



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

**“IMPACTOS AMBIENTALES DEL DIÓXIDO
DE AZUFRE Y MATERIAL PARTICULADO
(PM_{2.5}), SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE.
CHIMBOTE, 2014 - 2016”.**

**Tesis para optar el grado de Maestro en
Gestión Ambiental**

Autor:

Br. Pedro Amilcar Custodio Laiza

Asesor:

Msc. Víctor Manuel Paredes Méndez.

**CHIMBOTE - PERÚ
2018**

Registro N°



HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El Informe de Tesis: **“Impactos ambientales del dióxido de azufre y material particulado (PM_{2.5}), sobre la calidad del aire. Chimbote, 2014 - 2016”**, que tiene como autor a Br. Pedro Amilcar Custodio Laiza, alumno de la Maestría en Gestión Ambiental ha sido elaborado de acuerdo al Reglamento de Normas y Procedimientos para obtener el Grado Académico de Maestro de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional del Santa; quedando expedito para ser evaluado por el Jurado Evaluador correspondiente.

Nuevo Chimbote, 02 de marzo del 2018

Msc. Víctor Manuel Paredes Méndez

Asesor



HOJA DE APROBACIÓN DEL JURADO EVALUADOR

Título: “Impactos ambientales del dióxido de azufre y material particulado (PM_{2.5}), sobre la calidad del aire. Chimbote, 2014 - 2016”.

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL.

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

.....
**ESPERANZA DORALIZA MELGAREJO VALVERDE
PRESIDENTE.**

.....
**VÍCTOR MANUEL PAREDES MÉNDEZ
SECRETARIO**

.....
**FANY MAGALI CARRANZA LECCA
VOCAL**

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y permitirme llegar a este importante momento de mi formación profesional.

A mis padres, Crecencia y Tomás, quienes a través de todos los años de lucha constante han sabido inculcarme, disciplina para alcanzar mis metas propuestas.

Hija tu afecto y cariño son los detonantes de mi felicidad, esfuerzo y de mis ganas de buscar lo mejor para ti. Te quiero mucho.... Veida Catherine.

A mis familiares y amigos por su apoyo incondicional para que este proyecto sea realidad.

Pedro.

AGRADECIMIENTO

De manera especial al Msc. Víctor Manuel Paredes Méndez, por su tiempo brindado, compartir sus conocimientos para la mejora de la presente tesis y motivar siempre un espíritu de investigación.

A la Municipalidad de la Provincia del Santa, por permitir el uso de la información brindada para poder realizar la presente investigación.

Así mismo agradezco de manera general a todas aquellas personas que de una u otra forma han brindado su apoyo incondicional en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Pedro.

ÍNDICE

	Pág.
HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR	II
HOJA DE APROBACIÓN DEL JURADO EVALUADOR	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE	VI
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE GRÁFICOS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO I	14
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1 PLANTEAMIENTO Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	14
1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.	17
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	20
1.4 DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.	20
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.	20
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	21
CAPÍTULO II	23

2.	MARCO TEÓRICO	23
2.1	FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.	23
2.2	MARCO CONCEPTUAL.	40
	CAPÍTULO III	43
3.	MARCO METODOLÓGICO	43
3.1	HIPÓTESIS CENTRAL DE LA INVESTIGACIÓN.	43
3.2	VARIABLES E INDICADORES DE LA INVESTIGACIÓN.	43
3.3	MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.	44
3.4	DISEÑO O ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN.	46
3.5	POBLACIÓN Y MUESTRA.	46
3.6	ACTIVIDADES DEL PROCESO INVESTIGATIVO.	47
3.7	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.	47
3.8	PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	48
3.9	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.	48
	CAPÍTULO IV	50
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
	CAPÍTULO V	59
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1	CONCLUSIONES	59
5.2	RECOMENDACIONES	60
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	ANEXOS.	66

LISTA DE CUADROS

CUADRO N° 1.	EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL DIÓXIDO DE AZUFRE Y MATERIAL PARTICULADO (PM _{2.5}) SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE, CHIMBOTE, 2014-2016	50
CUADRO N° 2.	EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DEL DIÓXIDO DE AZUFRE Y MATERIAL PARTICULADO (PM _{2.5}) SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE, CHIMBOTE, 2014 - 2016.	51
CUADRO N° 3.	VALORES ESTADÍSTICOS PARA SO ₂ Y PM _{2.5} SOBRE CALIDAD DEL AIRE, CHIMBOTE, 2014 – 2016.	53
CUADRO N° 4.	RECUENCIAS DEL MATERIAL PARTICULADO (PM _{2.5}) SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE, CHIMBOTE, 2014 – 2016 EN 9 PERIODOS.	54
CUADRO N° 5.	FRECUENCIAS DEL DIÓXIDO DE AZUFRE SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE, CHIMBOTE, 2014 – 2016, EN 9 PERIODOS.	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1	Tendencia de crecimiento del material particulado (PM _{2.5}) sobre la Calidad del Aire, Chimbote, 2014 – 2016.	52
Gráfico N° 2	Tendencia de crecimiento del dióxido de azufre sobre la Calidad del Aire, Chimbote, 2014 - 2016.	52
Gráfico N° 3	Frecuencias según la calificación del dióxido de azufre sobre la calidad del aire, Chimbote, 2014 – 2016 en 9 periodos.	55
Gráfico N° 4	Frecuencias según la calificación del (PM _{2.5}) sobre la calidad, Chimbote, 2014 – 2016 en 9 periodos.	55

RESUMEN

El presente trabajo de investigación estuvo basado en la estimación de las concentraciones del dióxido de azufre y material particulado (PM_{2.5}), teniendo como herramientas de evaluación la Matriz de Leopold y de constatación el Índice Nacional de Calidad del Aire del Ministerio del Ambiente. El objetivo general fue determinar los impactos ambientales del dióxido de azufre y el material particulado (PM_{2.5}) sobre la calidad del aire, distrito de Chimbote, en los años 2014 al 2016. La muestra estuvo constituida por nueve estaciones de monitoreo de la calidad del aire. La recolección de los datos se realizó de la fuente de información de la Municipalidad de la Provincia del Santa. Obteniendo un total de 23 impactos negativos producidos por las actividades del parque automotriz, de la siderúrgica, empresas pesqueras y las vías no pavimentadas. Las concentraciones de material particulado (PM_{2.5}) están en el rango de 25.1 a 125 µg/m³ considerada como mala y las concentraciones del dióxido de azufre la calidad del aire fue 28.71 µg/m³ también como mala según el Índice de Nacional de Calidad del Aire, respectivamente. Concluyendo que el dióxido de azufre y el material particulado (PM_{2.5}), afectan la calidad del aire de manera muy significativa.

PALABRAS CLAVE: Impacto ambiental, dióxido de azufre, material particulado, calidad del aire, Chimbote.

ABSTRACT

The present research work was based on the estimation of the concentrations of sulfur dioxide and particulate matter (PM_{2.5}), with the Leopold Matrix as assessment tools and the National Air Quality Index of the Ministry of the Environment. The general objective was to determine the environmental impacts of sulfur dioxide and particulate matter (PM_{2.5}) on air quality, Chimbote district, in the years 2014 to 2016. The sample consisted of nine quality monitoring stations from air. The data collection was done from the information source of the Municipality of the Santa Province. Obtaining a total of 23 negative impacts produced by the activities of the automotive park, the steel industry, fishing companies and the unpaved roads. The concentrations of particulate matter (PM_{2.5}) are in the range of 25.1 to 125 µg/m³ considered as bad and the sulfur dioxide concentrations air quality was 28.71 µg/m³ also as bad according to the National Quality Index of Air, respectively. Concluding that sulfur dioxide and particulate matter (PM_{2.5}) affect air quality in a very significant way.

KEYWORDS: Environmental impact, sulfur dioxide, particulate material, air quality, Chimbote.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire sigue representando una amenaza importante para la salud en todo el mundo. Según una evaluación de la Organización Mundial de Salud (OMS) la carga de enfermedad debida a la contaminación del aire, son más de dos millones las muertes prematuras que se pueden atribuir cada año a los efectos de la contaminación del aire. Más de la mitad de esta carga de enfermedad recae en las poblaciones de los países en desarrollo.

En el Perú, la contaminación del aire afecta mayormente a las zonas urbanas, originada principalmente por factores de contaminación industrial, doméstica y vehicular. El mayor contribuyente de la contaminación es el parque automotor; el que está conformado por más de 1.5 millones de vehículos, de los cuales, el 65% circulan en la ciudad de Lima, siendo el más obsoletos, con un promedio aproximado de 17 años de antigüedad, debido principalmente a la masiva importación de unidades usadas en años previos sin una regulación adecuada (Cabrera, C. 2010, p.8).

La congestión vehicular es un fenómeno en ascenso en la ciudad de Chimbote. La oferta de vehículos más accesibles, el ritmo de aumento del ingreso per cápita, la demanda de movilidad urbana y la falta de reglamentos técnicos vehiculares estrictos inciden en forma positiva en la cantidad de vehículos que transitan hoy en día por nuestra ciudad, lo cual se traduce en un aumento significativo de las emisiones de gases que se descargan a la atmósfera. Es así que, según la Dirección de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente (2013), se le atribuye al parque automotor ser responsable del 70 por ciento de la contaminación atmosférica en nuestro país, la cual repercute directamente en la salud y bienestar de las personas. De acuerdo a Saavedra, J. (2017),

las emisiones de los vehículos en circulación generan una serie de contaminantes entre los que destacan: los óxidos de azufre y el material particulado ($PM_{2.5}$), los cuales tienen impactos negativos sobre la salud pública.

Según la Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones Vehiculares (2007), la cantidad de emisiones que produce un vehículo automotor en funcionamiento depende de una serie de factores como por ejemplo el tipo y la calidad de combustible, la antigüedad del vehículo, su tecnología, el recorrido promedio que realiza, entre otros, y esto empeora aún más si se presenta un ambiente de congestión vehicular en donde las velocidades se reducen considerablemente y los vehículos permanecen un mayor tiempo en funcionamiento.

En tal sentido, reducir los actuales niveles de riesgo para la salud de la población en el distrito de Chimbote pasa necesariamente por considerar medidas o herramientas de control dirigidas a cada una de las variables mencionadas anteriormente a fin de conseguir una reducción sostenible de las emisiones vehiculares y sus impactos negativos sobre la calidad del aire. Por ello, en el siguiente trabajo de investigación se realizó la estimación de las emisiones del dióxido de azufre y material particulado ($PM_{2.5}$) en estaciones de muestreo ubicadas en puntos de mayor afluencia vehicular dentro del casco urbano y la periferia del distrito (Anexo N° 5).

Por lo anterior mencionado resulta necesario, conocer el comportamiento de las distintas variables responsables de dichas emisiones las cuales se pueden evaluar de una manera práctica con la ayuda de los factores de emisiones globales.

CAPITULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento y fundamentación del problema de investigación.

Debido al crecimiento desorganizado del distrito de Chimbote, por el aumento de la concentración de la población e industrias, se produce una alta emisión de contaminantes especialmente en el centro de la ciudad, siendo el dióxido de azufre y el material particulado ($PM_{2.5}$) los que sobrepasan los Límites Máximos Permisibles, (LMP) alcanzando niveles perjudiciales para la salud, provocando alergias y trastornos a los sistemas nervioso, respiratorio y digestivo (Andrade T, 2007, p.1).

En ese aspecto, el crecimiento del parque automotor del distrito de Chimbote, y la falta de un adecuado control de los vehículos respecto a sus condiciones técnicas y al cumplimiento de los requisitos mínimos necesarios para su circulación, nos conlleva asumir que se vendrían generando impactos ambientales significativos causados por la emisión de dióxido de azufre (SO_2) y el material particulado ($PM_{2.5}$), éstos contaminantes afectarían la calidad del aire, y por ende a la salud de su población.

De acuerdo a Inche, (2001), la estimación de emisiones para vehículos automotores en circulación que generan una serie de contaminantes entre los que destacan, compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), material articulado (PTS, PM_{10} y $PM_{2.5}$), plomo y especies reductoras de la visibilidad, tienen impactos negativos sobre la salud pública y, según la Defensoría del Pueblo

(2006), son los niños, enfermos, mujeres gestantes y ancianos de los sectores económicos más pobres y excluidos los más perjudicados.

La Municipalidad del Callao, a través de la Dirección General Protección Ambiental desde 1997 hasta 2001 realizó seguimiento a 236 empresas para una certificación ambiental; determinando los niveles de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos, vapores de solventes, partículas de cobre, de zinc, de plomo, hidróxido de calcio, Partículas Totales en Suspensión, partículas menores a 10 micras; y a las empresas que hacen tratamiento de las emisiones atmosféricas con vaporización, ciclones, mangas de tela, lavado, filtros para polvos y neutralización. Rivera, J. (2012).

El distrito de Chimbote está considerado como una zona de Atención Prioritaria fueron definidas en el literal h) del artículo 3 del Título I del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire aprobado mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM como, aquellas que cuenten con centros poblados o poblaciones mayores a 250,000 habitantes o una densidad poblacional por hectárea que justifiquen su atención prioritaria o con presencia de actividades socioeconómicas con influencia significativa sobre la calidad del aire. En el artículo 20 del Capítulo 2, Título III de la misma norma se señala la listan las 13 ZAP (Zona de Atención Prioritaria), las cuales son: Arequipa, Chiclayo, Chimbote, Cusco, Huancayo, Ilo, Iquitos, La Oroya, Lima-Callao, Pisco, Piura, Trujillo, Cerro de Pasco. (Anexo N° 6).

Características de la realidad problemática.

El presente estudio se realizó en la ciudad de Chimbote provincia del Santa, ubicada en el departamento de Ancash, al norte del Perú, tiene una extensión de 391.197 Km² y una población de 371,012 habitantes. (INEI. 2014).

En el distrito de Chimbote las condiciones del aire respecto a su calidad, se debe a diversos agentes que influyen directamente en su caracterización como son:

a. Parque automotriz.

Las avenidas y calles auxiliares de Chimbote están sujetas al desplazamiento de distintos tipos de vehículos de servicio público y privado, este alto tránsito de los vehículos genera emisiones de gases de diversas concentraciones, de acuerdo al tipo de combustible utilizado, es decir gasolina y/o diésel.

b. Industrias pesqueras y metalúrgicas.

A lo largo de la costa de Chimbote y muy especialmente en la jurisdicción de Chimbote antiguo, se encuentran instaladas plantas de envasado de productos pesqueros y elaboración de harina de pescado, 30 Unidades Operativas, y muchas otras que degradan la calidad del aire con la emisión de gases y partículas por el empleo de residuales de petróleo, bunker-6 y R-500.

- c. Vías no pavimentadas y carencia de áreas verdes.

La carencia de áreas verdes agudiza la dispersión de partículas, principalmente cuando acciona sobre dichas áreas el viento o participa una acción mecánica. Así mismo, cuando los vehículos transitan por las vías no pavimentadas generan la suspensión de las mismas.

El incremento poblacional y el desarrollo de otras actividades industriales en menor escala ocasionan además de los problemas antes mencionados, complicaciones a la salud relacionadas con afecciones respiratorias e irritación en la vista (Carrera y Loyola, 2010, p. 9).

1.2 Antecedentes de la investigación.

Las Naciones Unidas revelan que las personas más pobres, los niños y habitantes del tercer mundo tienen mayor índice de riesgo de exposición a la contaminación ambiental. (Rivera, J. 2012).

El Banco Mundial comunica que las ciudades de México, Santiago de Chile, Sao Paulo, Río de Janeiro y Lima, tienen el aire más contaminado de América Latina, siendo las principales causantes los humos asfixiantes que arrojan los vehículos viejos importados sin restricción. (Rivera, J. 2012).

En México, Aragón A. et. al (2006), en el estudio: “Contaminantes atmosféricos y su vigilancia”, observo que la influencia de los vientos y el clima semidesértico en la ciudad de San Luis de Potosí, favorecen la suspensión de partículas en el aire en la zona industrial y el parque vehicular, que las partículas totales en suspensión (PST) con una media aritmética anual

de 483 ug/m³; siendo el límite máximo permitido de 90 ug/m³; y la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció 75 ug/m³.

Cabrera, C. et. al. (2010), en el estudio: “Aprueba el proyecto definitivo de la norma primaria de calidad del aire para (PM_{2.5}). República de Chile”. Relaciona la calidad del aire, y determinó que el parque automotor de Santiago es de 720,000 vehículos de pasajeros con 15 años de antigüedad, con capacidad menor de 15 pasajeros, que circulan por la vía pública.

Romero, Placeres. et. al (2004), en el estudio: “Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad de la Habana”, observo que los contaminantes de partículas totales suspendidas, plomo, monóxido de carbono, óxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y ozono, que tienen efectos sobre la calidad del aire.

Silva J, Montoya Z, (2004), en el estudio: “Análisis de la relación entre el comportamiento estacional de los contaminantes sólidos sedimentables con las condiciones meteorológicas predominantes en la zona Metropolitana de Lima-Callao, durante el 2004”. Determino la concentración media del polvo atmosférico en Lima Metropolitana el cual fue de 0,3 Tn/km²/mes, el 84% de las estaciones superaron el valor del límite permisible de la Organización Mundial de la Salud equivalente a 5 Tn/km²/mes.

Saavedra, J. (2014), en el estudio: “La congestión vehicular es un fenómeno en ascenso en la ciudad de Lima Metropolitana”. Es así que, según la Dirección de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente (2013), se le atribuye al parque automotor ser responsable del 70 por ciento de la

contaminación atmosférica en nuestro país, la cual repercute directamente en la salud y malestar de las personas.

