



UNAP



FACULTAD DE AGRONOMÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

**EMISIONES DE CONTAMINANTES PRIMARIOS DE ELECTRO-ORIENTE
Y SU EFECTO EN LA SALUD AMBIENTAL DE LOS MORADORES DE
LA ZONA IQUITOS 2022**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA EN CIENCIAS EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTADO POR: LETICIA GATICA SABOYA DE MACEDO

**ASESORES: ING. AGRON. ARMANDO VÁSQUEZ MATUTE, DR.
ING. FORES. ARTURO TOMÁS MACEDO RAMÍREZ, MSC.**

IQUITOS, PERÚ

2024



UNAP



FACULTAD DE AGRONOMÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

**EMISIONES DE CONTAMINANTES PRIMARIOS DE ELECTRO-ORIENTE
Y SU EFECTO EN LA SALUD AMBIENTAL DE LOS MORADORES DE
LA ZONA IQUITOS 2022**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA EN CIENCIAS EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTADO POR: LETICIA GATICA SABOYA DE MACEDO

**ASESORES: ING. AGRON. ARMANDO VÁSQUEZ MATUTE, DR.
ING. FORES. ARTURO TOMÁS MACEDO RAMÍREZ, MSC.**

IQUITOS, PERÚ

2024

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**
N°017-2024-OAA-EPG-UNAP

En Iquitos en la Escuela de Postgrado (EPG) de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP) a los treinta y un días del mes de enero de 2024 a las 11:00 a.m, se dió inicio a la sustentación de la tesis denominada "EMISIONES DE CONTAMINANTES PRIMARIOS DE ELECTRO-ORIENTE Y SU EFECTO EN LA SALUD AMBIENTAL DE LOS MORADORES DE LA ZONA IQUITOS 2022", aprobado con Resolución Directoral N°1576-2023-EPG-UNAP, presentado por la egresada LETICIA GATICA SABOYA DE MACEDO, para optar el Grado Académico de Maestra en Ciencias en Gestión Ambiental, que otorga la UNAP de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y el Estatuto de la UNAP.

El jurado calificador designado mediante Resolución Directoral N°0622-2023-EPG-UNAP, esta conformado por los profesionales siguientes:

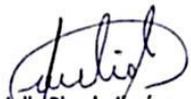
Ing. Agron. Ana María Rengifo Panduro, Dra. (Presidenta)
Ing. Agron. Rafael Chávez Vásquez, Dr. (Miembro)
Ing. Agron. Julio Pinedo Jiménez, Dr. (Miembro)

Después de haber escuchado la sustentación y luego de formuladas las preguntas, éstas fueron respondidas: Satisfactoriamente

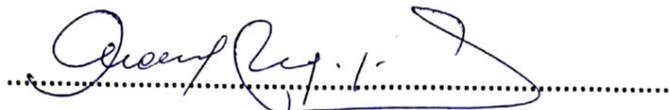
Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y a la sustentante abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al resultado siguiente:

La sustentación pública y la tesis ha sido: aprobada con calificación Buena.

A continuación, la Presidenta del Jurado da por concluida la sustentación, siendo las 13 horas del treinta y uno de enero de 2024; con lo cual, se le declara a la sustentante apta, para recibir Grado Académico de Maestra en Ciencias en Gestión Ambiental.

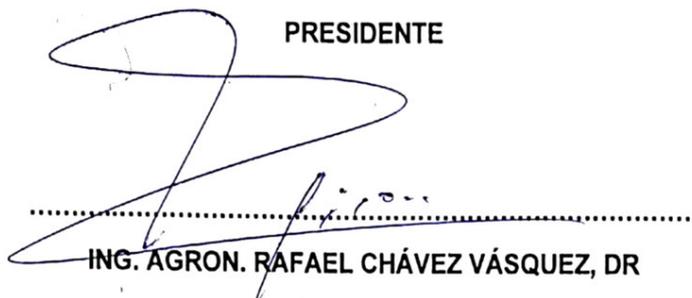

Ing. Agron. Ana María Rengifo Panduro, Dra.
Presidenta
Ing. Agron. Rafael Chávez Vásquez, Dr.
Miembro
Ing. Agron. Julio Pinedo Jiménez, Dr.
Miembro
Ing. Agron. Armando Vásquez Matute, Dr.
Asesor
Ing. Fores. Arturo Tomas Macedo Ramirez, MSc.
Asesor

TESIS APROBADA EN SUSTENTACIÓN PÚBLICA EL DÍA 31 DE ENERO DEL 2024 EN EL AUDITORIO DE LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA EN LA CIUDAD DE IQUITOS, PERÚ.



ING. AGRON. ANA MARÍA RENGIFO PANDURO, DRA

PRESIDENTE



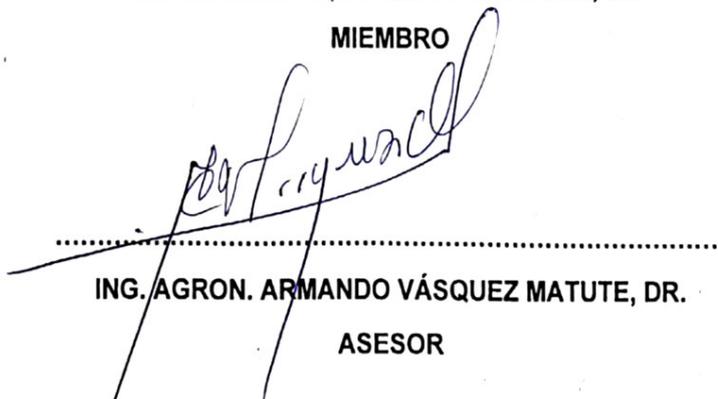
ING. AGRON. RAFAEL CHÁVEZ VÁSQUEZ, DR

MIEMBRO



ING. AGRON. JULIO PINEDO JIMÉNEZ, DR

MIEMBRO



ING. AGRON. ARMANDO VÁSQUEZ MATUTE, DR.

ASESOR



ING. FORES. ARTURO TOMÁS MACEDO RAMÍREZ, MSC.

ASESOR

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS MAESTRÍA - GATICA SABOYA DE
MACEDO LETICIA.pdf**

RECUENTO DE PALABRAS

8530 Words

RECUENTO DE PÁGINAS

47 Pages

FECHA DE ENTREGA

Feb 22, 2023 3:31 PM GMT-5

RECUENTO DE CARACTERES

43306 Characters

TAMAÑO DEL ARCHIVO

628.7KB

FECHA DEL INFORME

Feb 22, 2023 3:32 PM GMT-5**● 16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Dedico este trabajo a Dios, a mi padre Winston G. C. A mi madre Juana M. S. R. y hermanos Cinthia G. S., Anderson G. S. e Iris G. S. A mi esposo Arturo T. M. R. y mis hijas Arlet Sofía Macedo Gatica y Mía Valentina Macedo Gatica por ser mi soporte.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a toda mi familia, por apoyarme y encaminarme a seguir adelante en mi carrera profesional.

Agradecimiento al Ing. Armando Vásquez Matute, Dr., mi más profundo agradecimiento por su paciencia y orientación durante el tiempo que dedicó al asesoramiento del presente estudio de investigación.

Agradecimiento al Ing. Arturo Tomás Macedo Ramírez, MSc, por los conocimientos impartidos para la elaboración de este estudio de investigación.

