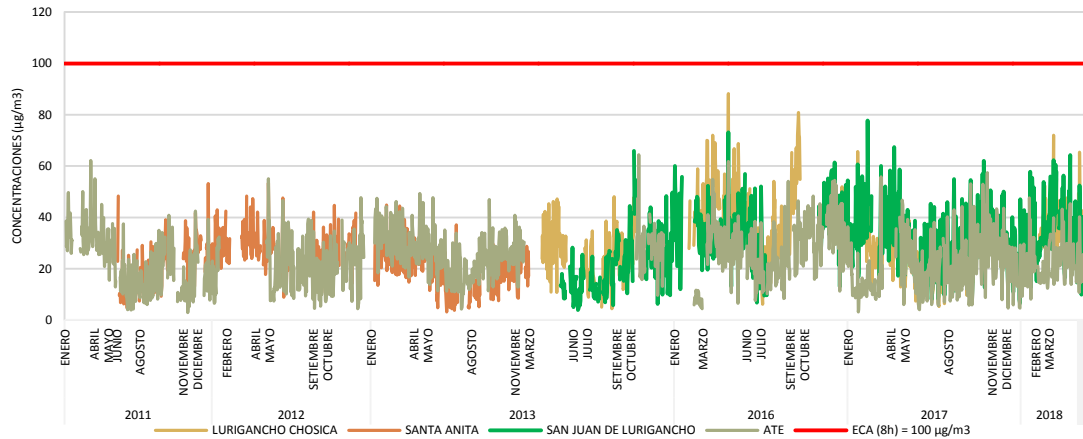
Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

De la gráfica 104 a 111, se puede visualizar que ninguna estación de monitoreo registra valores por encima de los correspondientes al ECA de CO (1 hora y 8 horas).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

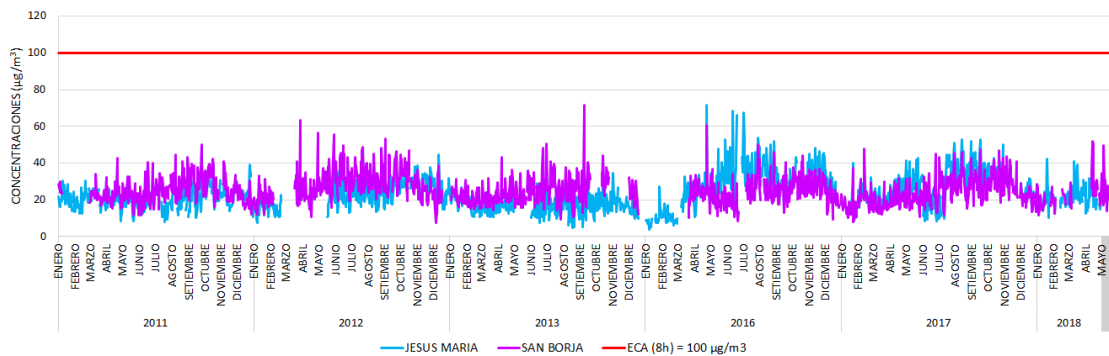
➤ Ozono (O₃)

Gráfica 112: Resultado del promedio móvil octohorario de O₃, desde 2016 hasta 2018 – Lima Este



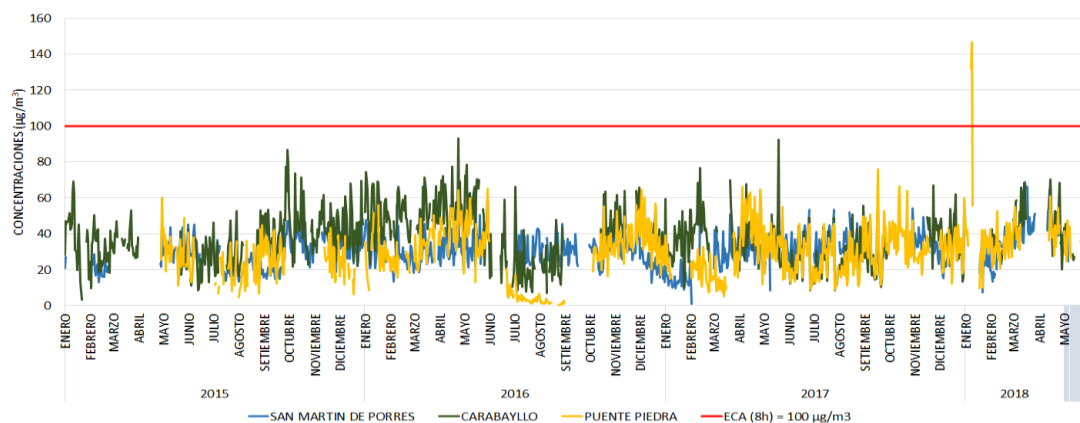
Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Gráfica 113: Resultado del promedio móvil octohorario de O₃, desde 2011 hasta 2018 – Lima Centro