La dirección del viento minimiza en gran medida la concentración del dióxido de azufre y material particulado, a mayor distancia de la fuente emisora habrá menor concentración de dióxido de azufre, es decir, menor impacto ambiental, debido a la dispersión atmosférica. (Matías, M. (2013).

Los niveles de concentración de partículas $PM_{2.5}$ en la estación de muestreo del Callao, tiene un valor de $31.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la estación de muestreo de Lima Centro, tiene un valor de $76.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que supera el ECA establecido, estos valores son perjudiciales para la salud pública y el medio ambiente, así mismo para los monumentos históricos. (Rivera, J. 2012).

La concentración de dióxido de azufre en la estación de muestreo del Callao, tiene un valor de $13.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Lima Centro, tiene un valor de $63.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ valores que se encuentran dentro del ECA de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no existe riesgo para la salud y el medio ambiente. (Rivera, J. 2012).

Rivera, J. (2012), en el estudio: “Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos críticos en Lima – Callao” determino que en el Callao, tiene un nivel de regular de calidad de aire, pero en la zona urbana de Lima Centro y Lima Norte la calificación de la calidad del aire arrojó un índice de insalubre, que debe ser preocupante para las autoridades sanitarias, así mismo para las autoridades de los gobiernos central y gobiernos locales, porque estos resultados van en contra de la salud de la población; pero el índice de la calidad del aire en las zonas urbanas de Lima Este y Lima Sur las

determinaciones fueron de mala calidad, que también es de preocupación para los habitantes de estas zonas pobladas.

1.3 Formulación del problema de investigación.

¿Cuáles son los impactos ambientales del dióxido de azufre y el material particulado ($PM_{2.5}$), sobre la calidad del aire. Chimbote, 2014 - 2016?

1.4 Delimitación del estudio.

Distrito de Chimbote, Provincia del Santa - Ancash.

Reseñado a las zonas representativas de mayor flujo vehicular del parque automotriz, zona industrial pesquera y complejo metalúrgico Gerdau-Sider Perú. donde existe mayor contaminación atmosférica.

Casco Urbano, Terminal Terrestre El Chimbador y en la Av. Industrial (Frente a Sider Perú) del distrito de Chimbote. provincia del Santa, región Ancash. (Anexo N° 10).

1.5 Justificación e importancia de la investigación.

La presente tesis busca determinar los impactos ambientales del dióxido de azufre y material particulado ($PM_{2.5}$), sobre la calidad del aire. Chimbote, 2014-2016. Asimismo, ésta investigación tiene relevancia para la sociedad, es decir con el aporte del estudio se busca mejorar la calidad del aire y calidad de vida de la población, generando a su vez un impacto social positivo.

La investigación se justifica en que el estudio nos permitirá realizar la identificación de emisiones de dióxido de azufre y material particulado (PM_{2.5}) en fuentes móviles por vehículos automotores y fuentes fijas como plantas pesqueras y metalúrgicas, resultados que servirá como instrumento de gestión de estrategias de mejora y control por parte de las autoridades.

Debido a la naturaleza compleja de la contaminación del aire se requiere planes regionales detallados para identificar las fuentes de emisión, así como el desarrollo de métodos para reducir el impacto sobre la salud ocasionados por la intensidad y composición de los contaminantes, cantidad, tiempo de permanencia en la atmósfera y el tiempo de exposición, los que podrían provocar efectos nocivos sobre la salud de los seres vivos, ambiente y bienes materiales.

Es importante señalar que en la actualidad tenemos poca información y/o estudios referentes a esta problemática.

1.6 Objetivos de la investigación.

Objetivo general.

1. Determinar los impactos ambientales del dióxido de azufre y material particulado (PM_{2.5}), sobre la calidad del aire. Chimbote, 2014 – 2016.

Objetivos específicos.

1. Evaluar los impactos ambientales del dióxido de azufre y material particulado (PM_{2.5}), sobre la calidad del aire en el distrito de Chimbote, 2014 – 2016.

2. Evaluar los niveles de concentración del dióxido de azufre y material particulado (PM_{2.5}), en el distrito de Chimbote, 2014 – 2016.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos teóricos de la investigación.

En el año 2001 fue aprobado el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, según D.S. 074-2001-PCM; además señala que el monitoreo de la calidad del aire y la evaluación de los resultados en el ámbito nacional es una actividad de carácter permanente, a cargo del Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental.

Asimismo, en el año 2008, fueron aprobados los Estándares de Calidad Ambiental para el Aire, según D.S. 003-2008-MINAM; el cual regula en la actualidad los niveles de dióxido de azufre en el aire en nuestro país. Además, el Ministerio del Ambiente (MINAM) ha elaborado a nivel de proyecto de Decreto Supremo, el Reglamento para la Implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para el Aire; el cual al ser aprobado debe convertirse en el documento oficial de regulación de la calidad del aire en el Perú. (Anexo N° 7 y 8).

El Ministerio del Ambiente, elaboró el Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014, en el cual se muestra aquellas ciudades que cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Aire en el periodo 2013-2014 y el estado de la calidad del aire producto de la recopilación de información de monitoreos continuos y discretos realizados por las instituciones públicas y privadas. La información se presenta tomando en cuenta los números y colores del INCA; en este caso se ha apreciado que 20 de las 31 zonas

priorizadas se ubican en la categoría buena (verde) porque presentan valores menores o iguales al índice de 50.

El Índice de Calidad de Aire - INCA y el Sistema de Información de Calidad del Aire - INFO AIRE PERÚ, constituyen importantes herramientas para fomentar el interés por la preservación de un aire limpio y sensibilizar a los tomadores de decisiones en la implementación de acciones que conlleven a la mejora de la calidad del aire en las ciudades.

Actualmente la medición de emisiones de fuentes vehiculares presenta un gran reto ya que, a diferencia de las fuentes puntuales, no es factible su medición debido a la gran cantidad y variedad de vehículos en circulación, es por eso que existen técnicas indirectas de estimación de emisiones las cuales no involucran mediciones en cada una de las fuentes, sino que utilizan los resultados de miles de mediciones directas realizadas en otras áreas de estudio y las correlacionan con la flota deseada y con los parámetros locales que la pudiera afectar obteniendo así resultados muy cercanos a la realidad (Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones Vehiculares, 2007).

El medio ambiente es todo lo que naturalmente nos rodea y permite el desarrollo de la vida. El hombre tiene el derecho de hacer uso de la naturaleza y el deber de cuidarla y mantenerla pensando en el futuro. Toda la actividad productiva, sea agrícola, minera, industrial, etc. genera cambios en el medio ambiente. Lo importante es encontrar el equilibrio entre el ser humano y la naturaleza para lograr una mejor calidad de vida (Andrade, 2007, p.15).

Contaminación del aire.

La contaminación del aire es el término usado para describir la presencia de uno o más contaminantes en la atmósfera, cuyas cantidades y características pueden resultar perjudiciales si superan los límites permisibles de concentración, (LMP) (Corbitt, 1990, p.1).

La mayoría de los contaminantes comunes del aire presentan efectos en los sistemas respiratorio y cardiovascular (Romieu, 1996, p1).

La contaminación del aire ha sido un problema de salud pública desde el descubrimiento del fuego, sin embargo, este se acentuó con el nacimiento de la revolución industrial en Inglaterra durante el siglo XVIII, en donde las fábricas para producir requerían energía mediante la quema de combustibles fósiles, tales como el carbón y el petróleo.

La situación empeoró con el creciente desarrollo industrial y el exponencial aumento en el uso del automóvil. A pesar de los grandes esfuerzos llevados a cabo para controlar la contaminación del aire, ésta sigue siendo un importante motivo de preocupación ambiental en el mundo (Carrera J. 2010, p.40).

Los principales contaminantes del aire se clasifican en:

a. Primarios

Son los contaminantes que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos por la fuente. Para fines de evaluación de la calidad del aire se consideran: óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxido de

nitrógeno, hidrocarburos y particulados, las emisiones anuales de contaminantes en el país son superiores a 16 millones de toneladas, el 65% es de origen vehicular (Corbitt, 1990. p.115).

b. Secundarios

Son los contaminantes que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, son el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera. Entre ellos destacan oxidantes fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono. A nivel nacional, la contaminación atmosférica se limita a las zonas de alta densidad demográfica o industrial (Corbitt, 1990. P.115).

Las propiedades físicas y químicas del aire esencial para la vida, tiene las siguientes propiedades:

a. Propiedades físicas.

- ✓ Es de menor peso que el agua.
- ✓ Es de menor densidad que el agua.
- ✓ Tiene volumen indefinido.
- ✓ No existe en el vacío.
- ✓ Es incoloro, inodoro e insípido.

b. Propiedades químicas

- ✓ Reacciona con la temperatura condensándose en hielo a bajas temperaturas y produce corrientes de aire.
- ✓ Está compuesto por varios elementos entre ellos el oxígeno (O₂) y el dióxido de carbono, elementos básicos para la vida.

El aire limpio y puro forma una capa de aproximadamente 500,000 millones de toneladas que rodea a la tierra. Su composición es la siguiente.

Componente	Concentración Aproximada
Nitrógeno (N)	78.03 % en volumen
Oxígeno (O ₂)	20.99 % en volumen
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0.03 % en volumen
Argón (Ar)	0.94 % en volumen
Neón (Ne)	0.00123 % en volumen
Helio (He)	0.0004 % en volumen
Hidrógeno (H)	0.01 % en volumen
Metano (CH ₄)	0.0002 % en volumen
Óxido nitroso (N ₂ O)	0.00005 % en volumen
Vapor de Agua (H ₂ O)	Variable
Ozono (O ₃)	Variable
Partículas Suspensas Volátiles	Variable

Fuente: Adriaansee A, (1992).

Los efectos debidos a la contaminación del aire tienen un efecto perjudicial en la composición del aire.

La quema de combustibles fósiles y otras actividades industriales han cambiado su composición debido a la introducción de contaminantes, como el dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COVs), óxidos de nitrógeno (NOX) y partículas sólidas y líquidas conocidas como material particulado. La exposición a contaminantes del aire causa efectos agudos (corto plazo) y crónicos (largo plazo) en la salud.

Usualmente, los efectos agudos son inmediatos y reversibles cuando cesa la exposición al contaminante, así por ejemplo la irritación de los ojos, dolor de cabeza y náuseas. A veces los efectos crónicos tardan en manifestarse, duran indefinidamente y tienden a ser irreversibles (Heinke, 2004, p.89- 95).

La denominada lluvia ácida se forma cuando los contaminantes del aire, tales como el dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) se transforman en ácidos en la atmósfera. Luego, la precipitación resultante (lluvia, nieve o niebla) deposita los ácidos en mares, ríos, lagos y suelos, la lluvia ácida puede destruir o dañar la fauna silvestre de lagos y arroyos, y también las construcciones hechas por el hombre (Heinke, 2004, p.89- 95). Los contaminantes del aire afectan a factores muy diversos; tales como:

a) Salud humana

- Enfermedades crónicas, alérgicas y dermatológicas.
- Sistema Respiratorio: Bronquitis, Asma, etc.
- Sistema Nervioso: Ansiedad, Neurosis, Cefalea, etc.
- Malestar general: debilidad, cansancio, etc.
- Envenenamiento por Plomo
- Depresión mental

b) Costos de fabricación

- Equipos
- Mantenimiento
- Distribución

- Desarrollo
- Pérdidas de producción
- Costos de limpieza

c) Daños a materiales

- Papel, libros
- Cueros, tejidos
- Pintura
- Edificios, piedras
- Metales, caucho
- Contactos eléctricos

d) Reducción de visibilidad

- Estética
- Accidentes

Las directrices de la OMS sobre la calidad del aire publicadas en 2005 ofrecen orientación general relativa a umbrales y límites para contaminante atmosférica clave que entrañan riesgos sanitarios. Las directrices señalan que mediante la reducción de la contaminación con partículas (PM_{10}) de 70 a 20 microgramos por metro cúbico es posible reducir en un 15% el número de defunciones relacionadas con la contaminación del aire.

Efectos del material particulado ($PM_{2.5}$).

Existe una estrecha relación cuantitativa entre la exposición a altas concentraciones de pequeñas partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y el

aumento de la mortalidad o morbilidad diaria y a largo plazo. A la inversa, cuando las concentraciones de partículas pequeñas y finas son reducidas, la mortalidad que se encuentra relacionado también desciende, en el supuesto de que otros factores se mantengan sin cambios.

Alfonso & Jose. (2010), mencionan que es de importancia fundamental la fracción respirable es decir aquella parte del aire que inhalamos y pasa a través de la tráquea e ingresa al tracto respiratorio, conocida como material particulado PM_{10} . Aún más importante es conocer la concentración de las partículas que ingresan al organismo y se depositan en lo más profundo de las vías respiratorias como son los sacos alveolares, estas partículas son conocidas como $PM_{2.5}$.

La fracción de $PM_{2.5}$ es producida por la combustión de los vehículos que circulan por nuestra ciudad que funcionan con gasolinas y petróleos, así como los gases de combustión de las fábricas pesqueras y metalúrgicas, calles no pavimentadas y ausencia de áreas verdes.

Las grandes capitales del mundo están muy preocupadas por la contaminación que emiten los vehículos y es frecuente en estas ciudades el monitoreo del material particulado fracción respirable $PM_{2.5}$.

Esto permite a las instancias normativas efectuar proyecciones relativas al mejoramiento de la salud de la población

que se podría esperar si se redujera la contaminación del aire con partículas. La contaminación con partículas conlleva efectos sanitarios incluso en muy bajas concentraciones; de hecho, no se ha podido identificar ningún umbral por debajo del cual no se hayan observado daños para la salud. Por consiguiente, los límites de la directriz de 2005 de la OMS se orientan a lograr las concentraciones de partículas más bajas posibles. Los valores fijados del material particulado en las directrices OMS, a continuación, se detalla:

PM_{2.5}	PM₁₀
10 µg/m ³ de media anual	20 µg/m ³ de media anual
25 µg/m ³ de media en 24h	50 µg/m ³ de media en 24h

Fuente: OMS – 2005.

Además de los valores, las directrices sobre la calidad del aire establecen metas intermedias para concentraciones de PM₁₀ y PM_{2,5} destinadas a promover una reducción gradual de concentraciones altas a otras más bajas.

Según la OMS, sobre la calidad del aire se estima que una reducción media anual de las concentraciones de partículas (PM₁₀) de 70 ug/m³, común en muchas ciudades en desarrollo, a 20 ug/m³, permitiría reducir el número de defunciones relacionadas con la contaminación en aproximadamente un 15%.

En los países en desarrollo, la exposición a contaminantes en el interior de las viviendas como consecuencia del uso de combustibles sólidos en estufas abiertas o cocinas tradicionales incrementa el riesgo de infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores, así como las tasas de mortalidad conexas entre los niños pequeños; la contaminación del aire interior derivada del uso de combustibles sólidos es también un importante factor de riesgo de cardiopatías, neumopatía obstructiva crónica y cáncer de pulmón en los adultos.

Efectos del dióxido de azufre.

Los efectos por exposición al dióxido de azufre al penetrar en las vías respiratorias, destruyen los cilios del epitelio del sistema pulmonar, que tienen la función de evacuar partículas de polvo y aerosol de los bronquios. Este efecto se ve principalmente en los niños y se manifiesta por una tos seca y fiebre, y en casos extremos, puede producir la muerte por asfixia (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

El dióxido de azufre afecta los ojos y la piel, las personas afectadas con mayor frecuencia son los trabajadores de las plantas en donde el dióxido de azufre se produce como derivado, éste contaminante se biotransforma en el cuerpo en un producto de descomposición que se mide en sangre y orina. Cuando alcanza las 20 ppm produce una fuerte irritación en ojos, nariz y garganta,

incrementa la crisis asmática y empeora las alergias respiratorias. (Saavedra J. 2017, p.6).

Los ingresos hospitalarios por cardiopatías y la mortalidad aumentan en los días en que los niveles de SO₂ son más elevados. En combinación con el agua, el SO₂ se convierte en ácido sulfúrico, que es el principal componente de la lluvia ácida que causa la deforestación. Los valores fijados en las directrices SO₂. Es la siguiente:

- ✓ 20 µg/m³ media en 24 horas.
- ✓ 500 µg/m³ de media en 10 min

La concentración de SO₂ en períodos promedio de 10 minutos no debería superar los 500 µg/m³. Los estudios indican que un porcentaje de las personas con asma experimentan cambios en la función pulmonar y síntomas respiratorios tras períodos de exposición al SO₂ de tan sólo 10 minutos.

La revisión de la directriz referente a la concentración de SO₂ en 24 horas, que ha descendido de 125 a 20 µg/m³, se basa en las siguientes consideraciones:

Los efectos nocivos sobre la salud están asociados a niveles de SO₂ muy inferiores a los aceptados hasta ahora. Se requiere mayor grado de protección, pese a las dudas que plantea todavía la causalidad de los efectos de bajas concentraciones de SO₂, es

probable que la reducción de las concentraciones disminuya la exposición a otros contaminantes.

Con el tiempo, la sociedad en general se ha hecho más exigente con respecto a la protección del medio ambiente. Esto ha generado que se establecieran regulaciones ambientales, las cuales no son más que un conjunto de leyes que buscan prevenir efectos ambientales adversos, regulando la conducta individual y corporativa frente al uso y manejo de los recursos naturales; a fin de obtener un desarrollo sustentable, el cual involucra un aprovechamiento racional de los recursos naturales para alcanzar una calidad ambiental y desarrollo social. (Mujica, Pérez, 2005, p. 23).