Agradecimiento a la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, directivos y profesores por la organización del programa de Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Páginas
Carátula	i
Contracarátula	ii
Acta de Sustentación	iii
Jurado	iv
Resultado del informe de similitud	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice de contenidos	viii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Resumen	xi
Abstract	xii
INTRODUCCIÓN	01
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	03
1.1. Antecedentes	14
1.2. Bases Teóricas	33
1.3. Definición de términos básicos	09
CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS	38
2.1. Variables y su operacionalización	38
2.2. Formulación de la hipótesis	39
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	40
3.1. Tipo y diseño de la investigación	40
3.2. Población y muestra	40
3.3. Técnicas e instrumentos	42
3.4. Procedimientos de recolección de datos	43
3.5. Técnicas de procesamientos y análisis de los datos	44
3.6. Aspectos éticos	45
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	46
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	59
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	67
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES	68
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES	69
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	
1. Estadísticos descriptivos de los cinco contaminantes evaluados de acuerdo al grupo Warsilla	
2. Resultados de coeficiente de correlación (r) entre contaminante Monóxido de carbono (CO) Vs. Salud ambiental, indicador afecciones	
3. Resultados de coeficiente de correlación (rs) entre contaminante Monóxido de carbono (CO) Vs. Salud ambiental, indicador afecciones respiratorias	
4. Resultados de confiabilidad alfa de Crombach	
5. Prueba de comunalidad de validez interna instrumento Salud ambiental.	
6. Prueba de KMO y significancia	

ÍNDICE DE TABLAS

		Páginas
TABLA N°01	Estándares de calidad ambiental para aire.	15
TABLA N°02	Calidad Ambiental del Aire.	16
TABLA N°03	Composición del aire.	19
TABLA N°04	Ejemplos comunes de enfermedades o afecciones en las que puede influir la exposición a la contaminación del aire.	27
TABLA N°05	Resumen ejecutivo de contaminantes primarios	46
TABLA N°06	Resumen ejecutivo Indicador Afecciones respiratorias.	52
TABLA N°07	Resumen ejecutivo Indicador Afecciones oculares	55
TABLA N°08	resumen ejecutivo de las correlaciones entre elemento contaminante Vs. Salud ambiental.	59
TABLA N°09	Estadísticos descriptivos de los cinco contaminantes evaluados de acuerdo al grupo Warsilla.	78

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
FIGURA N°01	Lugar de ejecución de la investigación (Electro Oriente). 41
FIGURA N°02	Control Contaminante Monóxido de carbono (CO). 47
FIGURA N°03	Control Contaminante Monóxido de carbono (resumen de los tres grupos). 47
FIGURA N°04	Control contaminante Óxido de nitrógeno (NOx). 48
FIGURA N°05	Control contaminante Óxido de nitrógeno (resumen ejecutivo de los tres grupos warsilla). 48
FIGURA N°06	Control contaminante Óxido de azufre (SOx). 49
FIGURA N°07	Control óxido de azufre (resumen ejecutivo de los tres grupos). 49
FIGURA N°08	Control contaminante Hidrocarburo (HC). 50
FIGURA N°09	Control contaminante Hidrocarburos (resumen ejecutivo de los tres grupos). 50
FIGURA N°10	Control contaminante Elemento particulado. 51
FIGURA N°11	Control Contaminante elemento particulado (resumen ejecutivo de los tres grupos). 51
FIGURA N°12	Indicador Afecciones respiratorias a través de un diagrama clúster. 54
FIGURA N°13	Indicador Afecciones Oculares, a través de un diagrama clúster, preguntas del 2.1. al 2.6 y 2.10 y 2.11). 57
FIGURA N°14	Indicador Afecciones Oculares, a través de un diagrama clúster, preguntas: califique su visibilidad, califique su agudeza visual y su discernimiento de la luminosidad. 58

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la cantidad de contaminantes primarios que emiten la planta térmica de Iquitos y relacionarlo directamente con la salud ambiental de los moradores del entorno de Electro Oriente; siendo el problema que estos generadores liberan en su funcionamiento, efluentes, ruidos y emisiones de contaminantes estos últimos son emitidos a la atmósfera generando contaminación atmosférica, estos contaminantes son: Monóxido de carbono (CO), Óxido de azufre (SOx), Óxidos de nitrógeno (NOx), Hidrocarburos (HC), material particulado y Dióxido de carbono (CO₂) que constituyen los principales contaminantes primarios, causando efecto negativos en la salud de la población, en especial énfasis a los moradores que viven en los alrededores de la planta de Electro Oriente. Como hipótesis la emisión de gases contaminantes primarios expulsados por Electro Oriente, influye en la salud ambiental de los moradores del entorno de Electro Oriente, lo investigado se desprende que existe correlación directa entre el Monóxido de carbono (CO) vs. Salud ambiental indicador Afecciones oculares con un $r = ,427$ y un $rs = ,417$, afirmación válida hasta con 95 % de confianza, los otros indicadores como son Óxido de Nitrógeno (NOx), óxido de azufre (SOx) , Hidrocarburos (HC) y elementos particulado PM10, si bien es cierto hay correlación con los indicadores: afecciones respiratorias y afecciones oculares, pero no son significativas

Palabras clave: Contaminantes primarios; salud ambiental.

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the amount of primary pollutants emitted by the Iquitos thermal plant and relate it directly to the environmental health of the residents of the Electro Oriente environment; The problem being that these generators release in their operation, effluents, noise and emissions of pollutants, the latter are emitted into the atmosphere generating atmospheric pollution, these pollutants are: Carbon monoxide (CO), Sulfur oxide (SO_x), Nitrogen oxides (NO_x), Hydrocarbons (HC), particulate matter and Carbon dioxide (CO₂) that constitute the main primary pollutants, causing negative effects on the health of the population, especially the residents who live around the plant. Electro East. As a hypothesis, the emission of primary polluting gases expelled by Electro Oriente influences the environmental health of the residents of the Electro Oriente environment. The investigation shows that there is a direct correlation between Carbon Monoxide (CO) vs. Environmental health indicator Eye conditions with $r = .427$ and $r_s = .417$, statement valid up to 95% confidence, the other indicators such as Nitrogen Oxide (NO_x), Sulfur Oxide (SO_x), Hydrocarbons (HC) and PM10 particulate elements, although it is true there is a correlation with the indicators: respiratory conditions and eye conditions, but they are not significant

Keywords: Primary pollutants; Environmental health

INTRODUCCIÓN

Iquitos cuenta con una planta de energía eléctrica que está bajo la supervisión de Electro Oriente. Cuenta con cinco grupos Warsilla, que son los mismos que producen energía eléctrica y abastecen de fluido eléctrico a la ciudad de Iquitos. Los contaminantes del aire se clasifican en primarios y secundarios: los primarios son aquellos en los que una fuente emite directamente al ambiente, mientras que los secundarios se forman en el ambiente a través de reacciones químicas y fotoquímicas de los contaminantes primarios¹. A medida que estos generadores se degradan, liberan efluentes, ruidos y emisiones de contaminantes a la atmósfera, los cuales provocan la contaminación atmosférica. Estos contaminantes primarios incluyen monóxido de carbono (CO), óxido de azufre (SO) y óxido nitroso (NO_x).

Más del 60% de las enfermedades asociadas con infecciones respiratorias está vinculada con la exposición a la contaminación ambiental. Los contaminantes externos como el dióxido de azufre, ozono, óxido nítrico, monóxido de carbono y los compuestos orgánicos volátiles, provienen, sobre todo, de las emisiones de automotores y centrales eléctricas, de la quema al aire libre de desechos sólidos, del sector de la construcción y actividades relacionadas².

Las sustancias nocivas producidas por estos contaminantes son numerosas. Por ejemplo, el monóxido de carbono reemplaza el componente ardiente de la sangre con moderación, causando envenenamiento incluso en bajas concentraciones. Por el contrario, los óxidos de nitrógeno (NO_x) provocan enfermedades respiratorias y alérgicas, así como irritaciones oculares y nasales. A 13 ppm de NO_x, se pueden detectar irritaciones de los ojos y la nariz; si la concentración es mayor, puede incluso provocar la muerte. Por su parte, los hidrocarburos (HC) provocan irritación de los ojos además de otros síntomas como dolores de cabeza, de garganta e irritación ocular. Sus efectos siempre están influenciados por el tipo de oxidante y la duración de la exposición dependiendo del tamaño de las partículas, las partículas finas

pueden incluso penetrar en los pulmones y causar problemas de salud más graves.