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

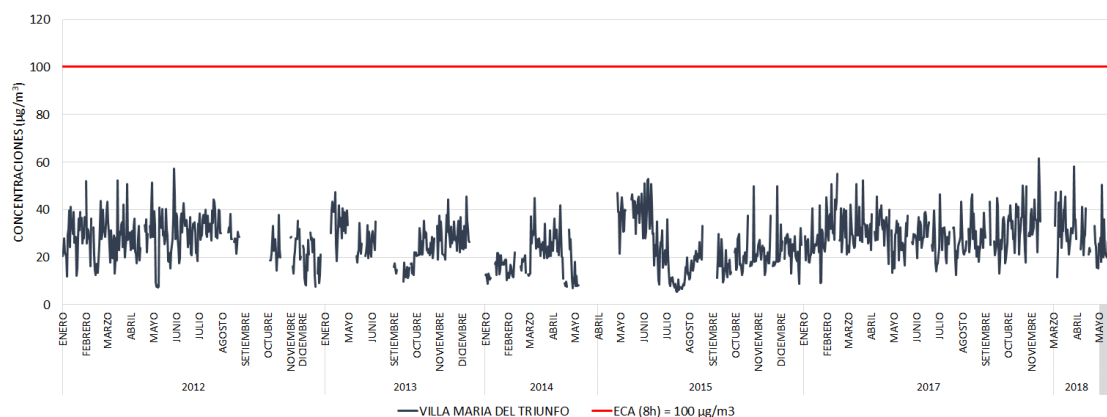
Gráfica 114: Resultado del promedio móvil octohorario de O₃, desde 2015 hasta 2018 – Lima Norte



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 115: Resultado del promedio móvil octohorario de O₃, desde 2012 hasta 2018 – Lima Sur



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por el SENAMHI (2018).

Las gráficas 112 al 115 señalan que, salvo un caso aislado en Puente Piedra, en ninguna estación de monitoreo se encontraron valores por encima del correspondiente ECA de O₃ (8 horas). Es importante recalcar que el parámetro no deber exceder el ECA más de 24 veces al año.

➤ Benceno (C₆H₆)

Respecto a este parámetro en particular, no se cuentan con estaciones de monitoreo permanente. En ese sentido, en ese acápite se describen y analizan resultados de monitoreos de benceno esporádicos realizados por la DIGESA³² durante el verano e invierno del 2011 y el otoño del 2018. Cabe mencionar que, en el año 2018, se incrementó el número de estaciones que median benceno, ubicándose en viviendas cercanas a grifos (estaciones de servicio donde se expide combustible).

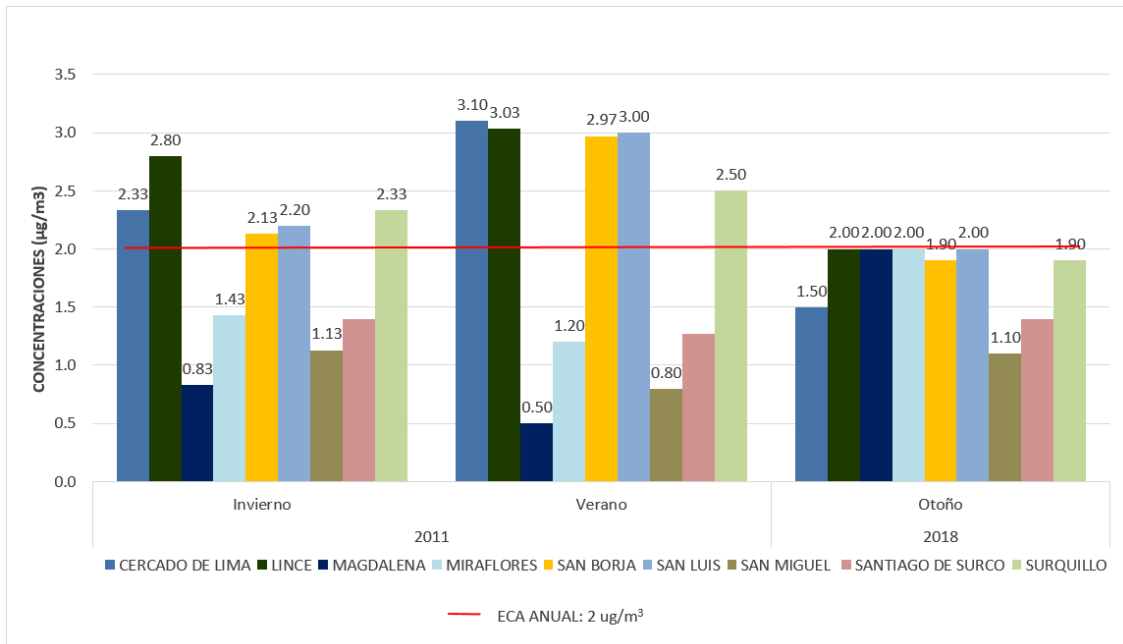
Cabe precisar que las evaluaciones relacionadas a este parámetro pudieron ser realizadas por DIGESA en 32 distritos del ámbito de área Metropolitana de Lima y Callao. Sin embargo, no se presentan los resultados correspondientes a Cieneguilla por contar únicamente con datos para el 2011.

Finalmente, respecto a la suficiencia de información para su comparación con el ECA anual, debido a la poca información disponible, no se ha descartado ninguno de los resultados presentados a continuación. Sin embargo, su comparación con el ECA solamente puede ser considerado como referencial.