Evaluación de impactos ambientales.

Matriz de Leopold.

Matriz de interacción simple para identificar los diferentes impactos ambientales potenciales. Esta matriz de doble entrada tiene como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que tendrán lugar y pueden causar impactos.

a. Aspecto ambiental.

Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente.

b. Impacto ambiental.

Se dice que hay impacto ambiental cuando una acción, actividad natural o inducida causa daño, alteración, afectación o modificación a los recursos naturales de un sistema (ecosistema).

Es la alteración o modificación del ambiente debido a la ejecución de un proyecto, que puede afectar la salud y el bienestar humano.

Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.

c. Identificación de los aspectos ambientales

La identificación de los aspectos ambientales es un proceso continuo, que determina impactos potenciales pasados, presentes o futuros, positivos o negativos, de las actividades de la organización sobre el medio ambiente.

El proceso incluye también la identificación de situaciones potenciales legales o reglamentarias, o de negocios, que puedan afectar la organización.

También puede incluir la identificación de impactos sobre la salud y la seguridad de las personas, aspectos asociados a la evaluación de riesgos.

En la matriz de Leopold, se realiza la identificación de los diferentes impactos ambientales potenciales; es una matriz de doble

entrada, tiene como filas los factores ambientales (elementos ambientales) y en la columna las actividades de contaminación.

Para efectos de la investigación se empleó la Matriz de Leopold con su ponderado en relación con se observa en el siguiente cuadro:

Acciones	Categoría	Actividades de Contaminación				Total de Impactos Negativos
	Descripción	Parque Automotriz	Industria Química (Pesquera)	Industria Metalúrgica	Vías no Pavimentadas	
Elementos Ambientales		Parque Automotriz	Industria Química (Pesquera)	Industria Metalúrgica	Vías no Pavimentadas	Total de Impactos Negativos
Categoría	Descripción					
Atmosfera (Aire)	SO ₂					
	PM _{2.5}					
Total de Impactos Negativos						
Total de Impactos Positivos						
Total de Impactos						

Ponderación de Impactos (Magnitud)		
Criterio	Calificación	Valoración - Importancia
Nada Significativo	000 - 015	0
Poco Significativo	015-060	1
Significativo	060-200	2
Muy Significativo	200-400	3
Critico	400-600	4

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la calificación del Índice Nacional de Calidad del Aire - INCA la población sensible y población en general deberán tomar en cuenta los cuidados y recomendaciones que se detallan en el siguiente cuadro:

Calificación	Cuidado	Recomendaciones
Buena (1)	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre.
Moderada (2)	La población sensible (niños, tercera edad, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares) podría experimentar algunos problemas de salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para la Población sensible.
Mala (3)	La población sensible podría experimentar problemas de salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.
Umbral de Cuidado (4)	La concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población sensible, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares.	Reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de Estados de Alerta de acuerdo al Decreto Supremo N° 009-2003 SA y su modificatoria Decreto Supremo N° 012-2005-SA.

Fuente: Ministerio del Ambiente.

Cálculo del Índice de Calidad del Aire (INCA) según Ministerio del Ambiente.

Los valores del Índice de Calidad del Aire (INCA) para Perú fueron calculados tomando como referencia los estándares de calidad ambiental (ECA) del Aire y como rango final, el valor umbral de aplicación de los Niveles de Estados de Alerta; como se observa en el cuadro siguiente:

Parámetros	Período	Valor [µg/m³]	Criterios de evaluación	Método de análisis
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	

Fuente: Ministerio del Ambiente.

El INCA se elabora sobre la base de información de calidad del aire que se genere en las zonas de atención.

La determinación matemática del INCA para cada contaminante (INCA = "I" en las ecuaciones), se basa en una relación entre el valor registrado de la concentración del contaminante (indicado entre corchetes) y su correspondiente valor del estándar de calidad ambiental para cada caso.

Los índices han sido establecidos en base a promedio móvil para exposiciones de corto plazo (1 hora, 8 horas, 24 horas), tiene un valor óptimo comprendido entre 0 y 100, el cual coincide con el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental del aire. (Anexo N° 9).

Los valores de la calidad del aire el INCA, se divide en 4 categorías o calificaciones: color verde comprende valores de 0 a 50 y la calidad es buena, color amarillo comprende valores de 51 a 100 e indica una calidad moderada; color anaranjado comprende entre los valores 101 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) de cada contaminante, indica que la calidad mala; finalmente el color rojo indica que la calidad es mayor al valor umbral del estado de cuidado del contaminante, a partir de este valor corresponde la aplicación de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales por parte de la autoridad de salud. Como se observa en el siguiente cuadro:

Descripción	Valores INCA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Calificación	Intervalo de concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación
Material particulado ($\text{PM}_{2.5}$)	0 - 12.5	Buena (1)	0 - 12.5	$I(\text{PM}_{2.5}) = [\text{PM}_{2.5}] * 100 / 25$
	12.6 - 25	Moderada (2)	12.6 - 25	
	25.1 - 125	Mala (3)	25.1 - 125	
	>125	Umbral de Cuidado (4)	>125	
Dióxido de azufre (SO_2)	0 - 10	Buena (1)	0 - 10	$I(\text{SO}_2) = [\text{SO}_2] * 100 / 20$
	11 - 20	Moderada (2)	11 - 20	
	21 - 500	Mala (3)	21 - 500	
	>500	Umbral de Cuidado (4)	>500	

Fuente: Ministerio del Ambiente (2016).

2.2 Marco conceptual.

Ácido sulfúrico: Ácido obtenido por oxidación de dióxido de azufre en presencia de humedad, H_2SO_4 . Componente principal de la lluvia ácida. (Andrade, 2007, p.1).

Biosfera: La parte viva de la Tierra que interactúa con todos los demás procesos geológicos y biológicos.

Contaminante: Cualquier sustancia que contamina el aire o el agua, ya sea de origen artificial o natural.

Corriente de Aire: Un cuerpo considerable de aire con las mismas características que fluye con la circulación general.

Dióxido de azufre: Producto gaseoso de la combustión de compuestos que contiene azufre, de olor sofocante fuerte. Se oxida en la atmósfera húmeda y se transforma en ácido sulfúrico. (Andrade, 2007, p.23).

Estudio de Impacto Ambiental: Documento técnico que se incluye en el procedimiento administrativo general de la EIA. (Conesa Fdez – Vítora. 1997).

Efecto Invernadero: Efecto de calentamiento mundial que produce la atmósfera cuando es más transparente a la entrada de radiación solar de onda corta que a la salida de radiación de onda larga.

Humedad Relativa: La proporción entre la cantidad de humedad en el aire y la cantidad de humedad que el aire podría contener a esa misma presión y

temperatura si estuviera saturado. Se expresa normalmente como un tanto por ciento.

Masa de Aire: Un gran cuerpo de aire cuya distribución horizontal de temperaturas y de humedad son casi uniformes.

Material particulado: Las partículas en suspensión (total de partículas suspendidas - TPS) o material particulado consisten en acumulación de diminutas piezas de sólidos o de gotitas de líquidos en la atmósfera ambiental, generada a partir de alguna actividad antropogénica causada por el hombre o natural (Spiro, 1996. p. 225).

Matriz de Leopold: Es un instrumento utilizado en el estudio de los impactos ambientales de carácter cualitativo y cuantitativo, cuya finalidad es correlacionar o establecer relaciones causa – efecto mediante la interacción de los factores ambientales involucrados en el contexto social de las actividades productivas (Leopold et al, 1971).

Metano: Gas que forma parte del gas combustible. Se genera también en los biodigestores, en los pantanos y durante la digestión de los rumiantes. Fórmula: CH₄.

Monitorear: Seguir periódicamente con mediciones la presencia de algunos componentes. en este caso, de un contaminante.

Monitoreo densiométrico pasivo: Escoger del universo una muestra a analizar donde lo importante es su representatividad la que se evalúa con ayuda de herramientas estadísticas.

Muestra: Es una porción de la totalidad de un fenómeno, producto o actividad que se considera representativa del total también llamada una muestra representativa.

Presión atmosférica: Peso por unidad de superficie de la masa total de aire sobre un punto dado, también llamada presión barométrica.

Promedio Móvil de "n" horas: Indica la media aritmética de "n" concentraciones horarias de un determinado contaminante, a partir de una hora de interés y considerando las n-1 horas consecutivas previas.

Población sensible: Personas que comprenden grupos etáreos menores de cinco años, mayores de 65 años; madres gestantes; personas con enfermedades respiratorias de carácter crónico (asma, rinitis alérgica, enfermedad pulmonar obstructiva, etc.) y cardiovasculares.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Hipótesis central de la investigación.

Los impactos ambientales del dióxido de azufre y material particulado (PM_{2.5}), son negativos sobre la calidad del aire en el distrito de Chimbote, 2014 - 2016.

3.2 Variables e indicadores de la investigación.

3.2.1 Definición conceptual.

- **Calidad del aire:** La calidad del aire es una indicación de cuanto el aire esté exento de polución atmosférica, y por lo tanto apto para ser respirado.

3.2.2 Definición operacional.

- **Concentración del dióxido de azufre.** Incremento porcentual de SO₂ en un periodo determinado, gas corrosivo, irritante y toxico que se produce por la quema de combustibles como el carbón y el petróleo, salpicaduras del mar, la descomposición orgánica y las erupciones volcánicas, principal causante de la lluvia ácida ya que en la atmósfera es transformado en ácido sulfúrico.
- **Concentración del Material Particulado PM_{2.5}.** Son partículas pequeñas consisten en acumulación de diminutas piezas de sólidos o de gotitas de líquidos en la atmósfera ambiental, generada a partir de alguna actividad antropogénica causada por el hombre o natural.

3.2.3 Indicadores.

- Concentración el dióxido de azufre (SO₂): ug/m³
- Concentración del material particulado (PM_{2.5}): μg/m³

3.2.4 Operacionalización de variables.

Matriz de operacionalización de las variables.

Variable conceptual o analítica definición	Dimensión	Indicador (Definición Operacional)	Valores finales	Tipo de variable
Concentración del dióxido de azufre y material particulado sobre la calidad del aire.	Física	Impactos Ambientales: – Significativo. (+ o -) – No Significativo. (+ o -)	μg/m ³	Nominal
	Química	– Buena (1) – Moderada (2) – Mala (3) – Umbra de Cuidado (4)	μg/m ³	Nominal

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Métodos de la investigación.

La investigación requiere tener una percepción clara y exacta de los impactos ambientales generados por el material particulado (PM_{2.5}) y dióxido de azufre (SO₂), en el distrito de Chimbote, por lo que se utilizó el método de la observación.

Siendo los métodos de investigación procedimientos generales que especifican la normativa a seguir en el estudio de un fenómeno, la metodología empleada se rige de acuerdo a lo señalado en el Reglamento de Estándares Nacionales de la calidad del aire (D.S. N° 074-2001 PCM; D.S

003-2008-MINAM) y el protocolo de monitoreo de calidad del aire y gestión de datos de la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA (R.D. N° 1404-2005/DIGESA). Lo que le brinda confianza y validez a la investigación.

Método para determinar el dióxido de azufre y material particulado (PM_{2.5}).

Se solicitó la información del monitoreo de las variables de estudio a la Municipalidad Provincial del Santa, luego se registraron los datos en el registro respectivo (Anexo N° 1.).

En el monitoreo de las partículas menor o igual a 10 micras y menor a 2.5 micras, se empleó la metodología EPA IO 2.1; mediante un muestreador de alto volumen marca Tish, con controlador de flujo, el cual succiona el aire del ambiente con un flujo constante de 1.13 m³/minuto, haciéndolo pasar a través de un sistema acelerador discriminador de partículas hacia un filtro de fibra de cuarzo y de vidrio, que retiene partículas con diámetro menor o igual a 10 µm y 2.5 µm, que permanece suspendido en el aire atmosférico, la concentración de las partículas en suspensión se calculan por gravimetría, determinado el peso de la masa recolectada y el volumen de aire muestreado. Los filtros de PM₁₀ y PM_{2.5}, fueron pesados por el laboratorio Envirolab Perú S.A.C. (Monitoreo calidad de Aire Municipalidad Provincial del Santa - MPS).

Los óxidos de azufre son gases incoloros que se forman al quemar azufre. Las mediciones de dióxido de azufre (SO₂) se realizaron con el método de fluorescencia ultravioleta (NTP ISO 10498 2006), este método emplea el principio de fluorescencia pulsante basado en la absorción de

radiación ultravioleta (UV), a una longitud de onda en el intervalo de 210 - 410 nm, entrando en un estado de excitación para posteriormente decaer a un estado inferior, emitiendo un pulso de luz fluorescente, el cual es proporcional a la concentración de SO₂.

3.4 Diseño o esquema de la investigación.

Diseño Descriptivo, Ex – Posfacto – Retrospectivo. No se manipulan variables ni asignan sujetos de manera aleatoria, cuando se realiza el estudio ya el efecto ha sucedido.

El estudio realizado es transversal, porque está centrada en analizar cuál es el nivel de una o varias variables en un momento dado (Hernández. 2012).

El diseño fue retrospectivo porque implica menos costo, tiene una hipótesis de trabajo que involucra a las variables.

3.5 Población y muestra.

Población.

Base de datos del monitoreo de la calidad del aire de la zona urbana que dispone la Municipalidad Provincial del Santa.

Muestra.

Estuvo conformado por las tres estaciones o puntos de trabajo de monitoreo ubicados en el distrito de Chimbote, el primer punto frente a Gerdau - Sider Perú, el segundo en el Terminal Terrestre Chimbador y el otro

punto en el Jirón Espinar cuadra 7, se utilizó la técnica de muestreo no probabilístico.

3.6 Actividades del proceso investigativo.

Se Solicitó el permiso a la Municipalidad Provincial del Santa para el inicio de la investigación, obtención de los datos, recojo de los datos y evaluación de los resultados.

3.7 Técnicas e instrumentos de la investigación.

La técnica para la recolección de datos proviene de su fuente de origen, (primaria), tomándose información de las personas y entidades que manejan información confiable: Comité Técnico Provincial de Evaluación Ambiental de la Municipalidad Provincial del Santa, a la Dirección Regional de Salud Ancash (DIRES-Ancash), a la Red de Salud Pacífico Norte.

Las técnicas son de hecho, recursos o procedimientos de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento, se formularon entrevistas con preguntas bien definidas y finalmente la observación como técnica, gravimétrica bien asistida para el dióxido de azufre y el material particulado (PM_{2.5}). Aparte de balanzas especiales para pesar partículas en suspensión se empleó un muestreador de alto volumen, con controlador de flujo, un sistema acelerador discriminador de partículas, un filtro de fibra de cuarzo y de vidrio.

Como instrumentos secundarios para guardar la información se emplearon: el cuaderno de nota, diario de campo, los mapas, la cámara fotográfica, la grabadora, la filmadora, el software de apoyo; elementos

estrictamente indispensables para registrar lo observado durante el proceso de investigación. (Rodríguez, P. 2008:10). otras.

3.8 Procedimiento para la recolección de datos

Luego de adquirir los datos, con ayuda de la ficha de recolección del reporte de las estaciones de monitoreo, se procedió a la revisión de los resultados para verificar si se cuenta con toda la información requerida. A continuación, se procedió a realizar la clasificación de datos para poder realizar un análisis de forma organizada.

La recolección de datos se tomó de la fuente de la información de la Municipalidad Provincial del Santa, la Consultora Engineers & Eenvironmental Perú S.A. (E&E Perú S.A.) y la Empresa Moncada S.A.; previa solicitud de acceso a los mismos, quienes emplearon la metodología de toma de muestras a través de un monitoreo densiométrico pasivo y mediante el desarrollo de ecuaciones que explican la presencia de la contaminación por parte de las partículas en suspensión y el SO₂ (Moreano, D. 2012, p. 2).

El autor da fe de la veracidad y autenticidad de los datos, porque durante el tiempo de la medición fue parte del equipo responsable de esta actividad. (Anexo N° 3 y 4).

3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.

Los datos fueron procesados con técnicas estadísticas simples y los análisis de datos se empleó estadística descriptiva, cuadros de una sola casilla, gráficos de dispersión, gráficos de barras, etc., mediante el uso de cuadros y gráficos y de Investigación de Operaciones (Programación Lineal). La

Programación Lineal es una herramienta muy útil para algunos análisis sobre la calidad del aire. De hecho, ninguna estrategia para la reducción y control de emisiones a bajo costo será efectiva, sin la aplicación previa de la Programación Lineal.

La validación estadística de los resultados se realizará empleando el software estadístico SPSS. Asimismo, se compara con el Índice de Calidad de Aire – INCA.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS.