Como se puede apreciar por los daños que pueden causar los elementos contaminantes primarios, que van desde dolores de cabeza, de estómago, infecciones respiratorias e incluso la muerte, aún no se ha realizado un estudio de este tipo en la ciudad de Iquitos, que sea el primero en determinar si la contaminación atmosférica, al menos en la zona y en las inmediaciones del campo eléctrico, está dañando o no la salud de las personas.

Sin embargo, cabe señalar que Electro Oriente no solo emite contaminantes a través de sus máquinas Warsilla; además existen otros gases que ya han sido mencionados como el dióxido de carbono (CO_2), por lo que la pregunta de investigación es "¿En qué medida los contaminantes primarios que emite el Electro Oriente de Iquitos afectan la salud de los pobladores?"

Por otro lado, los objetivos de la presente investigación son los siguientes:

Conocer la cantidad de contaminación primaria que emite la central térmica de Iquitos y conectarla con la salud ambiental de los habitantes de la zona Electro Oriente como meta general y específica: calcular la cantidad de monóxido de carbono (CO), óxido de azufre (SO_x), óxido nitroso (NO_x), hidrocarburos (HC) y material particulado que emite el terciario central de Iquitos y relacionándolo directamente con la salud ambiental de los habitantes de la ciudad en 2022.

El trabajo actual también se justifica por las siguientes razones:

Permitiría una primera evaluación de la cantidad de contaminantes primarios que emite Electro Oriente de foco fijo, además de permitir determinar si la emisión de estos contaminantes está dañando el medio ambiente o, por lo menos, la salud de la población en el área alrededor de Electro Oriente.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Los contaminantes primarios, derivados de los combustibles fósiles y que se emiten hacia la atmósfera, incluyen al dióxido de azufre (SO²), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO). Los contaminantes secundarios, como el ozono y los aerosoles ácidos, son también muy comunes en las áreas urbanas³.

Informa sobre los efectos de la contaminación atmosférica en seis enfermedades diferentes, incluidas las infecciones del tracto respiratorio, la obstrucción pulmonar crónica (EPOC) y el cáncer de pulmón. La conclusión es la misma en todos los ámbitos: "Si se redujera la contaminación atmosférica mediante la eliminación de las emisiones del fracking, la expectativa de vida promedio en todo el mundo aumentaría en más de un año, y en casi dos si se eliminaran todas las emisiones de la actividad humana". Los resultados, lógicamente, dependen de la zona geográfica; en los países de Asia del Este, la pérdida de esperanza de vida por contaminación del aire se produce en un período de cuatro años, mientras que en Europa esta pérdida se produce en un período de dos años. Según manifestaron los dos investigadores que han liderado la investigación⁴.

Por otro lado, solo debido a la contaminación del aire, unas 800.000 personas en Europa mueren prematuramente cada año. Hay que actualizar los cálculos ya que un estudio publicado recientemente situaba las funciones específicas de riesgo asociadas a la enfermedad muy por encima de las asociadas al GBD. Estas funciones ahora incluyen trastornos que antes no estaban incluidos explícitamente, como la diabetes y la hipertensión, que exacerban las enfermedades cardiovasculares. El estudio proporciona la mejor base de datos actualmente disponible, porque incluyó 41 estudios de grupos de casos a gran escala de 16 países, incluida China. Recalca que el aire contaminado cuesta al menos tantas vidas como fumar.

Asimismo, los investigadores señalan que la principal causa de las enfermedades respiratorias y cardiovasculares son las partículas de

diámetro inferior a 2,5 micras ($PM_{2,5}$), lo que explica las altas tasas de mortalidad vinculadas a la mala calidad del aire. Los resultados de nuestro estudio muestran que el límite europeo de partículas (25 g/m^3 de aire en promedio durante un año) es demasiado alto. Esta cantidad supera con creces el límite recomendado por la OMS de 10 g/m^3 . Para sus cálculos, el equipo primero determinó el área de exposición a contaminantes tales como partículas y ozono utilizando un modelo bien establecido y basado en la química atmosférica⁴.

Estos hallazgos indican una mayor carga de morbilidad debido a la contaminación del aire de lo que se había pensado anteriormente. Reducir la exposición a partículas y, como resultado, ajustar los estándares de calidad del aire se ha vuelto más crítico que nunca. Además, las guías de prevención de los síndromes agudos y coronarios de la Sociedad Europea de Cardiología tienen que hacer más mención al papel de las partículas grasas como causa de enfermedades cardiovasculares. Esto es necesario para aumentar el nivel de conciencia entre los médicos, los responsables de la toma de decisiones políticas y el público en general⁴.

En un estudio sobre la contaminación atmosférica en la ciudad de Tacna, se encontró que para el período 2011-2012, el principal contaminante atmosférico producido por los vehículos en movimiento en Tacna fue el monóxido de carbono (CO), el cual alcanzó un valor de 367,10 toneladas anuales y representó el 46% del total. El contaminante Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), que alcanzó un valor de 218,61 toneladas anuales y representó el 27% del total, quedó en segundo lugar, seguido de los contaminantes PTS , NO_x , Pb y SO^2 ⁵.

Los vehículos que más ozono producen son los vehículos a motor, que alcanzan un 82% de SO^2 , seguidos de las unidades móviles, que alcanzan un 5% de SO^2 , y el resto de vehículos, que se encuentran en menor proporción dado que se encuentran operando en un área urbana con emisiones cercanas al nivel del suelo; El ozono es un contaminante atmosférico que se encuentra incluido en el D.S. 074-2001-PCM⁵.

La provincia de Camagüey consta de 13 municipios, pero básicamente, acorde a las instalaciones industriales existentes, tan sólo 9 de ellos poseen relevancia por la magnitud y tipo de las emisiones. Se realizó un inventario de fuentes fijas contaminantes en los municipios seleccionados, y se efectuó el cálculo de las emisiones de compuestos tales como NO_x , SO_2 , MP_{10} , $\text{MP}_{2.5}$, CO , y COVDM , cuyos resultados evidenciaron el relevante significativo aporte de las instalaciones asociadas a la generación eléctrica. En este sentido, el aporte de las emisiones por ese sector constituye el 92.2%. Dada la existencia en el territorio de una gran central térmica y abundantes grupos electrógenos, además de industrias de gran peso, se obtiene una tasa de 87.6 kg/habitante al año de contaminantes emitidos a la atmósfera. Se ratificó al municipio de Nuevitas como el de mayor afectación, sobre todo en su ciudad industrial, y que asociado al deterioro de la calidad del aire hace que se mantenga con la clasificación de “crítica” coincidiendo con lo reportado en estudios anteriores por otros investigadores. Debido al alto nivel de actividades industriales en ese municipio, sobre todo en las instalaciones de generación eléctrica, ello puede conducir (según el nivel de carga en la termoeléctrica) a que la tasa de emisión de contaminantes atmosféricos en el municipio sea de 794 a 916 kg al año por habitante⁶.

Se calculan las emisiones de contaminantes atmosféricos convencionales (COV , MP_{10} , CO , NO_x y SO_x) por fuentes puntuales para el año 1997 en Cali-Yumbo (Colombia). La información se obtuvo de 108 declaraciones entregadas a las autoridades ambientales. La metodología utiliza factores de emisión para la mayoría de las fuentes que no realizaron mediciones directas y reportaron tipo y cantidad de combustible utilizado. Se encontró que las industrias del papel y artes gráficas son las que más generan emisiones totales, seguidas de la industria de minerales no metálicos y del sector de textiles y confecciones. Mientras las empresas analizadas en la ciudad de Cali son responsables de gran parte de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV), las emisiones de óxidos de azufre y material particulado son aportadas mayoritariamente por las industrias localizadas en el municipio de Yumbo⁷.