³² Oficio N° 1727 -2019/DCOVI/DIGESA

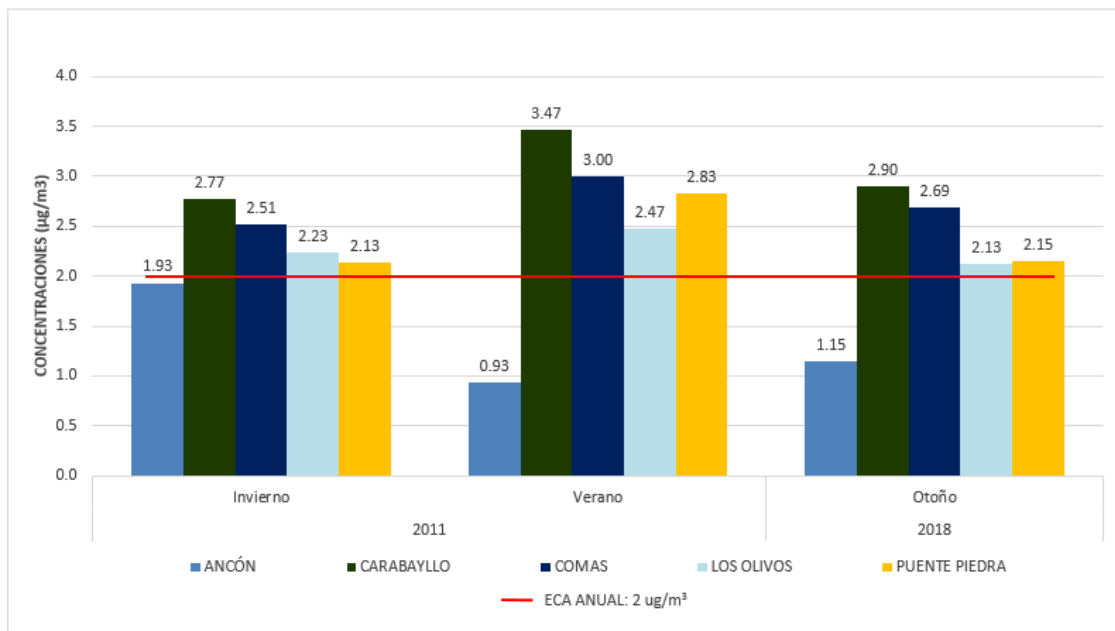
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 116: Resultado del promedio anual de benceno, 2011 y 2018 – Lima Centro



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2019).

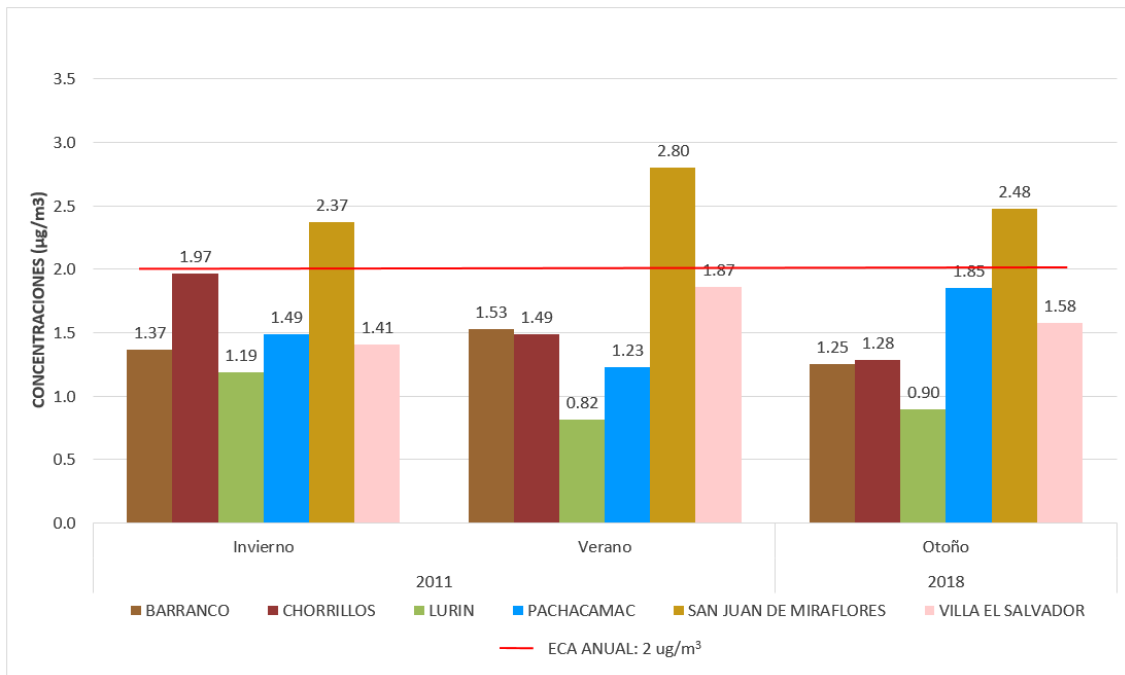
Gráfica 117: Resultado del promedio anual de benceno, 2011 y 2018 – Lima Norte



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2019).