CUADRO N° 1. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL DIÓXIDO DE AZUFRE Y MATERIAL PARTICULADO (PM_{2.5}) SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE, CHIMBOTE, 2014-2016

Acciones	Categoría	Actividades de Contaminación.				Total de Impactos Negativos
	Descripción	Parque Automotriz	Industria Química (Pesquera)	Industria Metalúrgica	Vías no Pavimentadas	
Elementos Ambientales.						
Categoría	Descripción					
Atmosfera (Aire)	SO ₂	4 / 500	3 / 350	3 / 400	2 / 150	-12
	Material particulado	3 / 200	3 / 250	3 / 400	2 / 16	-11
Total de Impactos Negativos		-7	-6	-6	-4	
Total de Impactos Positivos		0	0	0	0	
Total de Impactos		-7	-6	-6	-4	-23

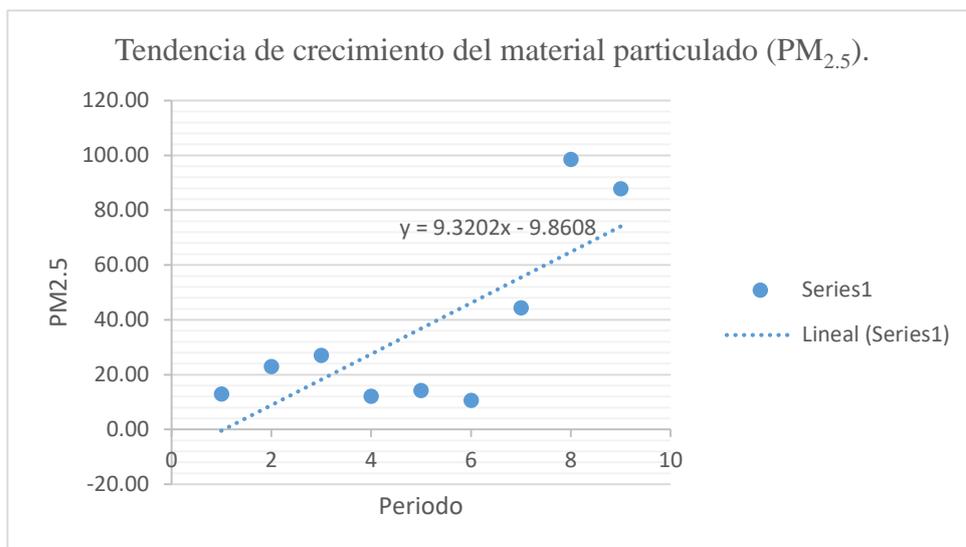
Ponderación de Impactos (Magnitud)		
Criterio	Calificación (c)	Valoración - Importancia (v)
Nada Significativo	000 - 015	0
Poco Significativo	015-060	1
Significativo	060-200	2
Muy Significativo	200-400	3
Critico	400-600	4

Fuente: Elaboración propia.

**CUADRO N° 2. EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE
CONCENTRACIÓN DEL DIÓXIDO DE AZUFRE Y
MATERIAL PARTICULADO (PM_{2.5}) SOBRE LA
CALIDAD DEL AIRE, CHIMBOTE, 2014 - 2016.**

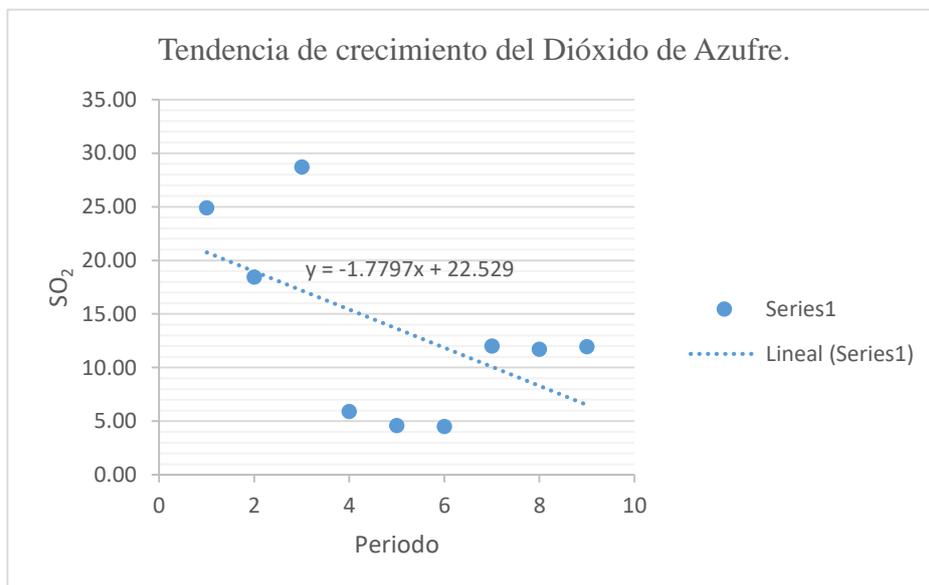
Ubicación de la estación de Monitoreo.	Año	PM_{2.5} (µg/m³)	Dióxido de Azufre SO₂ (µg/m³)
Frente Sider Perú (C1)	2014	13.00	24.89
Terminal Terrestre Chimbador (C2)		23.00	18.43
Jr. Espinar cuadra 7 (C3)		27.00	28.71
Frente Sider Perú (C4)	2015	12.10	5.90
Terminal Terrestre Chimbador (C5)		14.20	4.60
Jr. Espinar cuadra 7 (C6)		10.60	4.50
Frente Sider Perú (C7)	2016	44.39	12.00
Terminal terrestre Chimbador (C8)		98.55	11.71
Jr. Espinar cuadra 7 (C9)		87.82	11.94

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 1 Tendencia de crecimiento del material particulado (PM_{2.5}) sobre la Calidad del Aire, Chimbote, 2014 – 2016.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 2 Tendencia de crecimiento del dióxido de azufre sobre la Calidad del Aire, Chimbote, 2014 - 2016.

**CUADRO N° 3. VALORES ESTADÍSTICOS PARA SO₂ Y PM_{2.5}
SOBRE CALIDAD DEL AIRE, CHIMBOTE, 2014 –
2016.**

		PM _{2.5} cod	SO ₂ cod	PM _{2.5}	SO ₂
N	Válido	9	9	9	9
	Perdidos	0	0	0	0
Media		2.6667	3.5556	36.7400	13.6311
Mediana		3.0000	4.0000	23.0000	11.9400
Moda		2,00 ^a	4.00	10,60 ^a	4,50 ^a
Desviación estándar		.70711	.72648	33.78959	8.73988
Varianza		.500	.528	1141.736	76.386

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Fuente. Spss PASW Statisc, elaboración propia.

**CUADRO N° 4. RECUENCIAS DEL MATERIAL PARTICULADO
(PM_{2.5}) SOBRE LA CALIDAD DEL AITE,
CHIMBOTE, 2014 – 2016 EN 9 PERIODOS.**

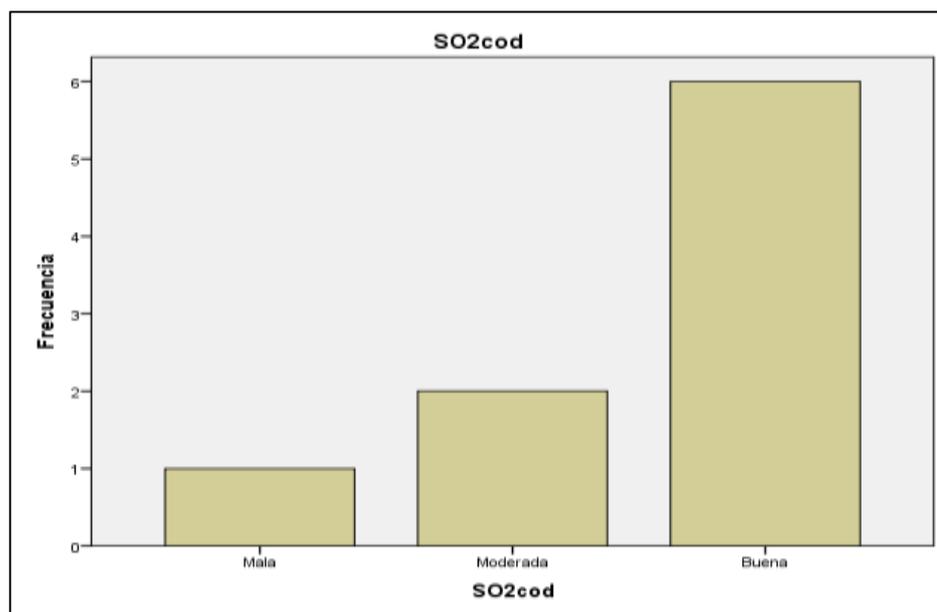
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válido	Mala	4	44.4	44.4
	Moderada	4	44.4	44.4
	Buena	1	11.1	11.1
	Total	9	100.0	100.0

Fuente: Fuente. Spss PASW Statisc, elaboración propia.

**CUADRO N° 5. FRECUENCIAS DEL DIÓXIDO DE AZUFRE
SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE, CHIMBOTE, 2014
– 2016, EN 9 PERIODOS.**

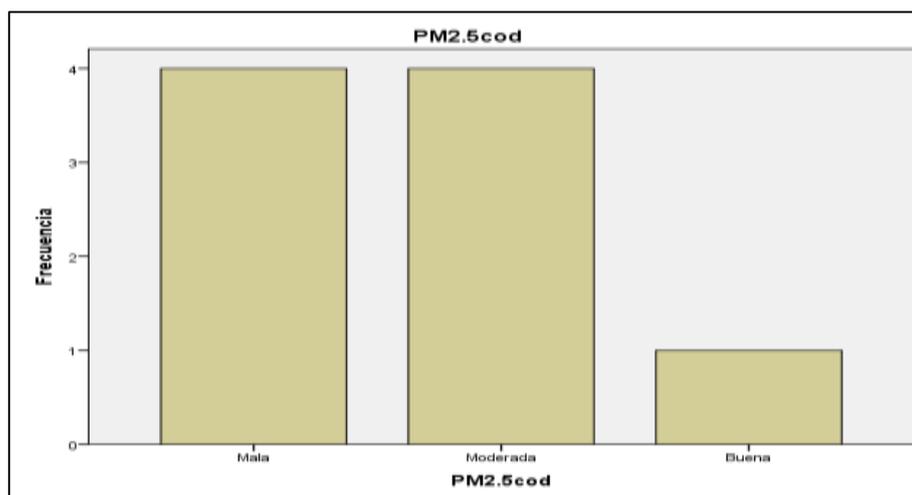
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válido	Mala	1	11.1	11.1
	Moderada	2	22.2	22.2
	Buena	6	66.7	66.7
	Total	9	100.0	100.0

Fuente: Fuente. Spss PASW Statisc, elaboración propia.



Fuente: Fuente. Spss PASW Statisc, Elaboración propia.

Gráfico N° 3 Frecuencias según la calificación del dióxido de azufre sobre la calidad del aire, Chimbote, 2014 – 2016 en 9 periodos.



Fuente: Spss PASW Statisc, elaboración propia.

Gráfico N° 4 Frecuencias según la calificación del (PM_{2.5}) sobre la calidad, Chimbote, 2014 – 2016 en 9 periodos.

4.2 DISCUSIONES

En el cuadro N° 1, respecto a la evaluación de los impactos ambientales del material particulado ($PM_{2.5}$) y el dióxido de azufre, sobre la calidad del aire, distrito Chimbote, 2014-2016, se observa que, el parque automotriz genera 4 impactos negativos, la industria química pesqueras 3 impactos negativos, la industria metalúrgica 3 impactos negativos y las vías no pavimentadas 2 impactos negativos, esto trae como consecuencias la contaminación del aire. Estos resultados son similares con lo que sostiene Matías (2013) quien señala que la dirección del viento influye en la calidad del aire, y que a menor distancia de la fuente emisora habrá mayor concentración de dióxido de azufre y material particulado, es decir, mayor impacto ambiental, debido a la dispersión atmosférica. La dirección del viento también afecta la calidad de aire.

En el cuadro N° 2, se observa que, en las estaciones de monitoreo frente a Sider Perú y en el Jr. Espinar cuadra 7 año 2015, el valor obtenido del dióxido de azufre es menor a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el material particulado ($PM_{2.5}$) también es menor a $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de acuerdo a la calificación INCA, la calidad del aire es buena, satisfactoria y no representa riesgo para la salud. En estos puntos la calidad de aire es aceptable y cumple con el valor ECA correspondiente, pudiéndose realizar actividades al aire libre. Este resultado es similar con lo que afirma Rivera (2012) quien sostiene que en los niveles de concentración de partículas ($PM_{2.5}$) en la estación de muestreo del Callao, tiene un valor de $31.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la estación de muestreo de Lima Centro, tiene un valor de $76.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que supera el ECA establecido, estos valores son perjudiciales para la salud pública y el medio ambiente. Además, que la concentración de dióxido de azufre en la estación de muestreo del Callao, tiene un valor de $13.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Lima Centro, tiene un valor de

63.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ valores que se encuentran dentro del ECA de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, no existe riesgo para la salud y el medio ambiente. Esto es similar con el presente estudio.

Los altos niveles de producción que la empresa siderúrgica mostraba en el año 2016 es similar con el resultado del material particulado ($\text{PM}_{2.5}$) que llegó a ser alto y el dióxido de azufre también subió, pero no alteró su calidad. La dirección y velocidad del viento son parámetros importantes a considerar por ser el elemento dispersante y de dilución de éstos elementos.

Asimismo, en las estaciones de monitoreo frente Sider Perú para el año 2014 y el terminal terrestre el Chimbador año 2014 y 2015, los valores obtenidos para el dióxido de azufre fueron entre 11 a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el material particulado ($\text{PM}_{2.5}$) el rango fue de 12.6 a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y de acuerdo a la calificación INCA, la calidad del aire es moderada. Estos resultados son similares con lo que sostiene la Organización Mundial de la Salud OMS (2005) los valores de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el dióxido de azufre y 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado ($\text{PM}_{2.5}$). La población sensible (niños, tercera edad, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares) podría experimentar algunos problemas de salud. La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA correspondiente, pudiéndose efectuar actividades al aire libre con ciertas restricciones para la población sensible.

La estación ubicada en el terminal terrestre en el año 2016, es la que reportó el mayor promedio de concentración de material particulado ($\text{PM}_{2.5}$), durante el tiempo que duró el estudio; el cual fue de 98.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y la estación ubicada en el Jr. Espinar cuadra 7 en el año 2014, es la que reportó el mayor promedio de concentración de dióxido de azufre, durante el tiempo que duró el estudio; el cual fue de 28.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

asimismo, Rivera (2012) en el Callao y Lima Centro, determino que la calidad del aire tiene un valor mayor de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ considerado como índice insalubre, que debe ser preocupante para las autoridades sanitarias, así mismo para las autoridades de los gobiernos central y gobiernos locales, porque estos resultados van en contra de la salud de la población; pero el índice de la calidad del aire en las zonas urbanas de Lima Este y Lima Sur las determinaciones fueron de mala calidad, que también es de preocupación para los habitantes de estas zonas pobladas.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Los impactos ambientales del dióxido de azufre y material particulado ($PM_{2.5}$), sobre la calidad del aire en el distrito de Chimbote, 2014 - 2016, las actividades correspondientes al parque automotriz afectan de una manera crítica a la calidad de la atmósfera. Además, los impactos ambientales de la industria química y metalúrgica afectan sobre la calidad del aire de manera muy significativa, con un total de 23 impactos ambientales negativos.
2. Los niveles de concentración del dióxido de azufre y material particulado ($PM_{2.5}$), Chimbote, 2014 - 2016, en algunos casos superan el valor $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado y $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de dióxido de azufre, según los Estándares de Calidad de Aire - ECAs, o están próximos al umbral de cuidado que es $>125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el material particulado y $> 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el dióxido de azufre, según la calificación del Índice Nacional de Calidad del Aire - INCA. Correspondiente a los puntos de muestreo del Jr. Espinar cuadra 7 (2014); Sider Perú, terminal terrestre Chimbador y Jr. Espinar cuadra 7 (2016); concluyendo que estos parámetros generan impactos negativos en la calidad de aire de la zona de influencia.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Elaborar un plan de monitoreo permanente para determinar los niveles de concentración del material particulado ($PM_{2.5}$) cuya tendencia ascendente puede sobrepasar el umbral del estado de cuidado.
2. Modificar el plan vial del parque automotriz sobre usos y costumbres de combustible, revisiones técnicas y evitar el ingreso de vehículos pesados dentro del casco urbano.
3. Estructurar un cronograma de capacitación sobre educación automotriz y su relación con el medio ambiente.
4. Diseñar procesos de mejoras continua en plantas de harina de pescado y establecimientos industriales como el uso del gas licuado de petróleo (GLP), trampas de material particulado en calderas y secadores (finos) y torres lavadoras de gases para precipitar y deodorizar los gases incondensables.
5. Realizar monitoreo de calidad de aire en la estación ubicada frente a Sider Perú de los componentes $(FeO)_x$, plomo y metales pesado, asimismo en el punto monitoreo ubicado en Jr. Espinar, realizar los análisis del monóxido de carbono (CO), específicamente en las horas de mayor afluencia vehicular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, T. (2007), *Modelos Evaluativos de Optimización y de Simulación de Contaminantes del Aire*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas Unidad de Postgrado, Lima, Perú.
- Adriaansee, A. (1992). *The Development of Environmental Policy Indicators in The Netherlands*. Ministerio de Vivienda, Planeación Física y Medio Ambiente. Holanda.
- Aragón, A., Campos, A., Leyva, R., Hernández, M., Bonito, L.A. (1992). *Modelos para el cálculo de monóxido de carbono en avenidas*. La Habana. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. México D.F. Ciencias Médicas. 1992:79-91.
- Aránguez, E., Ordóñez, J., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández, R., Gandarillas, A. & Galán, I. (1999). *Contaminantes atmosféricos y su vigilancia*. *Revista Española de Salud Pública*, 73(2), 123-132. Recuperado en 12 de marzo de 2018, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271999000200003&lng=es&tlng=es.
- Carrera, J. (2010). *Impacto Ambiental Generado por la Quema de la Caña de Azúcar en Laredo*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú.
- Cabrera, C. (2010). *Aprueba el proyecto definitivo de la norma primaria de calidad del aire para PM_{2.5}*. República de Chile, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

- Corbitt, A. (1990). *Standard handbook of environmental engineering*. Capítulos 3 y 4: Air and Water Quality Standards. 15 p., Air Quality Control. 115 p, New York, Mc Graw Hill Inc.
- Coria, I. (2008). *Estudio de Impacto Ambiental, Características y Metodologías*, Universidad del Centro Educativo Latinoamericano, Rosario Argentina. Vol. 11, numero 020.
- DIGESA. (2005). *Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire de la Dirección General de Salud Ambiental*, Lima- Perú.
- Diario de Chimbote (2016). *Terminal Terrestre de Chimbote es el segundo más importante en todo el País*. Diario de Chimbote. recuperado 21 marzo 2018 de <http://diariodechimbote.com/noticias-anteriores/88039-2016-06-13-08-59-39>.
- Guevara, J. (2017). *Índice de la calidad de aire en el distrito de morales debido a la presencia de material particulado 2.5 microgramos*. Universidad Peruana Unión, Tarapoto, San Martín, Perú.
- Guzmán, W. (2002). *Evaluación de los Contaminantes Atmosféricos en la Ciudad de Laredo*, Emitidos por la Empresa Agroindustrial Laredo, año 2001, Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Fernández, R. *Metodología de evaluación de la calidad del aire*, disponible en: <https://www.analesranf.com/index.php/mono/article/viewFile/606/623>.
- Heinke, H. (2004). *Ingeniería Ambiental*, Ed. Prentice Hall. México.