Las emisiones de CO, NO_x, SO₂, partículas y compuestos orgánicos volátiles procedentes de fuentes fijas y móviles se incluyeron en esta consolidación y ejercicio de desagregación. Se calcularon y distribuyeron utilizando la International Environmental Database (IED), una herramienta de código abierto desarrollado por el Centro de Sistemas de Investigación Internacional Sostenible (ISSRC). IED cuenta con un gran número de factores de emisión y los patrones de actividad básicos para hacer frente tanto a la contaminación del aire local como a las cuestiones del cambio climático global. Las fuentes fijas que operan dentro de la jurisdicción modelada aportan 5153.2 ton/año de SO₂, 2034.18 ton/año de CO, 2938.9 ton/año de NO_x y 1604.4 ton/año de material particulado PM₁₀ ⁸.

Se clasificaron 260 industrias: por actividad económica, procesos productivos, tipo de fuentes fijas y el tipo de combustible utilizado. Posteriormente se hizo el cálculo de emisiones de contaminantes primarios (PST, SO_x, NO_x, CO y COV_s) por medio de factores de emisión. Cálculos que permitieron finalmente estimar la contribución de emisiones de fuentes fijas por contaminante en la Comuna 4. Se pudo establecer que el sector de fibras y textiles fue el mayor generador de emisiones de material particulado (PST) con el 50% del total de las 182 ton/año emitidas por las fuentes fijas inventariadas. Esto debido a que cinco (5) de sus industrias operan sus calderas con carbón como combustible sin ningún tipo de control y 165 ton/año de COV_s por el sector metalmecánico y artes gráficas, contaminantes que afectan el sistema respiratorio de las personas⁹.

En ciudades del Perú como: Arequipa, Chiclayo, Chimbote, Cusco, Huancayo, Ilo, Iquitos, La Oroya, Lima-Callao, Pisco, Piura, Trujillo y Paseo; las principales fuentes de contaminación atmosférica son el transporte urbano, actividades mineras e industriales; las mismas que originan problemas respiratorios, siendo los niños menores de 5 años quienes padecen de infecciones respiratorias agudas (IRAs), que para el año 2000 la cifra nacional alcanzó 2 174000 Instituto Cuanto - INEI). Además, el monitoreo de calidad del aire para Lima Metropolitana medidos en la

estación CONACO durante el periodo 1996-2000, muestra que las concentraciones de los óxidos de nitrógeno (NO_2) y los óxidos de Azufre (SO_2), superan los estándares internacionales. Habiéndose alcanzado valores mayores al estándar nacional, establecido en 100 ug/m^3 , para el NO_2 y el SO_2 , alcanzó niveles de 127 ug/m^3 , promedio anual, superando los estándares de 80 ug/m^3 ¹⁰.

Se determinaron las emisiones en caliente de CO, NO_x , SO_2 , TSP, y COV's para el tráfico en la ciudad de Medellín (Colombia). Las emisiones de COV's fueron agrupadas en 5 categorías: metano, alcanos, alquenos, aromáticos y aldehídos. El área total de estudio fue de 360 km^2 , en la que se encuentra la red de tráfico que incluye las principales avenidas, calles y autopistas. Para la estimación de las emisiones, se desarrolló un modelo que calcula la emisión en celdas con una resolución espacial de 1 km^2 y genera promedios de emisiones cada hora. Como resultado del modelo, fue posible el cálculo hora a hora de los contaminantes analizados en cada una de las celdas. Gráficas de intensidad de emisión mostraron que, en general, el centro de la ciudad de Medellín representa el área más afectada por el tránsito vehicular, siguiendo en importancia, la región centro occidental. Así mismo, para la zona analizada, se evidenciaron las mayores emisiones durante las horas pico que se presentan a las 8:00 horas en la mañana y a las 19:00 horas en la noche¹¹.

La tesis se desarrolló en la Central Eléctrica de la ciudad de Requena, para analizar la evolución de los parámetros ambientales en su central eléctrica partir de los monitoreos ambientales del 2018 -2021. Con respecto a la calidad del aire, la evolución del material particulado PM_{10} reporta valores por debajo de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire, que no superan los 100 ug/m^3 . El análisis de predicción reporta una tendencia decreciente desde un nivel máximo de 43.91 ug/m^3 a un nivel mínimo de 36.14 ug/m^3 ¹².

Las emisiones a la atmósfera relacionadas con el cambio climático pueden agravar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de los

ciudadanos, no solo indirectamente por el impacto en los fenómenos meteorológicos, sino, de manera inmediata, por los efectos directos de los contaminantes para la salud. Sin embargo, durante demasiados años los esfuerzos en la mayor parte del mundo se han dirigido a tratar estos dos problemas separadamente. De hecho, muy a menudo se considera que los beneficios de la protección del clima sobre la salud se obtendrían a largo plazo. Por el contrario, lo que se ha puesto de manifiesto en los últimos años es que las acciones para reducir las emisiones de gases contaminantes redundarían en efectos beneficiosos a corto plazo debido a la reducción del impacto de los contaminantes atmosféricas sobre la salud de los ciudadanos¹³.

El estudio fue evaluar la calidad del aire mediante la liquenobiota saxícola en la zona Arqueológica de Teatino-Reserva Nacional Lomas de Lachay, analizando a través de la Microscopía Electrónica de Barrido ambiental (MEBA) muestras de líquenes de la especie *Parmotrema andinum*; los resultados del análisis evidencian la presencia de metales pesados acumulados en los líquenes tales como: Aluminio (Al), Hierro (Fe), Bario (Ba), Titanio (Ti) y Azufre (S), expresados en ppm (partes por millón) siendo este último un elemento tóxico; sin embargo, no fueron los resultados esperados en esta investigación, debido a que estos metales y elementos no forman parte de la emanación gaseosa de vehículos que circulan por la zona de estudio, no se desestima la capacidad de absorción del líquen ya que se encontraron concentraciones máximas para la zona Teatino 2 (zona contaminada) y Habich (zona de alto tránsito vehicular). Adicionalmente se correlacionó variables como, orientación, inclinación, altitud y distancia al mar, para conocer cómo influyen en el crecimiento y desarrollo del líquen, encontrando influencia en variable Tamaño-Altitud solamente para la Zona Teatino 1¹⁴.

En el monitoreo correspondientes al primer, segundo y tercer trimestre del 2010, indican que, en el monitoreo de calidad de aire, los parámetros evaluados de PTS, CO, SO² y NO², no exceden los estándares nacionales de calidad ambiental del aire, establecidos en el D.S. No 074-2001-PCM,

con su respectiva modificatoria establecida en el D. S. No 003-2008-MINAM ni el D.S. No 015-2006-EM. Sin embargo, se hace énfasis que el H₂S en el primer trimestre se encuentra por encima del valor nominal. Asimismo, en el monitoreo de emisiones gaseosas, los parámetros evaluados de SO₂, CO y NO_x registrados en el monitoreo realizado a los grupos wartsila 1, wartsila 4 y caterpillar MARK, no exceden los límites máximos permisibles de emisiones gaseosas para fuentes fijas de Ecuador, según Ordenanza N° 12 y registro oficial N° 153 ¹⁵.

La evolución del parámetro monóxido de carbono tiene un comportamiento ascendente muy regular y homogéneo desde un mínimo de 149.88 ug/m³ a un incremento con un valor de 873.3 ug/m³ en el último trimestre del 2021, pasando por un periodo de valores constante de 154.8 desde el año 2019 al 2020; la emisión de Partículas según los monitoreos tiene un comportamiento irregular desde un valor inicial de 11.36 mg/m³N, llegando a un mínimo 6.22 mg/m³N, incrementándose hasta una concentración de partículas de 25.19 mg/m³N, valores que están dentro de la normalidad de las emisiones de gases de grupos electrógenos¹⁶.