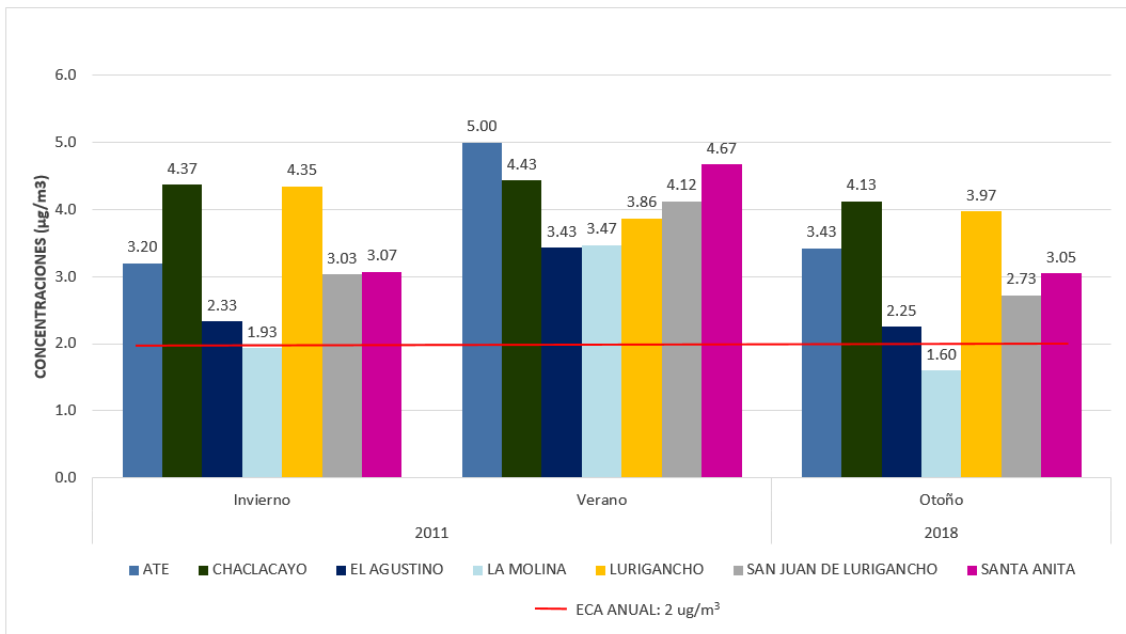
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 118: Resultado del promedio anual de benceno, 2011 y 2018 – Lima Sur



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2019).

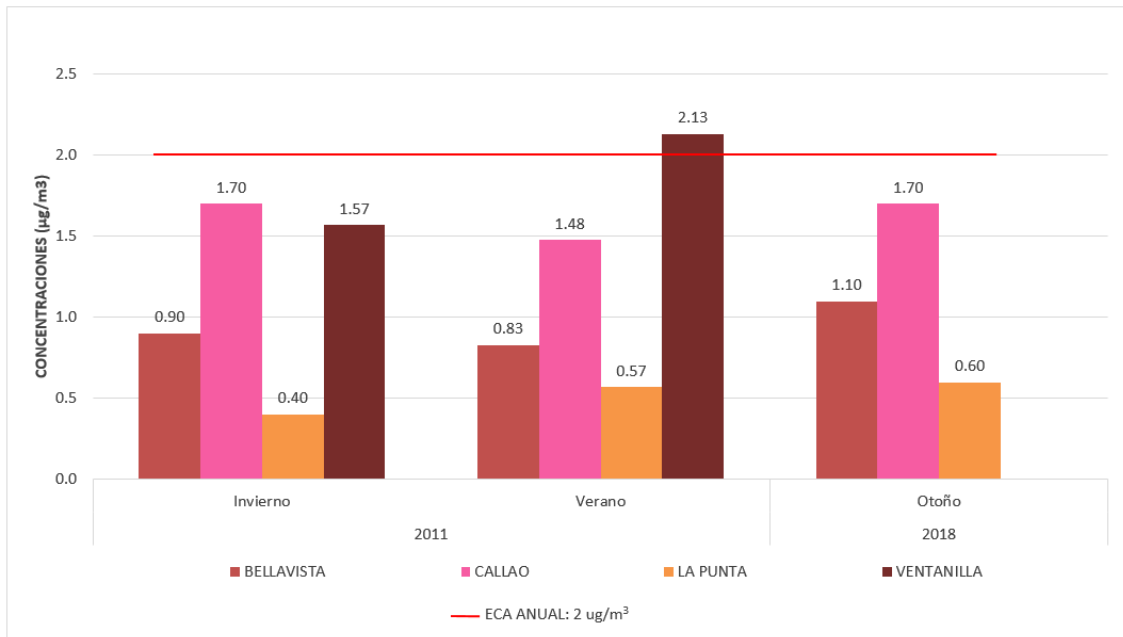
Gráfica 119: Resultado del promedio anual de benceno, 2011 y 2018 – Lima Este



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2019).