Hernández (2012). *Diseño de investigación transversal y longitudinal*. recuperado el 21 de marzo 2018 de <https://es.slideshare.net/Spaceeeboy/diseo-de-investigacion-transversal-y-longitudinal>.

Inche, J. (2001). *Estimación de Emisiones en Vehículos en Circulación*.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), (2014). *Lima Metropolitana respira polvo atmosférico que afecta la salud*.

Leopold, Clarke, Hanshaw y Balsley (1971). *A Procedure for Evaluating Environmental Impact*. U.S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C.

U.S. Government Information. GPO, Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere (High-Volume Method), Federal Register: Vol. 47, page 54912, 12/06/82 and Vol. 48, page 17355, 04/22/1983. Recuperado el 21 marzo del 2018 de https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-B_to_part_50.

Matías, Maria. (2013). *Análisis de procesos de control de la contaminación del aire en una fundición minera y evaluación de la calidad del aire en una ciudad situada en su área de influencia*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Química, Ingeniería Química e Ingeniería Agroindustrial E.A.P. de Ingeniería Química, Lima, Peru.

Moreano, D. (2012). *Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas PM₁₀ y CO*. Pontificia Universidad Católica del Perú Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente MINAM, *Informe Nacional de Calidad del Aire 2013-2014*.

Lima, Perú.

Mujica, Pérez, (2005). *Evaluación de impactos ambientales en el Laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad de Carabobo, Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería*. Universidad de Carabobo, Revista Ingeniería UC. Vol. 12, No 2, 23-31.

Organización Mundial de la Salud. (2005:2006). *Guías de la Calidad del Aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Actualización mundial 2005. Ginebra, OMS.

Rivera J. (2012). *Modelo de identificación de factores contaminantes atmosféricos críticos en Lima – Callao*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.

Romieu, Isabelle; de Koning, Henk (1996). *Urban air Pollution and Health in the Americas*. Washington D.C.: OPS.

Romero Placeres M, Mas Bermejo P, Lacasaña Navarro M, Tello Rojo M, Aguilar Valdes J, Romien I. (2004). *Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad de la Habana*. Puebla México.

Rodríguez, P. (2008). *Técnicas e instrumentos de la investigación*. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

Resolución Ministerial N° 181-2016- MINAM (14 julio 2016). *Índice de calidad de Aire – INCA, Crea el Sistema de Información de Calidad de Aire – INFO*

AIRE PERU, Como parte del Sistema Nacional de Información Ambiental – SINIA.

Resolución Ministerial N° 440-2016-PRODUCE. (2016). *Autorizan inicio de la Segunda Temporada de Pesca del recurso anchoveta y anchoveta blanca en área del dominio marítimo. Diario el Peruano*. Recuperado 21 de marzo del 2018 de <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/autorizan-inicio-de-la-segunda-temporada-de-pesca-del-recurso-resolucion-ministerial-n-440-2016-produce-1451438-1/>.

Spiro, Thomas, Stigliani, William (1996), *Química Medioambiental. 2a. edición*. Pearson Prentice Hall. Madrid.

Saavedra, J. (2014). *Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular”* Lima – Perú.

Silva, J. Montoya, Z. (2004). *Análisis de la relación entre el comportamiento estacional de los contaminantes sólidos sedimentables con las condiciones meteorológicas predominantes en la zona metropolitana de lima-callao durante el año 2004*. Lima. Perú.

UNE-EN 14907:2006. Calidad del aire ambiente. *Método gravimétrico normalizado de medida para la determinación de la fracción másica PM_{2,5} de la materia particulada en suspensión*.

Vargas, J. (2008). *Impacto Ambiental y Metodologías de Análisis*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Nota Científica.

ANEXOS.

Anexo N° 1.

Registro de datos para la recolección de la información de estaciones de monitoreo.

Lugar	Estación de Monitoreo	Fecha	Material particulado (PM_{2.5}) (µg/m³)	Dióxido de azufre (µg/m³)
	C1			
	C2			
	C3			
	C4			
	...			
			
	C9			

Anexo N° 2.

Enfermedades respiratorias en el distrito de Chimbote 2014 – 2016.

Causas de morbilidad 2014	N°	%	casos x Sexo	
	Casos	Porcentaje	Hombre	Mujer
Infecciones de vías respiratorias agudas	135 071	26	61768	73303

Fuente: Reporte HIS. Dirección de Estadística e informática de la DIRES-Ancash.

Distrito	Año.	N° Casos
Chimbote	2014	12372
	2015	15139
	2016	17906
Total		45837

Fuente: Red de Salud Pacífico Norte.

El crecimiento de enfermedades respiratorias en el distrito de Chimbote que muestra una tendencia ascendente con las concentraciones de dióxido de azufre y material particulado (PM_{2.5}) similar al gráfico 5. Las causas de morbilidad Provincia del Santa – Ancash se muestran en los siguientes cuadros.

En el grafico 5. Observamos que el aumento de las enfermedades respiratorias guarda relación con el periodo de estudio y con el aumento de las concentraciones del dióxido de azufre y material particulado en el aire.

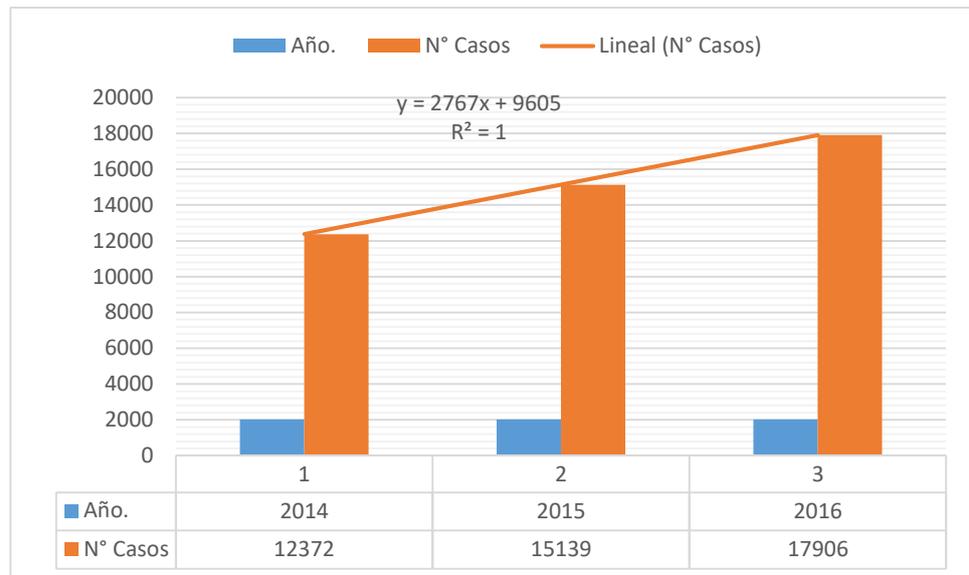


Gráfico N° 5 Enfermedades respiratorias, distrito de Chimbote, desde el 2014 al 2016.

Anexo N° 3.

Certificado de calibración dióxido de azufre año 2014.



Certificado de Calibración

03362014AQ

Fecha de Calibración: 09-sep-14
 Cliente: ORGANISMO DE EVALUACION Y FISCALIZACION AMBIENTAL - OEFA
 Dirección: AV. Republica de Panama Nro. 2542 Lima - San Isidro

DATOS DEL EQUIPO:

Gas Contaminante:	Dióxido de Azufre (SO ₂)	Modelo:	4501
Marca:	Thermo	Serie:	1009243445

CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura:	20 - 22 °C	Humedad:	62 a 65 %	Presión:	998 - 999 mb
--------------	------------	----------	-----------	----------	--------------

SISTEMA DE CALIBRACION:

Calibrador	EnviroNics	Marca Gas Patrón	PRAXAIR
Modelo	6103	Concentración	45,3
Serie	3013	Número de Certificado	CC11625
Error Máximo de Calibración	10%	Vencimiento patrón	04-dic-16

PARAMETROS DE OPERACIÓN

	Unidades	Inicial	Final
Range	ppb	200	500
Average Time	sec	60	60
SO ₂ Bag	—	7	9,2
SO ₂ Coef	—	0,908	1,178
Internal Temp	°C	29	22,1
Chamb Temp	°C	45,1	45
Press	mmHg	633,1	631,6
Flow	lpm	0,964	0,964
Lamp Intens	Hz	80	80
Lamp Voltage	V	912	958

REPORTE DE CALIBRACIÓN

Concentración Patrón (ppb)	Lectura de Analizador	Error (%)	Resultado
0	1,4		
400	402,0	- 0,5	Cumple
300	303,1	1,0	Cumple
200	197,6	-1,2	Cumple
101	98,5	-7,5	Cumple
0	1,5		



Realizado por:

[Firma]
Renzo Andrade

09-sep-14

[Firma]
Enzo Barrera Zavala
Jefe de Laboratorio de Calibración
GREEN GROUP PE S.A.C.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACION CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"



INFORME DE ENSAYO: 9770/2014

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA

Enrique Palacios 343 - Chimbote - Santa

Monitoreo Ambiental de Calidad de Aire

Emitido por: Felipe Campos Yauce

Impreso el 07/05/2014

**ING. FELIPE CAMPOS YAUCE
CIP: 136871
JEFE DE LABORATORIO
LIMA - LAGUNAS NORTE
UNIDAD DE NEGOCIOS PERU
CORPLAB SAC**

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INDECOPI-SNA.

Pág. 1 de 3

Certificado de calibración del dióxido de azufre y material partículas año

2015.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° AQC03822013

Ciente: E&E PERU S.A

Descripción Instrumento: Muestrador de Partículas	Especificaciones del Instrumento:
Marca: Tisch Ambiental	Flujo: 1.13 m ³
Modelo: HIGH-VOL	Motor: 1 HP / 220V
Serie: P7569	Cabezales: PM10 ó PM2.5
Identificación Interna: No Aplica	
Condición: Usado	

Lugar Calibración: Green Group **Fecha de Calibración:** 07-nov-13 **Vence:** 07-nov-14

Condiciones Ambientales

Temperatura: 20 - 22 °C **Humedad:** 77 a 79 % **Presión:** 999 - 1000 mb

Patrones Utilizados		
Descripción	Marca/Modelo	Serie ó Lote
Calibrador Variflow	Tisch / TE-50284	438320
Balómetro / Termómetro	Control Company / 4247	122277812
		Vencimiento
		23-oct-14
		16-may-14

Procedimientos Utilizados:
Calibración fue realizada de acuerdo al EPA Compendium Method 10 - 2.1.

Resultados:

Ta (°F):	294	Presión (in Hg):	29.53	Slope:	0.96763
Ta (°C):	20.90	Pa (mm Hg):	750	Int.:	-0.02139

Corrida Número	Orificio "H2O	Qa m ³ /min	Muestrador "H2O	PI mm Hg	Po/Pa	Leak Up m ³ /min	% de Diferencia
1	3.20	1.179	9.95	18.569	0.975	1.1810	0.17
2	3.20	1.179	11.90	22.209	0.970	1.1750	-0.34
3	3.20	1.179	14.10	26.314	0.965	1.1690	-0.85
4	3.10	1.161	16.00	29.860	0.960	1.1620	0.09
5	3.10	1.161	18.10	33.780	0.955	1.1560	-0.43

Notas u Observaciones:
El método de referencia establece que se debe tener un % de diferencia menor al +/- 4%.



E & E PERU S.A.
RAULA MALPICA AD-C-254
GERENTE GENERAL
RUT 796127869

Realizado por:  Aénzo Andrade **Fecha:** 07-nov-13

Av. El Sauce NP 556 - Surquillo
Central: 560 - 6134 / 273 - 8550
www.green-group.com.pe

Certificado de Calibración N° 02772013AQC

Fecha de Calibración: 25 jul 11

Cliente: ESE PERU S.A

DATOS DEL EQUIPO:

Gas Contaminante:	Dioxido de Azufre (SO2)	Modelo:	301E
Marca:	Talodyne - API	Serie:	143E
Código Interno:	N.A	Condición:	Usado

CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura:	18 - 20 °C	Humedad:	30 ± 22 %	Presión:	999 (1000 m)
--------------	------------	----------	-----------	----------	--------------

SISTEMA DE CALIBRACION:

Calibrador:	Energonics	Marca Gas Patrón:	PRAXAIR
Modelo:	6103	Concentración:	45.6 ppm
Serie:	3013	Número de Certificado:	17900
Error Máximo de Calibración:	10%	Vencimiento patrón:	30 may 14

PARAMETROS DE OPERACIÓN

	Unidades	Inicial	Final	Rango
Rango	ppm	500	500	0 - 20 ppm
Pres	in Hg A	25.8	27.7	± 2" atm
Samplo Fl	ccm	567	667	650 ± 10%
UV Lamp	mV	3132.7	3008.5	3000 - 4000 mV
STB Lgt	ppb	39.5	39.8	≤ 100 ppb con K2
Drk PMT	mV	37.2	37.8	-50 ± 100 mV
Drk Lamp	mV	3.3	3.6	-50 ± 100 mV
SO2 Slope		1.229	1.233	± 0 ± 0.3
SO2 Offset	ppb	30.8	182.3	± 250
HVPS	V	556	556	400 - 900 mV
Rcell 1°	°C	40.1	50.1	50 ± 1 °C
Bas 1°	°C	26.1	25.5	Amb ± 5 °C
PMT 1°	°C	8.0	8.1	7 ± 2 °C

REPORTE DE CALIBRACION

Concentración Patrón (ppb)	Lectura de Analizador	Error (%)	Resultado
0	0.9		
400	398.4	-0.4	Pase
300	297.4	-0.9	Pase
200	199.1	-0.5	Pase
100	98.9	-1.1	Pase
0	1.2		



Resultado por:

Rafael Andrade

25 jul 11

E & E PERU S.A.

RAUL A. MALPICA BOLORZANC
GERENTE GENERAL
RUC: 20512336974

No. El Secco 89556 - Jumbilla
Central 560 6134 7273 - 3500

2016.

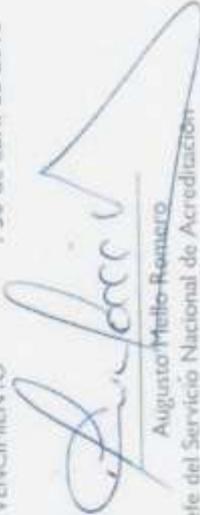
 **Servicio Nacional de Acreditación**
SNA

El Servicio Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI – en ejercicio de sus facultades que le confieren el Decreto Legislativo 1030 y el Decreto Legislativo 1033, mediante Cédula de Notificación Nro. 0184.2014/SNA-INDECOPI y Contrato de Acreditación 013-2014/INDECOPI-SNA, renueva la **Acreditación** a:

Environmental Testing Laboratory S.A.C.

ubicado en Calle Francisco Masías N° 2601, Lince - Lima, como **Laboratorio de Ensayo**, al haber demostrado el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP-ISO/IEC 17025:2006, para el alcance que obra en el expediente Nro. 0165-2013-SNA, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

FECHA DE RENOVACION : 30 de abril de 2014
FECHA DE VENCIMIENTO : 30 de abril de 2018


Augusto Melto-Romero
Jefe del Servicio Nacional de Acreditación
INDECOPI

Registro N° LE -- 056
FECHA DE EMISIÓN: 20 de mayo de 2014
SNA-act-01P-02M

 **Indecopi**



International Accreditation Service
CERTIFICATE OF ACCREDITATION

This is to signify that

ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY S.A.C.
CA. CALLE B.MZ. C LT. 40- URB. HABILITACION INDUSTRIAL
PANAMERICANA NORTE,
SAN MARTIN DE PORRES,
LIMA 31, PERU

Testing Laboratory TL-659

has met the requirements of the IAS Accreditation Criteria for Testing Laboratories (AC89), has demonstrated compliance with ISO/IEC Standard 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*, and has been accredited, commencing August 27, 2015, for the test methods listed in the approved scope of accreditation.