El sistema de gestión del aire permite a las instituciones e industrias a seleccionar la tecnología y métodos que mejoren y se acoplen a sus necesidades, de acuerdo con documentos nacionales del medio ambiente; este uso del sistema es específicamente para el uso ambiental y de control de las industrias de la alimentación y las bebidas, las plantas que procesan alimentos tienen que tener al interior de sus instalaciones frías; el aire acondicionado es una parte importante de la planta. Como resultado de estas implementaciones nos hará mantener una buena salud de la población, colaboradores de industrias y consumidores; sin embargo, para controlar la condensación, el aire exterior debe incorporarse mezclándose dentro del aire acondicionado; este aire exterior debe pasar por filtros para mantener cualquier tipo de contaminante o bacterias alejados de los alimentos. El adelanto de la tecnología llegó a que los filtros puedan bloquear todo tipo de partícula mayor a 10 micrones; con este adelanto la seguridad alimentaria en las industrias se mejorará¹⁷.

La exposición de la población a la contaminación del aire es ubicua e involuntaria y puede ocasionar desde efectos fisiológicos imperceptibles hasta enfermedades y muerte. Los niños son un grupo especialmente vulnerable por la inmadurez del sistema respiratorio e inmune y por las conductas propias de la edad. Los efectos respiratorios en los niños a corto plazo más reportados en la literatura son: aumento de síntomas y consultas de urgencia por causas respiratorias, aumento de exacerbaciones asmáticas y reducción en la función pulmonar. El efecto a largo plazo con evidencia más consistente es el déficit en el crecimiento de la función pulmonar en los niños más expuestos. El efecto de la contaminación en la incidencia de asma, es más controversial. Es esencial que los profesionales de la salud reconozcan los efectos causados por la contaminación e instruyan a los padres para reducir al mínimo la exposición a los contaminantes en los niños¹⁸.

Estudio realizado entre setiembre de 1996 y setiembre de 1997 por la Universidad de Mie, Japón reflejan concentraciones de hasta 60,16 J.IQ/m³ de NO² en la avenida Abancay de Lima Metropolitana ambos estudios concluyen que es necesario el establecimiento de un programa para el estudio y control de la contaminación del aire. Estudios realizados por la Dirección General de Salud Ambiental. en las ciudades de Lima, Arequipa, Chiclayo, Chimbote e Ilo muestran que las concentraciones de N₂O (método del arsenito de sodio) y plomo (por absorción atómica) están cercanas a los límites máximos permisibles (150 JJg/m³ para NO² y 1,5 ppm para el plomo) y que en algunos casos lo sobrepasan. Específicamente el estudio realizado en la ciudad de Trujillo en el año de 1997 destaca que la concentración de plomo está por debajo del límite máximo permisible; sin embargo, proyecta que a lo largo del año sobrepasaría el límite máximo permisible. Asimismo, proyecta una concentración de dióxido de nitrógeno a un valor doble del actual, a lo largo del año, sobrepasando el límite máximo permisible¹⁹.

Las principales fuentes de contaminación del aire en las ciudades se atribuyen a las que se consideran como fijas (la industria, los desechos

domésticos, los agroquímicos, combustiones, entre otros) y las móviles, producidas por el parque automotor (vehículos de motor de gasolina o diesel). Los contaminantes emitidos por ambas fuentes son sustancias inorgánicas como óxidos de azufre, nitrógeno, carbono y sustancias orgánicas adheridas a material particulado suspendido (MPS) constituido por los aerosoles²⁰.

El análisis de los estudios de ALC sugiere que las variaciones temporales en el material particulado contribuyen a la mortalidad y morbilidad adicionales. Un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentraciones de partículas en el ambiente se relacionó con el incremento de la mortalidad diaria por todas las causas, enfermedades respiratorias y ECV. El mismo aumento en las concentraciones de partículas en el ambiente también se relacionó con el aumento de admisiones hospitalarias debido a todas las causas respiratorias. Se calcularon estimaciones cuantitativas de resumen para evaluar el porcentaje de incremento de la mortalidad diaria asociado a un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP_{10} para algunas causas de mortalidad. El estimado cuantitativo de resumen del modelo de los efectos aleatorios para todas las causas en todos los grupos de edad produjo un aumento de 0,61% de muertes diarias (95% IC: 0,16; 1,07). El estimado cuantitativo de resumen del efecto de la exposición a un aumento de los niveles de contaminación del aire en la salud de la población anciana fue mayor que el que se observó para todas las causas en todas las edades. El modelo de efectos aleatorios calculó un incremento de 0,86% de muertes diarias (95% IC: 0,49; 1,24)²¹.

La contaminación del aire genera impactos a nivel ambiental, los contaminantes se pueden mezclar en el aire o con la lluvia y acumularse en las plantas, suelos y el agua. A nivel social genera serias consecuencias para la salud y el bienestar de la población, así como la contaminación al aire exterior, a nivel económico trae como consecuencia costos significativos para la sociedad como pérdida de la mano de obra, productividad y calidad de vida degradada. Los indicadores que se utilizan para medir la calidad del aire como componente del objetivo de salud ambiental en el EPI son: uso de

combustible sólido doméstico, $PM_{2,5}$ exposición media, $PM_{2,5}$ excedencias de Ozono²².

Respecto a la contaminación atmosférica, Colombia inició su regulación a partir del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables en el año 1974, a partir de este Decreto – Ley se consideró por primera vez en el país a la atmósfera y al espacio aéreo nacional como recursos naturales renovables. Es así como la Constitución Política Nacional, la han denominado “constitución verde” por tener más de 70 artículos relacionados con los deberes y derechos del Estado y del pueblo colombiano en materia ambiental, fundamentalmente basados en el desarrollo sostenible del país. Seguidamente en el año 1995 se expidió el Decreto 948 donde se establece el marco de las acciones y los mecanismos administrativos de las autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire y evitar el deterioro del medio ambiente, los recursos naturales y la salud humana, ocasionados por la contaminación del aire²³.

En el documento Plan "A Limpiar el Aire" de la Cuenca Atmosférica de Iquitos señala que: El inventario de Emisiones de Fuentes Fijas - Fuentes puntuales las emisiones contaminantes producidas por las fuentes fijas puntuales corresponden a actividades industriales diversas. Estos contaminantes son producidos en las diferentes etapas de los procesos productivos y su calidad está condicionada por el tipo de proceso, la tecnología utilizada y los combustibles usados. Los contaminantes más emitidos por las fuentes fijas puntuales son SO_2 , COY, NO_x y PTS. El SO_z , es emitido mayormente por actividades de generación eléctrica (Electro Oriente S.A.) y por la actividad industrial de transformación (Refinería). El NO_x , contaminante emitido principalmente por actividades de generación eléctrica (Electro Oriente S.A.) y por la actividad industrial de transformación (Refinería) y el PTS, generado principalmente por Electro Oriente S. A. y Triplayeras²⁴.

En el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Ampliación de la Central Térmica de Iquitos 2 x 7 MW, hace referencia que el sistema eléctrico de la

ciudad de Iquitos es por generación térmica, cuyo concesionario es la empresa Electro Oriente S.A., y presta servicios a través de grupos electrógenos, alimentados por combustible de petróleo y Residual; teniendo como fuente de generación eléctrica la Central Térmica de Iquitos, conformada por la siguiente potencia instalada: Dos grupos electrógenos, marca EMD-GM, de 2,4 MW (4,8 MW); Cuatro grupos electrógenos, marca Wartsila, de 6,4 MW c/u. $\times 4 = 25,6$ MW; Un grupo electrógeno, marca CAT-MAK, de 7,4 MW. $\times 1 = 7,4$ MW; Total Potencia Instalada= 37,8 MW; Potencia Efectiva= 28,0 MW; Potencia Garantizada= 26,0 MW. La Máxima Demanda= 36,5 MW. Asimismo, menciona que la antigüedad de los grupos electrógenos es de 30 años los dos primeros, de 25 años los cuatro posteriores, y cinco años el último grupo. En tal sentido, es necesario implementar nuevos grupos electrógenos $2 \times 7,4$ MW = 14,8 MW para reforzar la central térmica, garantizar el servicio eléctrico y una menor emisión de gases de combustión²⁵.