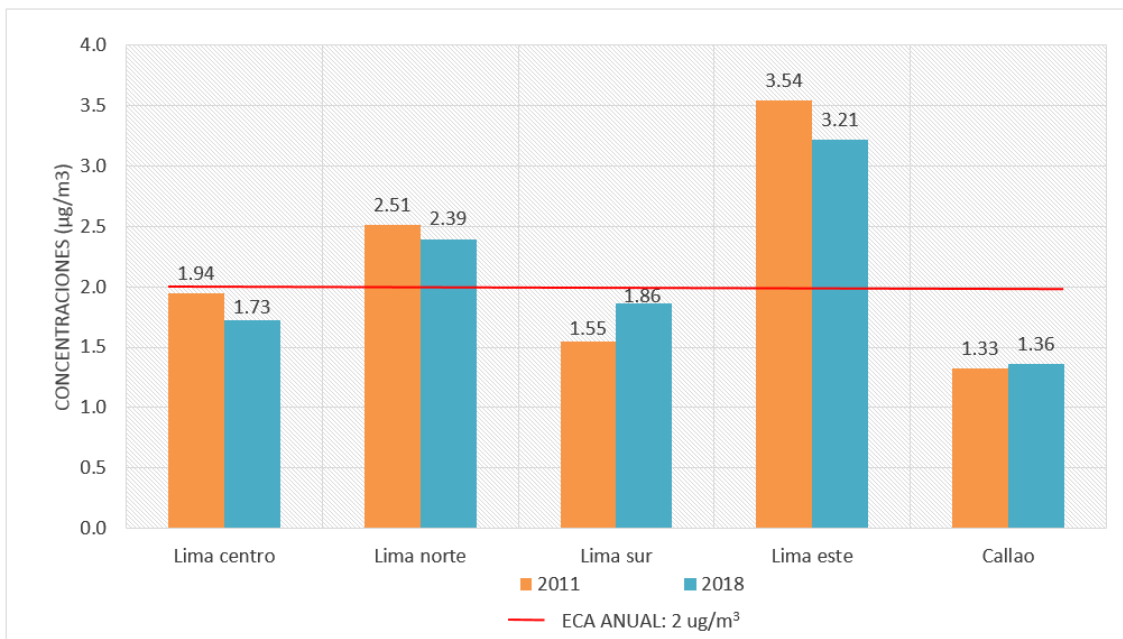
Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Gráfica 120: Resultado del promedio anual de benceno, 2011 y 2018 – Callao



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2019).

Gráfica 121: Resultado del promedio anual de benceno entre zonas, 2011 y 2018.



Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada por DIGESA (2019).

Las gráficas 116 al 121 señalan que, las concentraciones de benceno en el aire se encontrarían en niveles más altos en las zonas este y norte de la ciudad. Mientras que en las zonas centro, sur y Callao los niveles indicados se encontrarían, de manera referencial, por debajo del ECA anual vigente.

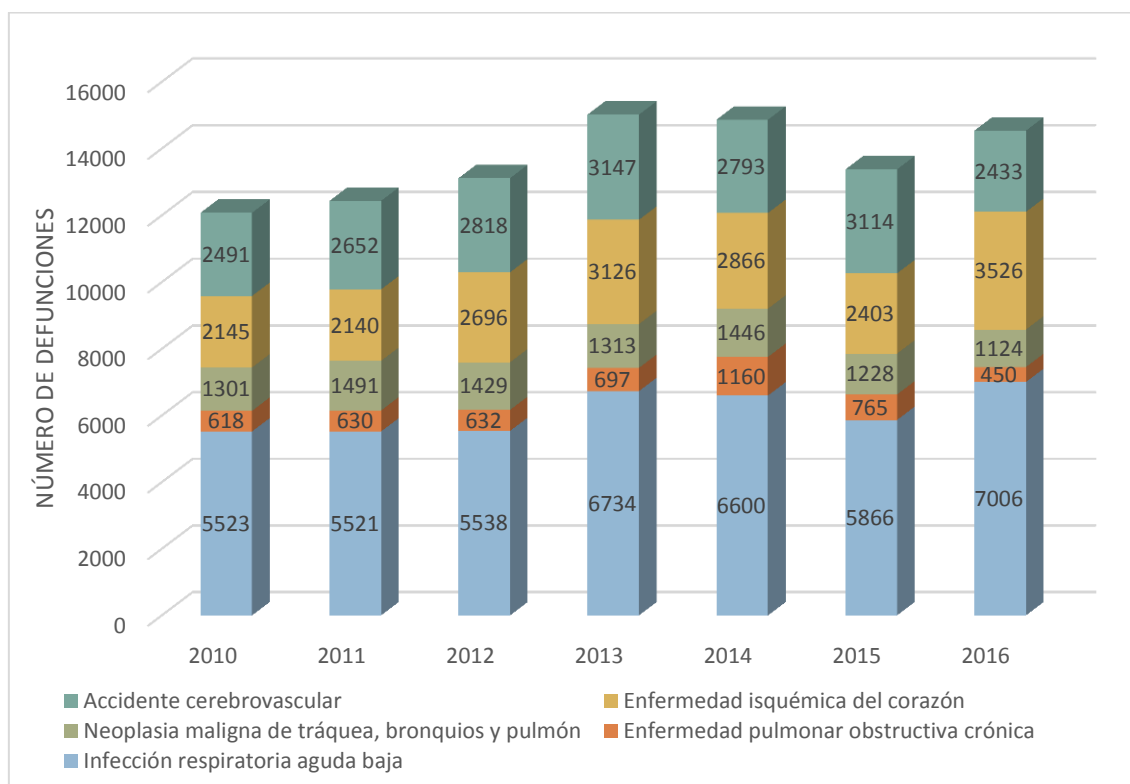
VI. LINEA BASE EPIDEMIOLÓGICA

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2016), se estima que una de cada nueve (09) muertes a nivel mundial se relaciona con el estado de la calidad del aire. Las principales causas de mortalidad que pueden relacionarse a la exposición de los contaminantes atmosféricos se centran principalmente en los siguientes grupos o tipos de enfermedades³³:

- Infección respiratoria aguda baja,
- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
- Neoplasia maligna de pulmón
- Enfermedad isquémica del corazón
- Accidente cerebrovascular

De manera referencial, en la Gráfica 122 se muestran los registros de mortalidad para los años 2010 al 2016 en Lima y Callao causados por las enfermedades señaladas en el párrafo precedente. Sin embargo cabe resaltar, que se desconoce qué porcentaje de dichos valores pueden ser atribuibles a la calidad del aire, pues se requiere realizar estudios epidemiológicos que lo determinen.

Gráfica 122: Número de defunciones por enfermedad asociada con la calidad del aire



Fuente: Elaboración propia en base a la información brindada mediante el Oficio N° 270-2019-CDC/MINSA el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (2019).

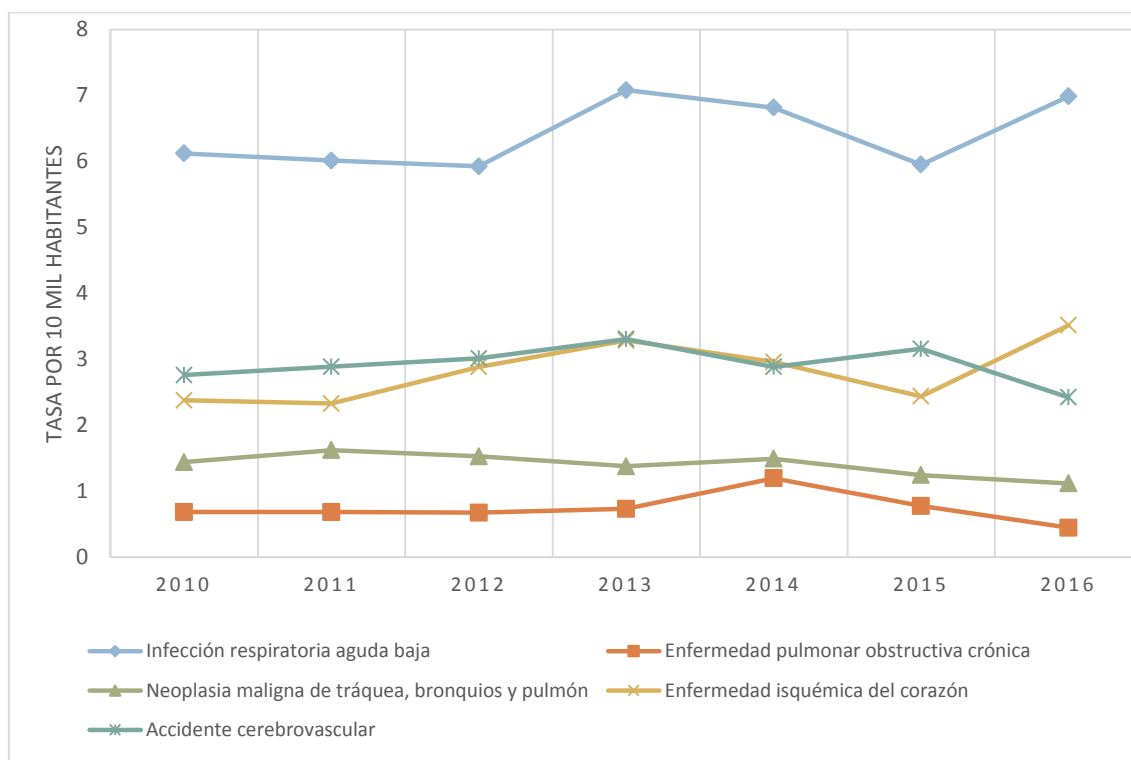
33 WHO (2016). Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

Durante el periodo 2010 al 2016, estas cinco (05) enfermedades, en su conjunto, están relacionadas a aproximadamente el 31,0 % de todos los fallecimientos registrados en Lima y Callao por causas naturales. En el 2013, tuvieron su mayor representatividad con el 33,5 % de todas las muertes, mientras que en el 2015 constituyeron el 29,3 %, presentando dicho año su menor porcentaje.

La tasa bruta de mortalidad por cada 10 mil habitantes (ver Gráfica 123) muestra que en Lima y Callao, en general, el número de defunciones causados por la infección respiratoria aguda baja o la enfermedad isquémica del corazón ha ido incrementándose desde el 2010 al 2016; mientras que la tasa bruta referida al accidente cerebrovascular, a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y a la neoplasia maligna de tráquea, bronquios y pulmón ha disminuido ligeramente hacia el 2016.

Gráfica 123: Tasa bruta de mortalidad según enfermedad relacionada con la calidad del aire



Fuente: Elaboración propia en base a la información brindada mediante el Oficio N° 270-2019-CDC/MINSA el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (2019).