Patrick V. McCullen
Patrick V. McCullen
Vice President, Chief Technical Officer

Ch. Ramani
Ch. Ramani, P.E.
President



ACCREDITED

Page 1 of 7

(see attached scope of accreditation for fields of testing and accredited test methods)

Print Date: 9/10/2015

For accreditation certificate upgrades see IAS accreditation certificate bearing an asterisk. The certificate business award upon suspension, revocation or re-issuance of accreditation. See the IAS Accreditation Listings on the web at www.iasinc.com for current accreditation information, or contact IAS directly at (502) 864-6000.



15-08027

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE N° CAA-L04002

FECHA: 07/03/2016

VENCIMIENTO: 07/03/2017

Solicitado por: **Moncada Inspec EIRL**
Atención: **Sr. Pablo Moncada**

CARACTERISTICAS DEL DISPOSITIVO A CALIBRAR			
Denominación	ROTAMETRO POLICARBONATO PARA AIRE	Rango	0.1-1.0 LPM
Marca Modelo	KEY INSTRUMENTS MR3A13BVBVN	Código Estándar	ASTM D 3195

CONDICIONES AMBIENTALES			
Temperatura	27°C	Cota	235 msnm
Humedad	82%	Presión Barométrica	988 HPa

DISPOSITIVO DE CALIBRACION			
Dispositivo	Bomba de succión contómetro y totalizador volumétrico patrón	Rango	0.1 – 5.0 LPM
Marca	ZAMBELLI SRL	Modelo	Easy Plus

REPORTE DE RESULTADOS LPM @							
Rotámetro	Lectura	Bomba Patrón	Desv.	Lectura	Bomba Patrón	Desv.	Desv. Máx
S/N 198 2981	1.00	0.97	-3%	0.50	0.52	+4%	±5%
S/N 198 2982	1.00	0.96	-4%	0.50	0.51	+2%	±5%
S/N 198 2983	1.00	0.97	-3%	0.50	0.52	+4%	±5%
S/N 198 2984	1.00	0.96	-4%	0.50	0.52	+4%	±5%

Los valores leídos por los rotámetros están por debajo de la desviación máxima permitida por el fabricante. Este documento es único para los rotámetros del número de serie indicados arriba y los resultados no deberán ser extendidos a fechas posteriores a la del vencimiento.



Angel Mayca, MEng.
Representante de Zambelli SRL en el Perú



CERTIFICADO DE CALIBRACION N° CAA-L04004

FECHA: 07/03/2016

VENCIMIENTO: 07/03/2017

Solicitado por: **Moncada Inspec EIRL**
Atención: **Sr. Pablo Moncada**

CARACTERÍSTICAS DEL DISPOSITIVO A CALIBRAR			
Denominación	MUESTREADOR TIPO HI-VOL – PM10-PM2.5	Rango	0.8-1.5 CPM
Marca	GENSTAR ELECTRONIC TECHNOLOGY s/n 1409007	Procedimiento	EPA 40 CFR Chl, parte 50, apéndice B, Pag.38, título 9
Modelo	KB-1000. Date: 9/2014 MOTOR ASINCRONO		

CONDICIONES AMBIENTALES			
Temperatura	27 °C	Cota	235 msnm
Humedad	82%	Presión Barométrica	988 HPa

DISPOSITIVO DE CALIBRACION			
Dispositivo	Dispositivo de orificio y platos obturadores. Medidor de presión diferencial electrónico Dwyer. Termómetro digital y barómetro análogo.	Rango	0.370 – 1.44 ± 0.5% CPM
			0 – 10.0 ± 0.1 Inch Wt
			-50°C – 300°C ± 1°C
			950 HPa – 1060 HPa ± 1 HPa
Marca	STAPLEX AIR SAMPLER DIVISION	Modelo	CHK HV 810 s/n 715326

MODELO KB-1000
s/n 1409007
07 Mar 2016



RESULTADOS

ATMO EIRL. CALIBRACION DE MUESTREADOR DE PARTICULAS PM10 PM2.5 HV

SITE

Lugar: **Lima** Fecha **Marzo 07, 2016**
 Sampler: **KB - 1000** Operador: **MONCADA INSPEC EIRL**
 s/n **1409007**

CONDICIONES

Presión Barométrica (hPa): **988** Humedad : **82 %**
 Temperatura (°C): **27** Cota : **235msnm**

EQUIPO DE CALIBRACION

Marca **STAPLEX** Slope **1.2474**
 Modelo **CHKHV810** Intercepto **-0.0228**
 Número de Serie **715326** Fecha Certifica. **Ago-2014**

CALIBRACION

Plato de Prueba	Ap (KPa)	Qa (m3/min)	Qref (m3/min)	%Diff	VOL TOT		Θ (min)
					(M3)	(NM3)	
1	0.5102	1.0432	1.100	5.16	3.1	2.8	3.0
2	0.5900	1.0522	1.100	4.35	3.2	2.9	3.0
3	0.6934	1.0491	1.100	4.63	3.2	2.8	3.0
4	0.7283	1.0488	1.100	4.65	3.2	2.8	3.0
5	0.7812	1.0512	1.100	4.44	3.2	2.8	3.0

CALCULOS

$$Qa = 1/m(\text{Sqrt}((H2O)(Ta/Pa))-b)$$

$$IC = I(\text{Sqrt}(Ta/Pa))$$

$$SFR = 1.13(Ps/Pa)(Ta/Ts)$$

$$SSP = (m*SFR+b)(\text{Sqrt}(Pa/Ta))$$

Qa = flujo real
 IC = lectura corregida del sensor
 m = slope del calibrador
 b = intercepto del calibrador

SFR = Caudal requerido
 SSP = Lectura del sensor para el SFR
 m = slope del muestreador
 b = intercepto del muestreador

Ta = temperatura del sitio (°K)
 Pa = presión del sitio (mm Hg)

Ts = temperatura estacional promedio (°K)
 Ps = presión estacional promedio (mm Hg)

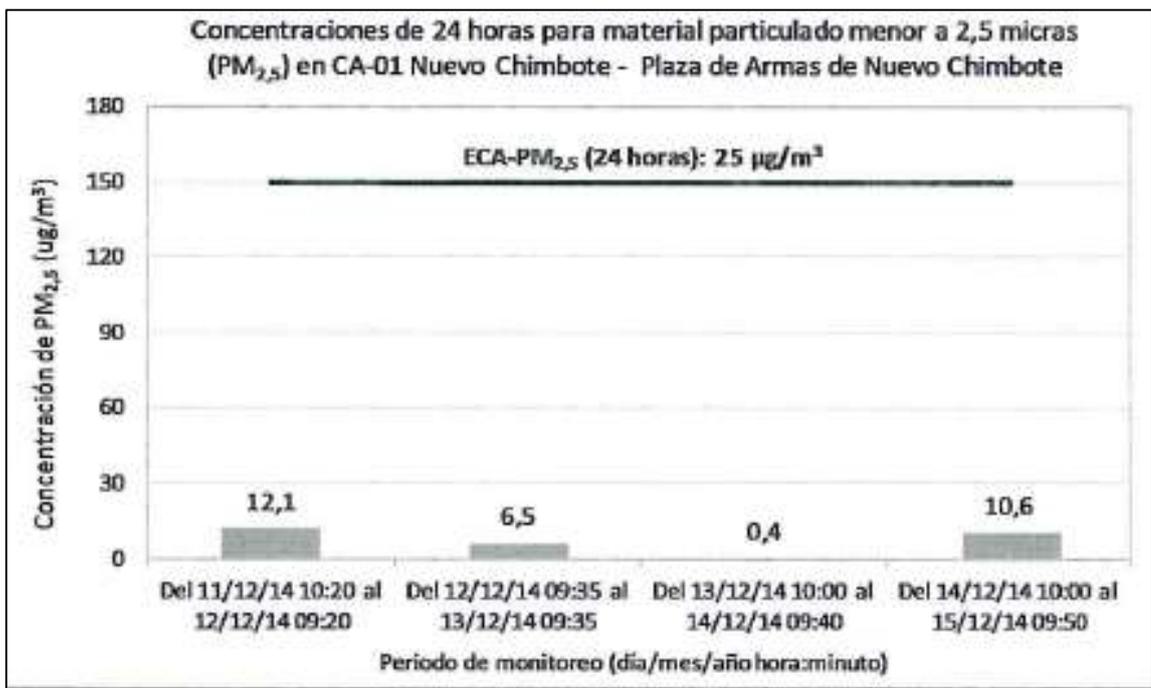
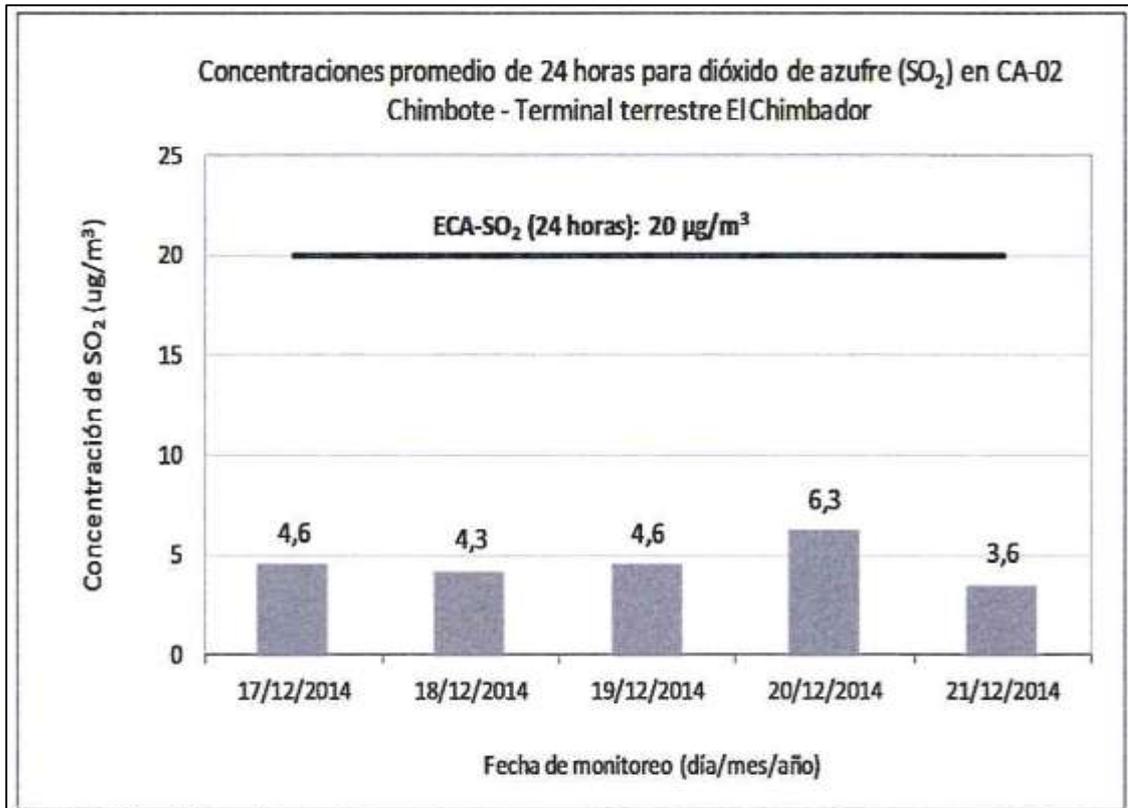
MODELO KB-1000
s/n 1409007
07 Mar 2016

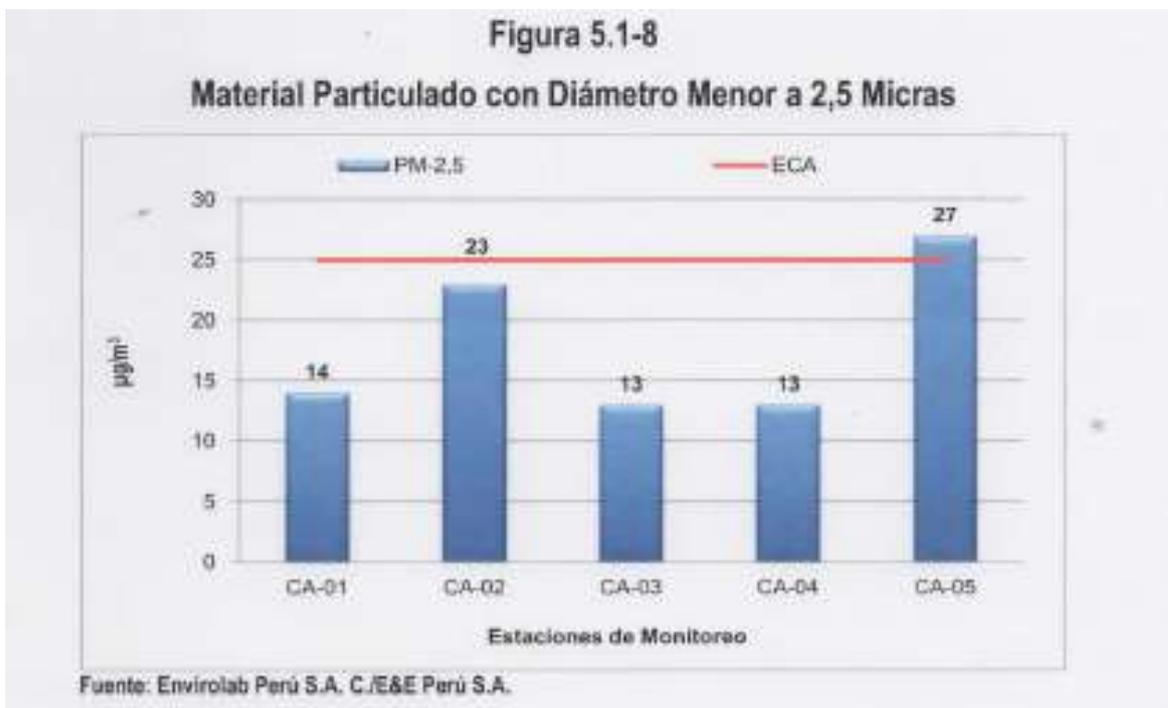
2 de 3



Anexo N° 4.

Informe de ensayo del laboratorio año 2014.





Informe de ensayo del laboratorio año 2016.

Código	CA-01		
Monitoreo	Calidad de aire		
Lugar	Policlínico Víctor Panta Rodríguez UBAP-ESSALUD		
Descripción	Av. Industrial, 3er Piso (azotea). Zona central con vista a la Av. Industrial		
UTM WGS 84	Norte	8 996 897	
	Este	764 4112	
	Altitud msnm	28	
Fecha / hora	01/09/2016 12:53:00 Horas		

Código	CA-02		
Monitoreo	Calidad de aire		
Lugar	Terminal terrestre El Chimbador		
Descripción	Techo de Sub gerencia de terminal terrestre. Al costado del puente peatonal sobre Panamericana		
UTM WGS 84	Norte	9 992 702	
	Este	768 430	
	Altitud msnm	21	
Fecha / hora	01/09/2016 16:00:00 Horas		

Código	CA-03		
Monitoreo	Calidad de aire		
Lugar	Esquina José Gálvez con José Olaya		
Descripción	Sobre techo del 2do piso de comercio, con vista a la Av. José Gálvez		
UTM WGS 84	Norte	8 996 292	
	Este	765 029	
	Altitud msnm	24	
Fecha / hora	01/09/2016 17:00:00 Horas		

Tabla 3. Resultados de calidad de aire en la estación CA-01

POLUTO	PERIODO DE MUESTREO					CONCENTRACIONES ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{Std}$) ⁽¹⁾	
	FECHA		HORA			ESTACION	ECA
	INICIO	TERMINO	INICIO	FINAL	TIEMPO		
CO	01/09/2016	01/09/2016	12:57 horas	20:57 horas	8 h	<638.0	10000
NO ₂	01/09/2016	01/09/2016	12:57 horas	13:57 horas	1 h	137.08	250
SO ₂	01/09/2016	02/09/2016	12:57 horas	12:57 horas	24 h	<12.00	80 ⁽²⁾
H ₂ S	01/09/2016	02/09/2016	12:57 horas	12:57 horas	24 h	<2.305	150
PM2.5	01/09/2016	02/09/2016	12:57 horas	12:57 horas	24 h	44.39	25

(1) Unidades en Microgramos de gas por cada METRO CUBICO ESTANDAR DE AIRE a 101.325 KPa de presión atmosférica y 25°C de temperatura.
(2) DS 006-2013-MINAM. Disposiciones complementarias para la aplicación del ECA de aire, para el SO2 en 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Informe de Ensayo Envirotec N°162374. Informe técnico MI-09-2016-MPS

Tabla 4. Resultados de calidad de aire en la estación CA-02

POLUTO	PERIODO DE MUESTREO					CONCENTRACIONES ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{Std}$) ⁽¹⁾	
	FECHA		HORA			ESTACION	ECA
	INICIO	TERMINO	INICIO	FINAL	TIEMPO		
CO	01/09/2016	02/09/2016	16:00 h	00:00 h	8 h	<622.4	10000
NO ₂	01/09/2016	01/09/2016	16:00 h	17:00 h	1 h	216.86	250
SO ₂	01/09/2016	02/09/2016	16:00 h	16:00 h	24 h	<11.71	80 ⁽²⁾
H ₂ S	01/09/2016	02/09/2016	16:00 h	16:00 h	24 h	<2.248	150
PM2.5	01/09/2016	02/09/2016	16:00 h	16:00 h	24 h	98.55	25

(1) Unidades en Microgramos de gas por cada METRO CUBICO ESTANDAR DE AIRE a 101.325 KPa de presión atmosférica y 25°C de temperatura.
(2) DS 006-2013-MINAM. Disposiciones complementarias para la aplicación del ECA de aire, para el SO2 en 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Informe de Ensayo Envirotec N°162374. Informe técnico MI-09-2016-MPS

Tabla 5. Resultados de calidad de aire en la estación CA-03

POLUTO	PERIODO DE MUESTREO					CONCENTRACIONES ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{Std}$) ⁽¹⁾	
	FECHA		HORA			ESTACION	ECA
	INICIO	TERMINO	INICIO	FINAL	TIEMPO		
CO	01/09/2016	02/09/2016	17:00 h	01:00 h	8 h	<634.9	10000
NO ₂	01/09/2016	01/09/2016	17:00 h	18:00 h	1 h	39.33	250
SO ₂	01/09/2016	02/09/2016	17:00 h	17:00 h	24 h	<11.94	80 ⁽²⁾
H ₂ S	01/09/2016	02/09/2016	17:00 h	17:00 h	24 h	<2.294	150
PM2.5	01/09/2016	02/09/2016	17:00 h	17:00 h	24 h	87.82	25

(1) Unidades en Microgramos de gas por cada METRO CUBICO ESTANDAR DE AIRE a 101.325 KPa de presión atmosférica y 25°C de temperatura.
(2) DS 006-2013-MINAM. Disposiciones complementarias para la aplicación del ECA de aire, para el SO2 en 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente: Informe de Ensayo Envirotec N°162374. Informe técnico MI-09-2016-MPS

Anexo N° 5.