1.2. Bases teóricas

Marco legal vigente

El marco legal aplicable, a las actividades del presente informe se incluye:

- Ley General del Ambiente N° 28611.
- Ley de Concesiones Eléctricas. D.L. N° 25844.
- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas. D.S. N° 009-93-EM.
- Ley de Recursos Hídricos N° 29338 y su reglamento. D.S. N° 001-2010-AG.
- Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas. D.S. N° 014-2019-EM.
- Niveles Máximos Permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. R.D. N° 008-97EM/DGAA.

- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Disposiciones Complementarias. D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades con Electricidad. R.M. N° 111-2013-MEM/DM.
- Código Nacional de Electricidad Suministro 2011. R.M. N° 214-2011-MEM/DM.
- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. D.S. N° 085-2003-PCM.
- Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes. D.S. N° 010-2005-PCM.
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire. D.S. N° 003-2017-MINAM.

Normativa ambiental para Calidad Ambiental del Aire. D.S. N° 003-2017-MINAM.

Mediante la presente norma aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, como se muestra en la tabla 1, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo. Asimismo, esta norma dispone la derogatoria del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, el Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM y el Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM²⁶.

Tabla N°01: ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AIRE

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)
Dióxido de Nitrógeno (NO ²)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Notas: NE: No Exceder. (*) Método equivalente aprobado. Fuente: Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM				

Fuente: ¹²

Tabla N° 02: Calidad Ambiental del Aire

Estado de la calidad del aire	Riesgo	Recomendaciones
BUENA	La calidad del aire se considera satisfactoria y no representa ningún riesgo.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Se puede realizar actividades al aire libre
MODERADO	Las personas de los grupos sensibles (niños, personas de la tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas) podrían experimentar algunos síntomas respiratorios.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Se puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para los grupos vulnerables.
MALA	Las personas de los grupos sensibles podrían experimentar daños a la 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	Toda la población puede verse afectada en su salud.	Implementar estados de alerta.

Fuente: ²⁷

Generalidades

El estudio de la calidad del aire de una región está determinado por factores geográficos generados por la confluencia de variables socioeconómicas como las actividades económicas y sus tasas de emisión de contaminantes atmosféricos, los tipos de uso de suelo y la infraestructura vial e industrial, y variables ambientales como el relieve, el clima y la meteorología del área estudiada²⁸.

La estimación de emisiones de las principales fuentes de emisión, junto a procesos de modelado de la calidad del aire y la generación de cartografía

permiten estudiar estas variables a diferentes resoluciones espaciales y temporales, convirtiéndose en una herramienta para evaluación de las estrategias y políticas locales sobre calidad del aire, vigilar el cumplimiento de las normas de calidad de aire y como un instrumento para la planeación del desarrollo de la región (Programa de Inventarios de Emisiones de México, Volumen VIII - Modelos para el inventario, 2000)²⁸.

Inventarios de emisiones

Los inventarios de emisión son una herramienta diseñada para estudiar las tasas de emisión de contaminantes desde cualquier tipo de fuente identificada en el área de estudio y a lo largo del tiempo, lo que permite complementar la información generada por las redes de monitoreo y vigilancia de la calidad del aire²⁹. Los inventarios de emisión son la principal fuente de información para los modelos de calidad del aire, utilizados para la proyección y prospectiva de escenarios de planeación y gestión de la calidad del aire, el análisis del control de emisiones y de las tendencias de emisión²⁸. Generalmente, los inventarios de emisiones están compuestos por información generada para 4 categorías: Fuentes puntuales (maquinaria y equipos utilizados en actividades industriales), fuentes de área (representan varias fuentes asociadas que pueden contribuir significativamente), fuentes móviles (incluye transporte terrestre en carretera) y otras fuentes móviles (incluye otros tipos de transporte y vehículos utilizados fuera de carretera)³⁰.

En la mayoría de los estudios en los que se realizan inventarios de emisiones de fuentes móviles para una región no es posible obtener información de campo para toda el área estudiada, por lo que se utilizan métodos de extrapolación que correlacionan tipologías socioeconómicas similares entre áreas y entidades administrativas, a través de índices como el tamaño de población, la densidad vehicular, el producto interno bruto, entre otros indicadores socioeconómicos³¹.

El inventario de fuentes fijas o puntuales, está compuesto por la información sobre tasas de emisión de diferentes contaminantes, generados por

actividades económicas industriales, mineras, agrícolas y en algunos casos comerciales. Este inventario se complementa con información sobre tasas de emisión de contaminantes generados por el uso de combustibles para el funcionamiento de maquinaria y equipos de acuerdo a los procesos productivos de cada actividad económica³², y con los perfiles de composición química o especiación que se pueden encontrar en la base de datos SPECIATE de la agencia para la protección ambiental de estados Unidos, EPA³³.

El aire

El aire es un gas inodoro, incoloro e insípido. Se puede considerar que consiste en una mezcla de diferentes gases. Su relación volumétrica en aire seco y aire limpio es aproximadamente la siguiente: 78,3% de nitrógeno, 20,98% de oxígeno, 0,93% de argón y 0,03% a 0,04% de dióxido de carbono. Y 0,1% de hidrógeno³⁴.

La composición del aire está formada por una mezcla de gases que forman parte del clima, imprescindibles para los organismos terrestres, y se han descubierto otros elementos no gaseosos, como el polvo atmosférico y diversos microorganismos³⁴.

La composición de la atmósfera está compuesta principalmente por nitrógeno y oxígeno. Se pueden distinguir tres capas: la troposfera ubicada entre el suelo y a una altura de 12 km, la estratosfera ubicada entre 12 y 90 km y la ionosfera, ubicada por encima de los 90 km³⁴.

El aire no es completamente puro o limpio por naturaleza. Contiene una pequeña cantidad de ácido nítrico (HNO^3), dióxido de nitrógeno (NO^2), ácido sulfúrico (H^2SO^4) y dióxido de azufre (SO^2); microorganismos, como bacterias, hongos y polen de plantas; ceniza volcánica, tierra, hollín, polvo y partículas minerales. Las actividades de la civilización actual a veces aumentan excesivamente la concentración de estas sustancias, especialmente en ciudades y centros industriales³⁴.

Composición del aire

A medida que se aleja y aumenta la distancia de la superficie de la tierra, la densidad del aire va disminuyendo y su composición varía en las capas altas debido a las constantes mezclas producidas por las corrientes de aire. Su composición es sumamente delicada y las proporciones de las sustancias que lo integran resultan ser variables³⁵:

Tabla N° 03: Composición del aire

COMPONENTE	PORCENTAJE EN VOLUMEN (%)	PORCENTAJE EN PESO (KG)
Oxígeno	20.98	23.20
Nitrógeno	78.03	75.50
Argón	0.93	1.2
Neón	123x10 ⁻⁵	85x10 ⁻⁵
Helio	408x10 ⁻⁶	56x110 ⁻⁶
Criptón	49x10 ⁻⁷	141x10 ⁻⁷
Xenón	59x10 ⁻⁸	266x10 ⁻⁸
Dióxido de carbono	0.04	0.05

Fuente: ³⁶

Calidad del aire.

Una guía de calidad del aire es el valor estimado del nivel de concentración de un contaminante del aire al que los seres humanos pueden estar expuestos durante un cierto período de tiempo sin riesgos apreciables para la salud. Estas estimaciones son recomendaciones o sugerencias y no están respaldadas por regulaciones legales. Mientras que la norma de calidad del aire trata de un instrumento legal que establece el límite máximo permisible de concentración de un contaminante atmosférico durante un tiempo promedio de muestreo determinado, medido según métodos de referencia o equivalentes debidamente documentados, definidos con el fin de proteger la salud y el medio ambiente³⁷.