En el año 2014, el MINAM realizó un estudio de morbilidad por los efectos de las concentraciones de material particulado en Lima Metropolitana³⁴. Fruto del referido estudio, se estimó que, a nivel de toda el área metropolitana, se tendría hasta 5 071 admisiones hospitalarias al año (por afecciones respiratorias y cardiovasculares) atribuibles a los niveles de material particulado de la ciudad. En lo que se refiere a mortalidad, serían hasta 1 657 muertes al año las atribuibles a los niveles de material particulado.

³⁴ MINAM (2014). Estudio de morbilidad por efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas.

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

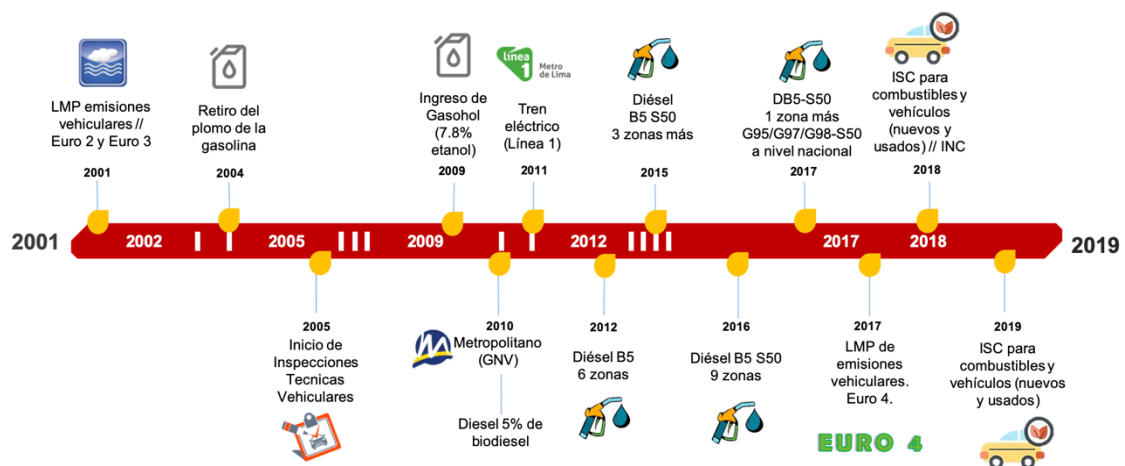
Cabe precisar que, en el año 2012, se registraron 42 092 muertes a nivel de Lima y Callao, por lo que las muertes atribuibles a la contaminación del aire sólo por material particulado se encontrarían en aproximadamente 4 % de la mortalidad total para Lima-Callao.

Finalmente, en términos económicos el estudio de Lima Metropolitana estimó que el costo acumulado por morbilidad y mortalidad anual podría ascender hasta US \$929 506 925 lo que representa aproximadamente el 0,5 % del PBI nacional y 0,9 % del PBI de Lima.

VII. LINEA DE TIEMPO DE MEDIDAS IMPLEMENTADAS VINCULADAS A LA CALIDAD DEL AIRE

En la línea de tiempo (ver figura 2), se muestran las medidas implementadas en el Perú, tanto a nivel local (Lima-Callao) como a nivel nacional. Cabe resaltar que cada hito colocado se basa en la fecha de aprobación de la norma que lo sustenta.

Figura 2: Línea de tiempo de las medidas implementadas vinculadas a la calidad del aire, desde el año 2001 hasta la actualidad en Lima-Callao y Perú



Fuente: Elaboración propia (2018).

VIII. CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO

Meteorología

- El clima y la meteorología para Lima Metropolitana y Callao pertenecientes a los años entre el 2016 y 2018 está muy ligada a sus características geográficas. Al respecto, se indica que la temperatura ambiental máxima en verano alcanza valores de hasta 27,06 °C en Ate Vitarte, mientras que en invierno desciende hasta los 14,18°C en Villa María del Triunfo. También, se puede afirmar que la radiación puede alcanzar niveles por encima de 800 W/m² entre las 12 y 13 horas del día.
- En lo concerniente a la velocidad y dirección del viento, este oscila entre 1 y 3 m/s y presenta vientos provenientes del suroeste, respectivamente.

Movilidad y transporte

- Con 48% del parque automotor para Lima-Callao (incluyendo vehículos de 2 y 3 ruedas), los “autos” y “station wagon” son las categorías predominantes en la ciudad. Sin embargo, las modalidades de transporte más utilizadas corresponden a “bus, combi, coaster, mototaxi” llegando hasta un 35 % en su conjunto.

Combustibles

- Respecto al tema de la calidad de combustibles, el gasohol ha tenido diversas modificaciones vinculadas a su calidad, constituyendo una de las principales modificaciones la reducción del azufre (50 ppm) en los gasoholes de alto octanaje (95/97/98 RON). Sin embargo, el comportamiento del consumidor aún se inclina por el gasohol de 90 RON, tanto en Lima (50 %) como en el Callao (62 %).
- En el caso del diésel, las normas vinculadas a la calidad de este combustible han permitido que actualmente el 100 % de su demanda para Lima y Callao corresponda a DB5-S50 (5% de biodiesel - S<50ppm).