Panel fotográfico.

Estación de monitoreo ubicada frente a Sider PERU.



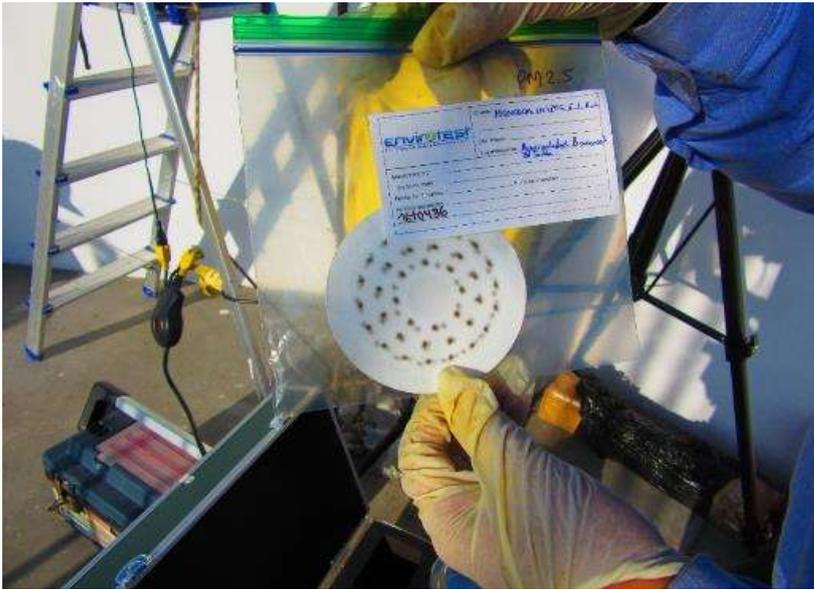
Estación de monitoreo ubicada en Jr. Espinar.



Estación de monitoreo ubicada en el terminal terrestre El Chimbador.



Recolección de muestras del material particulado y dióxido de azufre.



Anexo N° 6.

Decreto Supremo N° 074-2001-PCM.

DECRETO SUPREMO N° 074-2001-PCM

REGLAMENTO DE ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 2° inciso 22) de la Constitución Política del Perú establece que es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, el Artículo 67° de la Constitución Política del Perú señala que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales;

Que la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, establece la responsabilidad del Estado de promover el aprovechamiento sostenible de la atmósfera y su manejo racional, teniendo en cuenta su capacidad de renovación;

Que, el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, en su Título Preliminar, Artículo 1° establece que es obligación de todos la conservación del ambiente y consagra la obligación del Estado de prevenir y controlar cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que puedan interferir con el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad;

Que, siendo los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, un instrumento de gestión ambiental prioritario para prevenir y planificar el control de la contaminación del aire sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible,

Que, de conformidad con el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, Decreto Supremo N° 044-98-PCM, se aprobó el Programa Anual 1999, para Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, conformándose el Grupo de Estudio Técnico Ambiental "Estándares de Calidad del Aire" - GESTA AIRE, con la participación de 20 instituciones públicas y privadas que ha cumplido con proponer los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire bajo la coordinación del Consejo Nacional del Ambiente;

Que, con fecha 8 de diciembre de 1999, fue publicada en El Peruano la Resolución Presidencial N° 078-99-CONAM-PCD, conteniendo la propuesta de Estándares nacionales de calidad ambiental del aire acompañada de la justificación correspondiente, habiéndose recibido observaciones y sugerencias

las que se han incorporado dentro del proyecto definitivo, el que fue remitido a la Presidencia de Consejo de Ministros;

Que, el presente Reglamento ha sido consultado con el sector privado y la sociedad civil por más de dos años, desde su formulación técnica hasta su aprobación político-institucional con el objeto de lograr el consenso de los sectores empresariales pesqueros, mineros e industriales, incluyendo a las organizaciones no gubernamentales especializadas en medio ambiente, así como las instituciones públicas vinculadas a la calidad del aire, lográndose así el equilibrio entre los objetivos de protección de la salud como el de tener reglas claras para la inversión privada en el mediano y largo plazo;

Que, la Comisión Ambiental Transectorial ha analizado a profundidad el contenido del presente reglamento en sus aspectos técnico-ambientales, competencias institucionales y estrategia de aplicación, habiendo aprobado por consenso su contenido y recomienda que el Consejo de Ministros apruebe la presente norma;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8) del Artículo 118° de la Constitución Política del Perú y el inciso 2) del Artículo 3° Decreto Legislativo N° 560, Ley del Poder Ejecutivo; y,

Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros;

SE DECRETA:

Artículo 1°.- Apruébese el "Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire" el cual consta de 5 títulos, 28 artículos, nueve disposiciones complementarias, tres disposiciones transitorias y 5 anexos, los cuales forman parte del presente Decreto Supremo.

Artículo 2°.- Quedan derogadas todas las normas que se opongan al presente Decreto Supremo.

Artículo 3°.- El presente Decreto Supremo será refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros.

Dado en la Casa de Gobierno en Lima, a los veintidós días del mes de junio del año dos mil uno.

VALENTIN PANIAGUA CORAZAO
Presidente Constitucional de La Republica

JUAN INCHAUSTEGUI VARGAS
Ministro de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones
Comerciales Internacionales Encargado de la Presidencia
del Consejo De Ministros

Anexo 1- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire
(Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico. NE significa no exceder)

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DE ANALISIS ^[1]
		VALOR	FORMATO	
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	
Monóxido de Carbono	8 horas	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	1 hora	30000	NE más de 1 vez/año	
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimiluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)
Plomo	Anual ^[2]			Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Mensual	1.5	NE más de 4 veces/año	
Sulfuro de Hidrógeno	24 horas ²			Fluorescencia UV (método automático)

^[1] O método equivalente aprobado

^[2] A determinarse según lo establecido en el Artículo 5 del presente reglamento

Anexo 2
Valores de tránsito

CONTAMINANTE	PERIODO	FORMA DEL ESTÁNDAR		METODO DE ANÁLISIS
		VALOR	FORMATO	
Dióxido de Azufre	Anual	100	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
PM-10	Anual	80	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 horas	200	NE más de 3 veces/año	
Dióxido de Nitrógeno	1 hora	250	NE más de 24 veces/año	Quimiluminiscencia (Método automático)
Ozono	8 horas	160	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)

Anexo 3
Valores Referenciales

CONTAMINANTE	PERIODO	FORMA DEL ESTÁNDAR	METODO DE ANÁLISIS
		VALOR	
PM-2.5	Anual	15	Separación inercial/ filtración (gravimetría)
	24 horas	65	

Anexo 4
Zonas de Atención Prioritaria

1. Arequipa
2. Chiclayo
3. Chimbote
4. Cusco
5. Huancayo
6. Ilo
7. Iquitos
8. La Oroya
9. Lima-Callao
10. Pisco
11. Piura
12. Trujillo
13. Pasco

Anexo N° 7.

Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM.



DECRETO SUPREMO N° 003 - 2008 - MINAM

APRUEBAN ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AIRE

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611- Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, estableciendo el literal d) de su artículo 7° como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), debiéndose aprobar mediante Decreto Supremo;

Que, los ECA se refieren a valores que no representen riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente, siendo que el concepto de valor guía de la calidad del aire, desarrollado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se refiere al valor de la concentración de los contaminantes en el aire por debajo del cual la exposición no representa un riesgo significativo para la salud;

Que, el numeral 33.2 del Artículo 33° de la Ley N° 28611, establece que la Autoridad Ambiental Nacional, en el proceso de elaboración de los ECA, LMP y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental debe tomar en cuenta los establecidos por la Organización Mundial de la Salud o las entidades de nivel internacional especializadas en cada uno de los temas ambientales;



Que, asimismo, el numeral 33.4 del Artículo 33° de la mencionada Ley, establece que en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de acuerdo a lo establecido en el Cronograma de Priorizaciones para la aprobación progresiva de ECA y LMP, aprobado por Decreto de Consejo Directivo del Consejo Nacional del Ambiente N° 029-2006-CONAM/CD, se elaboró la propuesta de los ECA a aprobarse, tomando en consideración las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y la opinión de los sectores involucrados;

Que, de conformidad con lo previsto en el Decreto Supremo N° 033-2007-PCM se han llevado a cabo los procesos de Consulta Pública aprobados por Resoluciones Presidenciales N°s 036 y 038-2008-CONAM/PCD, así como los talleres de coordinación interinstitucional realizados los días 24 de abril, 21 de mayo y 4 de agosto del presente año, por lo que se recibió la opinión de los Ministerios de Salud, Producción, Vivienda y Construcción, Transportes y Comunicaciones y Energía y Minas; todos los Gobiernos Regionales; diversas Municipalidades y representantes de la sociedad civil, bajo el proceso de consulta pública;

Que la Segunda Disposición Transitoria del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, mediante el cual se aprobó el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, establece que el valor del estándar nacional de calidad ambiental del aire de Dióxido de Azufre (SO₂) para veinticuatro horas debe ser revisado en el período que se requiera, de detectarse que tienen un impacto negativo sobre la salud en base a estudios y evaluaciones continuas;

Que, tomando en consideración las nuevas evidencias halladas por la Organización Mundial de la Salud, resulta necesario aprobar nuevos Estándares de Calidad Ambiental de Aire para el Dióxido Azufre, los mismos que entrarán en vigencia a partir del primero de enero del 2009, así como establecer Estándares Ambientales de Calidad de Aire para Benceno, Hidrocarburos Totales, Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras e Hidrógeno Sulfurado;

De conformidad con lo establecido en la Ley N° 28611- Ley General del Ambiente y el Decreto Legislativo N° 1013 que aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Aprobar los Estándares de Calidad Ambiental para Aire que se encuentran contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo.

Artículo 2°.- Normas complementarias

El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire y para la correspondiente adecuación de los Límites Máximos Permisibles.



Artículo 3°.- Vigencia de Estándares de Calidad Ambiental para Aire establecidos para el dióxido de azufre

Los Estándares de Calidad Ambiental para Aire establecidos para el Dióxido de Azufre en el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM mantienen su vigencia hasta el 31 de diciembre de 2008.



Conforme a lo establecido en el Anexo I del presente Decreto Supremo, los nuevos Estándares de Calidad Ambiental establecidos para el Dióxido de Azufre entrarán en vigencia a partir del primero de enero del 2009.

Artículo 4°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.



Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintiún días del mes de agosto del año dos mil ocho.

Antonio José Brack Egg
MINISTRO DEL AMBIENTE

ANEXO 1

TABLA 1

ESTANDAR DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL DIÓXIDO DE AZUFRE SO₂

Parámetro	Periodo	Valor µg/m ³	Vigencia	Formato	Método de análisis
Dióxido de azufre (SO ₂)	24 horas	80	1 de enero de 2009	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	20	1 de enero del 2014		

TABLA 2

ESTANDAR DE CALIDAD AMBIENTAL PARA COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV); HIDROCARBUROS TOTALES (HT); MATERIAL PARTICULADO CON DIÁMETRO MENOR A 2,5 MICRAS (PM_{2.5})

Parámetro	Periodo	Valor	Vigencia	Formato	Método de análisis
Benceno ¹	Anual	4 µg/m ³	1 de enero de 2010	Media aritmética	Cromatografía de gases
		2 µg/m ³	1 de enero de 2014		
Hidrocarburos Totales (HT) Expresado como Hexano	24 horas	100 mg/m ³	1 de enero de 2010	Media aritmética	Ionización de la llama de hidrógeno
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2.5})	24 horas	50 µg/m ³	1 de enero de 2010	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)
	24 horas	25 µg/m ³	1 de enero de 2014	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)
Hidrógeno Sulfurado (H ₂ S)	24 horas	150 µg/m ³	1 de enero de 2009	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)



¹ Único Compuesto Orgánico Volátil regulado (COV)

Anexo N° 8.

Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM.

AMBIENTE

Aprueban Disposiciones Complementarias para la aplicación de Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de Aire

DECRETO SUPREMO
N° 006-2013-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

planes destinados a la mejora de la calidad ambiental o la prevención de daños inevitables en zonas vulnerables o en las que se sobrepasen los ECA, y vigila según sea el caso, su fiel cumplimiento.

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, el MINAM tiene como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), debiendo ser aprobados o modificados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM se aprobó el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, estableciéndose en su Segunda Disposición Transitoria que el valor del estándar nacional de calidad ambiental del aire de dióxido de azufre (24 horas), será revisado en el periodo que se requiera cuando se determine que genera un impacto negativo sobre la salud, en base a estudios y evaluaciones continuas;

Que, en ese contexto, se emitió el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM, que aprueba el estándar de calidad ambiental de aire para Dióxido de Azufre (SO₂), precisándose un valor diario de 80 ug/m³, a partir del primero del 01 de enero de 2009; y, un valor diario de 20 ug/m³, a partir del 01 de enero de 2014;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 225-2012-MINAM, de fecha 26 de agosto de 2012, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el periodo 2012 - 2013, en el que se considera la actualización del Reglamento del ECA para Aire, la revisión de los LMP de emisiones para las actividades minero-metalúrgicas, y la elaboración de LMP de emisiones de actividades de generación, transmisión y distribución eléctricas;

Que, como consecuencia de los monitoreos de calidad ambiental del aire realizados, se ha determinado la situación actual respecto al estándar de calidad ambiental de aire para dióxido de azufre en las zonas de atención prioritarias, establecidas por el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, siendo necesario aprobar disposiciones complementarias para su aplicación;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el artículo 118° de la Constitución Política del Perú.

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Disposiciones Complementarias para la Aplicación del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de Aire para Dióxido de Azufre (SO₂)

Apruébese las Disposiciones Complementarias para la Aplicación del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de

Aire para Dióxido de Azufre (SO₂), que como Anexo forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2°.- Vigencia

El presente Decreto Supremo entrará en vigencia al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 3°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciocho días del mes de junio del año dos mil trece.

OLLANTA HUMALA TASSO

Presidente Constitucional de la República

MANUEL PULGAR VIDAL

Ministro del Ambiente

ANEXO

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS PARA LA APLICACIÓN DEL ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) DE AZUFRE

Artículo 1°.- Objeto

El presente Decreto Supremo tiene por objeto establecer disposiciones complementarias para la aplicación del Estándar de Calidad Ambiental de Aire para Dióxido de Azufre (SO₂) aprobado mediante Decreto Supremo N° 005-2008-MINAM.

Artículo 2°.- Aplicación del ECA de Aire para Dióxido de Azufre (SO₂)

2.1 En aquellas ciudades o zonas en las que el Ministerio del Ambiente establezca que como resultado de los monitoreos ambientales continuos y representativos realizados en los doce meses anteriores al 01 de enero de 2014, registren valores diarios menores o iguales a 20 ug/m³ de dióxido de azufre (SO₂) en el aire, se deberán continuar las acciones y desarrollar las medidas de prevención que permitan mantener las concentraciones por debajo del valor antes señalado. Los proyectos nuevos a realizarse en estas zonas cumplirán con lo dispuesto en el 2.4 del presente decreto supremo.

2.2 En aquellas ciudades o zonas en las que el Ministerio del Ambiente establezca que, como resultado de los monitoreos ambientales continuos y representativos de los últimos doce meses anteriores al 01 de enero de 2014, registren valores diarios superiores a 20 ug/m³ de dióxido de azufre (SO₂) en el aire, se deberán considerar dentro de los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de sus cuencas atmosféricas las acciones, metas, plazos y mecanismos de adecuación que se requieren para lograr que dichas concentraciones se reduzcan de manera gradual y progresiva.