La calidad del aire se define como la composición del aire y las diferentes capacidades del aire para las determinadas aplicaciones. El aire es una

composición muy particular y tiene alrededor de mil compuestos distintos. Los elementos principales son el oxígeno, hidrogeno y nitrógeno. Sin los tres elementos, no habría vida en el planeta. Las concentraciones de los diferentes elementos de la composición del aire determinan su calidad. Es por eso, que la calidad del aire se expresa mediante concentración o intensidad de los contaminantes, la existencia de microorganismos, o el aspecto físico³⁸.

La contaminación del aire es un problema mundial que afecta a todos los países, es producida por contaminantes dañinos en la atmósfera causada por la acción del hombre o por la liberación natural. La contaminación del aire genera impactos a nivel ambiental, los contaminantes se pueden mezclar en el aire o con la lluvia y acumularse en las plantas, suelos y el agua. A nivel social genera serias consecuencias para la salud y el bienestar de la población, así como la contaminación al aire exterior, a nivel económico trae como consecuencia costos significativos para la sociedad como pérdida de la mano de obra, productividad y calidad de vida degradada. Los indicadores que se utilizan para medir la calidad del aire como componente del objetivo de salud ambiental en el EPI son: uso de combustible sólido doméstico, PM_{2,5} exposición media, PM_{2,5} excedencias de Ozono³⁹.

El material particulado es una combinación de partículas líquidas y sólidas, de materia orgánica e inorgánica, que se suspende en el aire, formando parte de la contaminación del aire. Sus principales componentes pueden ser sulfatos, nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales, cenizas metálicas y agua, las cuales producen reacciones químicas en el aire⁴⁰.

La exposición al material particulado (PM) se asocia con efectos adversos significativos para la salud, estas partículas pueden penetrar en el pulmón humano, lo que lleva a una mayor incidencia de enfermedades cardiovasculares y respiratorias⁴⁰. Los diferentes tipos de material particulado respirable en la atmósfera se puede clasificar, según su tamaño principalmente, las de diámetro aerodinámico igual o inferior a los 10 µm o

10 micrómetros se las denomina PM_{10} y a la fracción respirable más pequeña, $PM_{2.5}$. Esta última está constituida por aquellas partículas de diámetro aerodinámico inferior o igual a los 2,5 micrómetros⁴¹.

Los contaminantes primarios:

Incluyen la contaminación física, la contaminación por radiación electromagnética y la contaminación química. Y dentro de la contaminación química, el término "contaminantes primarios" se refiere a todas las sustancias que se filtran directamente a la atmósfera. Estos contaminantes incluyen:⁴²

Monóxido de Carbono (CO)

El gas que es incoloro, inodoro y de movimiento lento, con una densidad del 96,5% y una baja solubilidad en agua, es el contaminante más frecuente⁴².

Más del 90% de esta contaminación se deriva de fuentes naturales. Si bien existen otras fuentes de emisión de CO de origen antropogénico, el transporte es la principal. Estos incluyen plantas de combustión, instalaciones de tratamiento de residuos, refinerías de petróleo y otros. Los principales procesos químicos que conducen a la formación de monóxido de carbono son los siguientes: combustión incompleta de compuestos que contienen carbono; reacción entre el dióxido de carbono formado durante la combustión y el carbón no apagado del combustible; disociación del dióxido de carbono a altas temperaturas; y combustión incompleta de mezclas que contienen carbono, es la principal fuente de emisiones de monóxido de carbono y se produce en dos etapas; el primero produce monóxido de carbono como producto intermedio y el segundo completa la reacción para producir dióxido de carbono; el principal impacto en los seres humanos es la sustitución de la hemoglobina en la sangre por el fuego, incluso en bajas concentraciones⁴².

Óxido de nitrógeno (NOx)

Incluyen; N_2O , NO y NO_2 son los únicos componentes del nitrógeno que se pueden detectar en la atmósfera porque todos los demás óxidos posibles son inestables y están separados; Monóxido de nitrógeno N_2O : Es un gas incoloro que es inocuo y no afecta los procesos de fotoquímica troposférica⁴².

El gas monóxido de nitrógeno, o NO , es incoloro, tóxico y participa en procesos fotoquímicos en la alta atmósfera a través de los cuales se produce el equilibrio de inter conversión entre NO y NO_2 ⁴².

El origen de estos tres gases es diferente, ya que el monóxido de nitrógeno proviene en gran medida de fuentes naturales y actividades El transporte y la combustión de altas temperaturas, en contrapartida, el monóxido y el dióxido de nitrógeno tienen orígenes un origen antropogénico, siendo los mayores emisores, La principal actividad humana responsable de la aparición de dióxido de nitrógeno en la atmósfera es el conflicto, siendo las fuentes móviles y fijas las principales culpables⁴².

Dióxido de nitrógeno: NO_2 : es un gas pardo-rojizo tóxico interviene en procesos fotoquímicos troposféricos; Los cuales finalmente pueden reaccionar con el monóxido de nitrógeno (NO), aumentando la tasa de nitrógeno a dióxido, para formar llamados nitratos de peroxiacilo (provenientes de hidrocarburos alifáticos) (NPAs) y los nitratos esta serie de reacciones de nitrógeno, óxidos, ozono, aldehídos , peroxinitratos y otros contaminantes secundarios, todos los cuales tienen un potencial oxidante muy superior al oxígeno, se denomina "smog fotoquímico" o "humo fotoquímico" Cuando la dispersión de los contaminantes se reduce debido a las condiciones climatológicas, lo que eleva los niveles de inmisión que podría resultar en un smog extremadamente peligroso, el término "smog fotoquímico" tiene una gravedad específica⁴².

Óxidos de azufre (SO_x)

Este nombre abarca el dióxido de azufre (SO₂) y el trióxido de azufre (SO₃), el último de los cuales a menudo está ausente de la atmósfera porque reacciona rápidamente con la humedad para formar ácido sulfúrico. El primero es el que se libera a la atmósfera en mayor cantidad. Ambos gases son incoloros, y el dióxido azul tiene olor en concentraciones superiores a 3 ppm⁴².

Menos del 50 % de todas las emisiones de SO₂ son naturales y, por lo general, resultan de la oxidación del dióxido de hidrógeno y azufre (H₂S), que se crea por la degradación anaeróbica de material orgánico en cosas como pantanos, lodazales, océanos y fuentes de biocombustibles terrestres⁴².

En lo que respecta a las emisiones atmosféricas, se producen principalmente por la combustión de combustibles que contienen azufre, con sistemas de calefacción y refrigeración residenciales y centrales eléctricas que sirven como fuentes principales de emisiones estacionarias; Cualquier sustancia que contenga azufre reaccionará para producir SO₂ y SO₃, e independientemente de la cantidad de oxígeno presente, la cantidad de dióxido de azufre derivada del azufre formada siempre será mucho mayor que la de la trióxido de azufre; Los efectos primarios de los "óxidos de azufre" serán los derivados de su conversión en agentes causantes de lluvia ácida, necrosis de las hojas de las plantas, según la especie, y cambio climático. El rango de los niveles de dióxido de azufre en el agua azul según los niveles propuestos por la Unión⁴².

Hidrocarburos

El término "hidrocarburos" o "compuestos volátiles" se refiere a sustancias que se usan indistintamente y que se liberan directamente a la atmósfera. Muchas de estas sustancias evolucionan con el tiempo para convertirse en contaminantes secundarios conocidos como fotoquímicos oxidantes que tienen efectos considerablemente más severos⁴².

El metano es uno de los muchos tipos diferentes de hidrocarburos que se liberan a la atmósfera, siendo sus concentraciones superiores a las de los demás hidrocarburos. Por ello, además del papel que juega en el efecto invernadero, tiende a medirse separadamente de los demás hidrocarburos, que en su mayoría están compuestos por sustancias volátiles no metálicas⁴².