Industria

- En el caso de la industria para Lima y Callao, los rubros predominantes corresponden a las actividades químicas, de fundición y ladrilleras; concentrándose en Lima Este la mayor cantidad de industrias.
- La disponibilidad de información respecto a la actividad industrial ha sido limitada, constituyendo ello una de las principales limitaciones en la caracterización de sus emisiones y aportes a la calidad del aire de Lima y Callao.

Calidad del aire

- El monitoreo permanente de la Calidad del Aire que se efectúa actualmente en el Área Metropolitana Lima -Callao, a través de instituciones como DIGESA, PROTRANSPORTE y SENAMHI. Para este diagnósticos en particular, se abarcaron a 6 de los 10 agentes contaminantes del aire establecidos en el Estándares de Calidad Ambiental - ECA de Aire (D.S. N° 003-2017-MINAM), dentro de los cuales se tiene al material particulado (PM_{10} y $PM_{2,5}$), SO_2 , NO_2 , CO y O_3 , teniéndose escasa información para el benceno y ninguna para Plomo, H_2S y Mercurio Gaseoso Total.
- Los resultados de concentración en el aire de los gases NO_2 , SO_2 , CO y O_3 evidencian cumplimiento del ECA de Aire, sin embargo, los valores hallados de material particulado (PM_{10} y $PM_{2,5}$), exceden los valores establecidos en la normativa vigente, tanto para el promedio de 24 horas como el anual.
- Respecto al PM_{10} , los mayores niveles de concentración de este parámetro se presentan en la zona sur, seguido de la zona este y zona norte. Por el contrario para el caso de $PM_{2,5}$, los mayores niveles de concentración de este parámetro se presentan en la zona este, seguido de la zona sur y zona norte. Estas diferencias podrían deberse a un mayor aporte de emisiones vehiculares para el caso de $PM_{2,5}$, mientras que para el caso de PM_{10} las concentraciones más altas podrían estar vinculadas a las partículas suspendida de las áreas sin pavimentar y/o deterioradas que predominan en las zonas sur y este de la ciudad.
- Respecto al benceno, los resultados del monitoreo indican, de manera referencial, que se excedería el ECA de este parámetro en zonas específicas del ámbito metropolitano de Lima (zona este y norte). En ese sentido, es necesario realizar estudios más prolongados y permanentes, así como analizar con mayor detalle cuáles serían las fuentes prioritarias que aportan benceno a la calidad del aire de la ciudad.

Inventario de Emisiones

- Con respecto al inventario de emisiones (año base 2016), y en relación al $PM_{2,5}$, la fuente que aporta mayores concentraciones de material particulado corresponde al conjunto de fuentes móviles con un 58 %, seguido de las fuentes fijas puntuales (26 %) y las fuentes de área (16 %).
- El inventario de emisiones para Lima y Callao, muestra que las emisiones de $PM_{2,5}$ se deberían principalmente a la combustión de vehículos a diésel, de las categorías ómnibus, remolcador y camión, con una antigüedad mayor a 14 años (Pre Euro).

Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao

- Con las proyecciones de emisiones realizadas para el año 2018, se observa que de no haberse aplicado ninguna medida respecto a la calidad de combustibles ($S < 50$ ppm) y tecnologías más limpias y eficientes (Euro 4) las emisiones de $PM_{2,5}$ provenientes de las fuentes móviles serían de hasta 9 218 Ton/año. Sin embargo, con las medidas mencionadas, se ha logrado reducir estas emisiones en un nivel de hasta 4 163 Ton/año, es decir que se ha logrado una reducción en emisiones de $PM_{2,5}$ de aproximadamente 5 055 Ton/año (55 % de reducción).
- Como ya se ha indicado, es importante considerar que los cálculos realizados para el inventario de emisiones han contado con limitaciones respecto a la disponibilidad de información de las fuentes industriales, así como de la maquinaria fuera de ruta (off-road) y las fuentes difusas (comercios y restaurantes).

Mediciones vehiculares

- Respecto a las mediciones vehiculares disponibles, entre los años 2016 al 2018, se puede observar que los vehículos de encendido por chispa (gasolina/gasohol, GNV y GLP) tienen mayores tasas de desaprobación de aproximadamente 47 % de LMP para emisiones vehiculares que los vehículos de encendido por compresión (diésel), con un 24 %.
- Del total de vehículos que excedieron sus correspondientes LMP, el 98 % de los vehículos a encendido por compresión y el 94 % de los vehículos a encendido por chispa contaban con certificado de inspección técnica vehicular vigente al momento de la prueba de emisiones.

Línea Epidemiológica

- De las enfermedades que pueden asociarse a la calidad del aire, en Lima y Callao durante el 2010 y 2016, se han registrado un mayor número de defunciones causadas por la infección respiratoria aguda baja y por la enfermedad isquémica del corazón. Sin embargo, se requiere realizar estudios epidemiológicos para determinar específicamente qué porcentaje de la mortalidad puede ser atribuible a la contaminación del aire.
- Los costos por morbilidad y mortalidad anual podrían ascender hasta aproximadamente un 0,5 % (US \$929 506 925) del PBI nacional y 0,9 % del PBI de Lima.