Para la determinación de las metas, plazos, cronogramas y mecanismos de reducción de concentraciones en los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire, se debe analizar la viabilidad y disponibilidad tecnológica, necesaria para prevenir y reducir las emisiones de dióxido de azufre, así como también, los límites máximos permisibles aplicables. Se considerará asimismo la comercialización de combustibles diesel con contenido de azufre menor a 50 ppm, acorde a lo establecido en la Ley N° 28894 y sus normas reglamentarias.

2.3 En las cuencas atmosféricas señaladas en el numeral 2.2 del presente artículo, en tanto se cumple la implementación de sus Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire, se mantendrá vigente, para todos los efectos administrativos incluyendo los procedimientos sancionadores, el Estándar de Calidad Ambiental de Aire para dióxido de azufre, cuyo valor diario es de 80 ug/m³.

2.4 Para el otorgamiento de la certificación ambiental de proyectos nuevos, los instrumentos de gestión ambiental incorporarán el análisis de la viabilidad y disponibilidad tecnológica que permitan prevenir y reducir las emisiones de dióxido de azufre. Los titulares presentarán un plan de manejo ambiental del nuevo proyecto sobre el análisis de la viabilidad y disponibilidad tecnológica. En los casos que el análisis y el plan respectivo determinen la inexistencia de tecnología disponible y viable, se aplicará para proyectos nuevos, lo dispuesto en el inciso precedente.

Los titulares de los proyectos nuevos determinarán como parte de su Instrumento de Gestión Ambiental, las concentraciones de contaminantes del aire que caracterizan sus actividades, considerando las áreas de su emplazamiento y de influencia. Los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de la cuenca atmosférica en la que se ubicará el proyecto, incorporarán las medidas de prevención y gestión de la calidad del aire derivadas de la certificación ambiental otorgada.

2.5 Complementariamente a lo señalado, los GESTA Zonal de Aire a que se refiere el inciso e) del artículo 3° del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, deberán formular y desarrollar las medidas de acción locales de los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire.

Artículo 3°.- Excedencias Anuales Permitidas respecto al valor diario del ECA de Aire para Dióxido de Azufre (SO₂)

Con la finalidad de considerar en el análisis de las concentraciones diarias de dióxido de azufre las distorsiones derivadas de eventos no habituales, establezcase un máximo de tres (03) días al año de excedencias permitidas respecto al valor diario del Estándar de Calidad Ambiental de Aire para Dióxido de Azufre vigente, dentro de un período anual de monitoreos ambientales continuos, sin perjuicio de lo establecido en el Decreto Supremo N° 009-2003-SA, Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire y sus modificatorias.

952143-1

Anexo N° 9.

Resolución Ministerial N° 181-2016- MINAM.


Resolución Ministerial
N° 181 -2016-MINAM
Lima, **14 JUL. 2016**

Visto, el Memorando N° 291-2016-MINAM/VMGA del Viceministerio de Gestión Ambiental; el Informe Técnico N° 0032-2016-MINAM/VMGA/DGCA/AIRE de la Dirección General de Calidad Ambiental; el Memorando N° 416-2016-MINAM/OAJ de la Oficina de Asesoría Jurídica; y demás antecedentes; y,

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, según el artículo 1 del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 2 del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente – MINAM, señala que el Ministerio del Ambiente es el organismo del Poder Ejecutivo cuya función general es diseñar, establecer, ejecutar y supervisar la política nacional y sectorial ambiental, asumiendo la rectoría con respecto a ella;

Que, de acuerdo al literal k) del artículo 7 del Decreto Legislativo acotado, el MINAM tiene como una de sus funciones específicas, promover y coordinar la adecuada gestión de los residuos sólidos, la protección de la calidad del aire y el control del ruido y de las radiaciones no ionizantes;

Que, el numeral 3 – Calidad del Aire – del Eje de Política 2: Gestión Integral de la Calidad Ambiental de la Política Nacional del Ambiente, aprobada por Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, señala como uno de los lineamientos de política, establecer medidas para prevenir y mitigar los efectos de los contaminantes del aire sobre la salud de las personas;

Que, el numeral 7.3 del acápite 7 "Acciones Estratégicas por Metas Priorizadas" del Plan Nacional de Acción Ambiental – PLANAA PERÚ 2011-2021, aprobado por Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM, establece que la acción estratégica referida a prevenir y controlar la contaminación atmosférica tiene como una de sus metas que el 60% de nuevas ciudades priorizadas implementen sus planes de acción para mejorar la calidad del aire y cumplan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire;



Que, con Decretos Supremos N° 074-2001-PCM, N° 069-2003-PCM y N° 003-2008-MINAM, se establecieron los Estándares de Calidad Ambiental del Aire;

Que, la Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente tiene como una de sus funciones diseñar y supervisar la aplicación de los instrumentos de prevención, de control y de rehabilitación ambiental relacionados con los residuos sólidos y peligrosos, el control y reuso de los efluentes líquidos, la calidad del aire, ruido, radiaciones no ionizantes, entre otros, conforme lo dispone el literal b) artículo 40 del Reglamento de Organización y Funciones, aprobado por Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM;

Que, de conformidad con el artículo 42 de la Ley N° 28611, las entidades públicas con competencias ambientales y las personas jurídicas que presten servicios públicos, tienen como una de sus funciones entregar al Ministerio del Ambiente la información ambiental que éstas generen, por considerarla necesaria para la gestión ambiental, la cual deberá ser suministrada al MINAM en el plazo que éste determine; la misma que a su vez será integrada al Sistema Nacional de Información Ambiental – SINIA;

Que, a través del informe del visto, se determina que es necesaria la creación del "Índice de Calidad del Aire – INCA" con la finalidad de dar a conocer a la población el estado actual de la calidad del aire, presentando la información de forma clara y amigable, para lo cual se constituye el Sistema de Información de Calidad del Aire – INFO AIRE PERÚ, como parte del SINIA, con el objetivo de fomentar el interés por la preservación de un aire limpio, y sensibilizar a los tomadores de decisiones en la implementación de las acciones pertinentes que conlleven a la mejora en sus respectivas ciudades;

Que, en el marco de lo dispuesto en el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, la propuesta normativa fue sometida a consulta, recibiendo aportes y comentarios; por lo que, corresponde emitir el presente acto resolutivo;

Con el visado del Viceministerio de Gestión Ambiental, de la Secretaría General, de la Dirección General de Calidad Ambiental, de la Dirección General de Investigación e Información Ambiental y de la Oficina de Asesoría Jurídica; y,

De conformidad con lo dispuesto en el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; y el Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Establecer el Índice de Calidad del Aire – INCA, detallado en el Anexo que forma parte integrante de la presente Resolución Ministerial.

Artículo 2.- Crear el Sistema de Información de Calidad del Aire – INFO AIRE PERÚ, como parte del Sistema Nacional de Información Ambiental – SINIA, que consolida y difunde la información de calidad del aire que producen las instituciones públicas y privadas a través de mecanismos directos o registros históricos.

Artículo 3.- Disponer la publicación de la presente Resolución Ministerial en el Diario Oficial El Peruano. La resolución y su anexo son publicados, asimismo, en el Portal de Transparencia Estándar del Ministerio del Ambiente.

Regístrese, comuníquese y publíquese.


Manuel Pulgar-Vidal Otálora
Ministro del Ambiente



ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE

1. VALORES DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (INCA)

El Índice de Calidad del Aire (INCA) tiene un valor óptimo comprendido entre 0 y 100, el cual coincide con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire.

Para un mejor entendimiento, el INCA se divide en 4 categorías o calificaciones de la calidad del aire. La banda de color verde comprende valores del INCA de 0 a 50 y significa que la calidad del aire es buena, la banda de color amarillo comprende valores de 51 a 100 e indica una calidad moderada del aire; la banda de color anaranjado se encuentra comprendida entre los valores 101 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) de cada contaminante, lo que nos indica que la calidad del aire es mala; finalmente el color rojo de la cuarta banda nos indica que la calidad del aire es mayor al valor umbral del estado de cuidado del contaminante, a partir de este valor corresponde la aplicación de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales por parte de la autoridad de Salud. La Tabla 1 muestra los valores del INCA, con las 4 calificaciones y los colores utilizados para cada caso.

Tabla 1
Valores del Índice de Calidad del Aire

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

*VUEC: Valor umbral del estado de cuidado

2. CUIDADOS Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la calificación del INCA la población sensible y población en general deberán tomar en cuenta los cuidados y recomendaciones que se muestran en la tabla 2:

Tabla 2
Cuidados y Recomendaciones del Índice de Calidad del Aire

CALIFICACIÓN	CUIDADOS	RECOMENDACIONES
Buena	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre.
Moderada	La población sensible (niños, tercera edad, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares) podrían experimentar algunos problemas de salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para la población sensible.
Mala	La población sensible podría experimentar problemas de salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.



Umbral de cuidado	La concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población sensible, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares.	Reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de Estados de Alerta de acuerdo al Decreto Supremo N° 009-2003-SA y su modificatoria Decreto Supremo N° 012-2005-SA.
--------------------------	---	--

3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (INCA)

Los valores del Índice de Calidad del Aire (INCA) fueron calculados tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de Aire y como rango final, el valor umbral de aplicación de los Niveles de Estados de Alerta. El INCA se elaborará sobre la base de información de calidad del aire que se genere en las zonas de atención prioritaria.

La determinación matemática del INCA para cada contaminante (INCA = "I" en las ecuaciones), se basa en una relación entre el valor registrado de la concentración del contaminante (indicado entre corchetes []) y su correspondiente valor del estándar de calidad ambiental para cada caso. La información se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Cálculo del Índice de Calidad del Aire por contaminante

Material particulado (PM10) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación
0 – 50	0-75	$I(\text{PM}_{10}) = [\text{PM}_{10}] * 100/150$
51 – 100	76-150	
101 – 167	151-250	
>167	>250	

Dióxido de azufre (SO ₂) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación
0 – 50	0-10	$I(\text{SO}_2) = [\text{SO}_2] * 100/20$
51 – 100	11-20	
101 – 625	21-500	
>625	>500	

Monóxido de carbono (CO) promedio 8 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación
0 – 50	0-5049	$I(\text{CO}) = [\text{CO}] * 100/10000$
51 – 100	5050-10049	
101 – 150	10050-15049	
>150	>15050	



Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m ³)	Ecuación
0 – 50	0-75	I (H ₂ S)= [H ₂ S] * 100/150
51 – 100	76-150	
101 – 1000	151-1500	
>1000	>1500	

Material particulado (PM2.5) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m ³)	Ecuación
0 – 50	0 -12.5	I (PM2.5)= [PM2.5] * 100/25
51 – 100	12.6-25	
101 – 500	25.1-125	
>500	>125	

Ozono (O ₃) promedio 8 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m ³)	Ecuación
0 – 50	0-60	I (O ₃)= C[O ₃] * 100/120
51 – 100	61-120	
101 – 175	121-210	
>175	>210	

Dióxido de nitrógeno (NO ₂) promedio 1 hora		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones (µg/m ³)	Ecuación
0 – 50	0-100	I (NO ₂)= [NO ₂] * 100/200
51 – 100	101-200	
101 – 150	201-300	
>150	>300	



Los índices han sido establecidos en base a promedio móvil para exposiciones de corto plazo (1 hora, 8 horas, 24 horas); en el caso del monóxido de carbono que tiene dos exposiciones de corto plazo (1 hora y 8 horas) se ha optado por determinar el índice para 8 horas.

Para el caso del ozono (O₃) se ha asumido como valor umbral de alerta, un valor de 210 µg/m³ para 8 horas, establecido por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América.

Para el material particulado PM2.5, el valor umbral de alerta corresponde al 50% del valor PM10, tal como lo establece las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), es decir 125 µg/m³ para 24 horas.

Para dióxido de nitrógeno (NO_2) se ha utilizado como valor umbral un valor adicional de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sobre el ECA, el cual se obtiene usando la relación de ECA/umbral de alerta de los contaminantes: PM_{10} , SO_2 y CO .

No se consideran los contaminantes plomo (Pb), hidrocarburos totales (HT) y benceno dentro del INCA, porque a la fecha no se cuenta con información continua de monitoreo de estos parámetros.

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Contaminantes Primarios: Son aquellos contaminantes que proceden directamente de las fuentes de emisión. Ejemplo: plomo (Pb), monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC), material particulado (PM), entre otros.

Contaminantes Secundarios: Aquellos originados en el aire por la interacción entre dos o más contaminantes primarios, o por sus reacciones con los componentes naturales de la atmósfera. Ejemplo: ozono (O_3), peroxiacetil-nitrato (PAN), sulfatos (SO_4), nitratos (NO_3), ácido sulfúrico (H_2SO_4), material particulado (PM), entre otros.

Promedio Móvil de "n" horas: Indica la media aritmética de "n" concentraciones horarias de un determinado contaminante, a partir de una hora de interés y considerando las n-1 horas consecutivas previas.

Población sensible: Personas que comprenden grupos etáreos menores de cinco años, mayores de 65 años; madres gestantes; personas con enfermedades respiratorias de carácter crónico (asma, rinitis alérgica, enfermedad pulmonar obstructiva, etc.) y cardiovasculares.



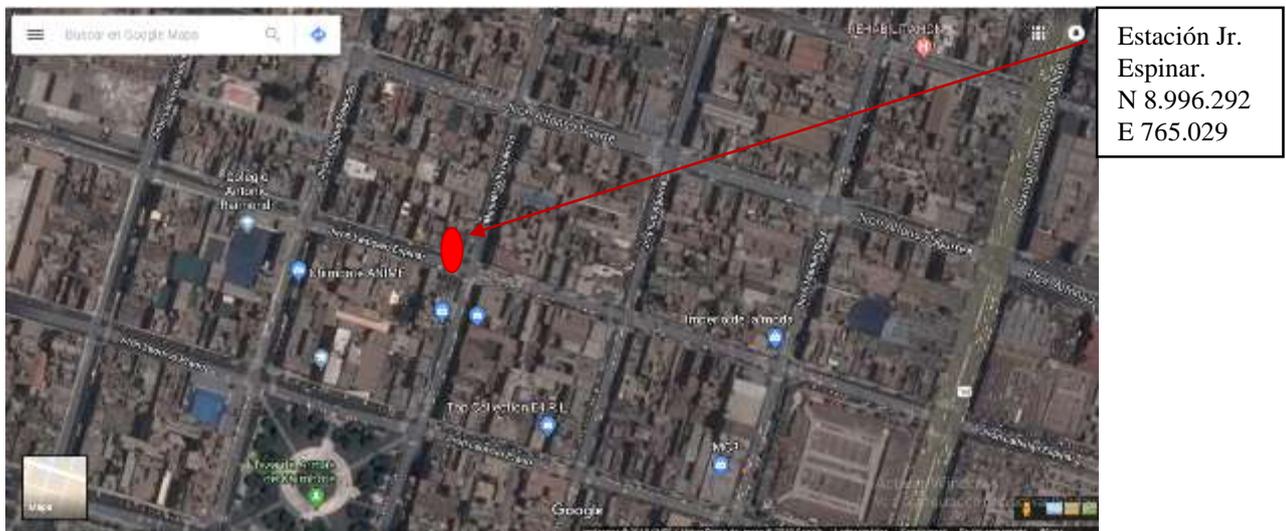
Anexo N° 10.

Ubicación de las estaciones de monitoreo

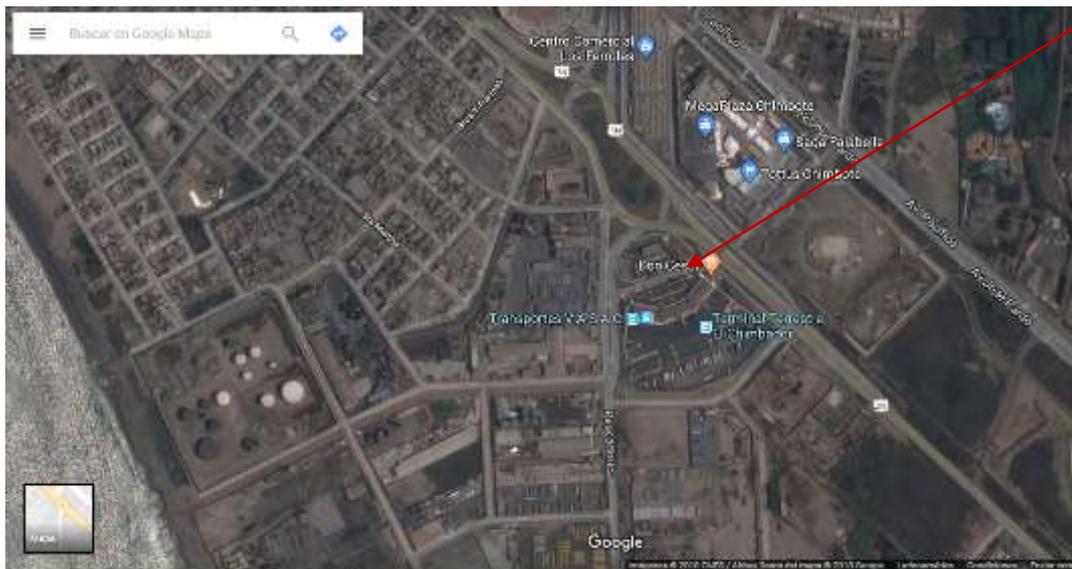
Estación de monitoreo frente Sider Perú.



Estación de monitoreo Jr. Espinar cuadra 7.



Estación de monitoreo de terminal terrestre El Chimbador.



Estación
Terminal
Terrestres
N 9.992.702
E 768.430