Toda la evolución de hidrocarburos en la atmósfera también está influenciada por la presencia de varias especies oxidantes atmosféricas, incluidos los radicales hidroxilos, el ozono y el oxígeno atmosférico, así como todos aquellos involucrados en el ciclo fotoquímico de los átomos de nitrógeno y los propios átomos de oxígeno. La capacidad de reacción de los hidrocarburos con cualquiera de ellos puede cambiar el ciclo y dar lugar a la aparición de sustancias orgánicas en mayor estado de oxidación, como los aldehídos, así como a la producción de nuevos radicales libres, carbonatados u oxigenados y son capaces de iniciar una serie de reacciones homólogas con sus correspondientes caras de propagación y terminación, dando lugar a la aparición de especies con mayor estado de oxidación, como los radicales peroxilo⁴².

Mientras que los aromáticos tienen efectos a niveles de 25 ppm, los hidrocarburos alifáticos ejercen efectos nocivos a concentraciones de 500 ppm. Los efectos de los oxidantes fotoquímicos se pueden ver en plantas, animales y seres humanos. Por ejemplo, en las plantas se pueden observar procesos necróticos en las hojas y una reducción en el crecimiento y la producción. La gravedad de estos efectos depende de la concentración del oxidante y del tipo de planta afectada⁴².

Tanto en animales como en humanos, el efecto se manifiesta más como irritación de ojos, dolor de cabeza, irritación de garganta y dolor de estómago⁴².

Material particulado.

Estas partículas son muy comunes en la contaminación del aire y están presentes en suspensión, normalmente son generadas por reacciones químicas que consisten en la interacción de gases con la atmosfera y estas están compuestas de sulfuro, nitratos, amoniaco, cloruro de sodio, hollín, polvo de minerales y agua, la cual consiste en una mezcla de partículas solidas y liquidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Existen varios tipos de estas partículas que se dividen por su dimensión, pero en este caso se hablará de dos específicamente, las cuales son las PM₁₀ y las PM_{2.5} debido a su gran impacto en la salud de las personas. Las PM₁₀ tienen un diámetro aproximado de 10 micrones, pueden penetrar y alojarse dentro de los pulmones afectando las vías respiratorias de las personas. Las PM_{2.5} son más dañinas que las descritas anteriormente debido a que el diámetro de estas es mucho más pequeño, exactamente 2,5 micrones, las cuales pueden atravesar la barrera pulmonar e incrustarse en el sistema sanguíneo y son las principales causales de enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón⁴³.

Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud.

Los seres humanos necesitan entre 10 y 20 m³ de aire por día y es un derecho fundamental tener acceso a este volumen de aire con una calidad adecuada para que no se produzcan efectos adversos. sobre la salud y el bienestar de las personas. Las graves consecuencias de la exposición a un alto grado de contaminación atmosférica en las ciudades se hicieron evidentes a mediados del siglo XX, luego de que varias ciudades europeas y americanas sufrieran episodios severos de contaminación atmosférica, afortunadamente las disminuciones de la calidad del aire Las últimas décadas también han ido acompañadas de un aumento de la preocupación de la sociedad por las condiciones de vida en atmósferas contaminadas y las predicciones futuras de valoración del problema²¹.

Los síntomas respiratorios constituyen los efectos adversos más comunes sobre la salud ocasionados por todos los tipos de contaminación del aire. Los síntomas más frecuentes incluyen la tos (que pudiera producir esputo), irritación de la nariz, la faringe y falta de aire leve o moderada. Esos síntomas respiratorios están frecuentemente asociados a irritación ocular y sensación de cansancio o fatiga. Es típica la exacerbación de síntomas de alergia. Frecuente mente, los atletas reportan que su rendimiento físico disminuye y que sufren cansancio más rápidamente cuando se ejercitan durante períodos con altos niveles de contaminación. Los asmáticos y los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), frecuentemente experimentan un empeoramiento de sus síntomas durante los episodios de contaminación del aire. Estudios recientes sugieren una estrecha asociación entre la frecuencia y la severidad de las crisis de asma y los niveles atmosféricos de oxidantes y sulfatos. Las personas con bronquitis pueden también presentar un incremento de la tos debido al aumento de la irritación de la mucosa bronquial. Las infecciones agudas del tracto respiratorio, tanto alto como bajo también parecen ser más frecuentes en los residentes en las zonas con niveles más altos de contaminación atmosférica. La fiebre, por sí sola, no constituye un efecto de la contaminación del aire, más bien sugiere una posible infección⁴⁴.

Tabla N° 04: Ejemplos comunes de enfermedades o afecciones en las que puede influir la exposición a la contaminación del aire.

Enfermedad o afección a la salud	Como puede afectar la contaminación del aire	Factores asociados y comentarios
Irritación ocular	Efecto específico de los oxidantes fotoquímicos, posiblemente aldehídos o nitratos de peroxiacetilo; las partículas en suspensión (polvo de ceniza) actúan como cuerpos extraños.	La susceptibilidad individual difiere.
Infecciones respiratorias agudas	Incremento del riesgo en niños en edad temprana	Pobreza, malnutrición, exposición a agentes infecciosos.
Bronquitis aguda	Efecto irritativo directo de SO ₂ , hollín y la contaminación de origen petroquímico	El hábito de fumar puede tener una interacción mayor que aditiva.
Bronquitis crónica	Agravación (incremento en la frecuencia o severidad) de la tos o expectoración asociada a cualquier tipo de contaminación.	Hábito de fumar, exposición ocupacional a contaminantes del aire.
Asma	Agravación por irritación del aparato respiratorio, posiblemente basada en acción refleja.	Comúnmente preexiste alergia respiratoria o hiperactividad de las vías aéreas
Intoxicación por plomo	Contribuye a la acumulación en el organismo	Proximidad a fuentes de plomo
Muertes	Las partículas finas incrementan la mortalidad por enfermedad cardíaca. Mecanismo desconocido.	Enfermedad cardíaca o pulmonar preexistente.
Dolor de cabeza	Monóxido de carbono en niveles capaces de producir una concentración de carboxihemoglobina mayor al 10%.	El hábito de fumar puede también incrementar la carboxihemoglobina, pero no lo suficiente para ocasionar cefalea

Fuente: ⁴⁴

Directrices sobre la Calidad del Aire.

La Calidad del Aire ofrecen orientaciones a escala mundial sobre los umbrales y límites de los principales contaminantes atmosféricos que entrañan riesgos para la salud. Estas Directrices son de una elevada calidad metodológica y se elaboran a través de un proceso decisorio transparente basado en la evidencia. Además de determinarse valores para los contaminantes, en las Directrices Mundiales de la OMS sobre la Calidad del Aire se establecen también metas intermedias para promover una reducción gradual desde concentraciones altas a otras más bajas²¹.

Las Directrices ofrecen también declaraciones cualitativas sobre buenas prácticas para la gestión de ciertos tipos de materia particulada, por ejemplo, carbono negro o carbono elemental, partículas ultrafinas y partículas procedentes de tormentas de arena y polvo, respecto de los cuales no se dispone de datos cuantitativos suficientes para establecer niveles en las mismas Directrices²¹.

Salud Ambiental.

Existen varios términos que son equiparables a “salud ambiental”, tales como “higiene medieval”, “saneamiento ambiental”, “protección y desarrollo ambiental”, “salud y medio ambiente”, entre otros⁴⁵.

Al existir interacciones entre el hombre y el medio ambiente, estas pueden ser positivas o negativas, donde se puede ver afectada la salud humana en su hábitat, su hogar, su trabajo y todo eso producidos por el mismo hombre, e incluso afectando otros seres vivos como animales y plantas lo cual también afecta al desarrollo sostenible de la humanidad⁴⁶.

La salud y el medio que nos rodea están altamente relacionados. El aire, el agua, el ambiente de trabajo y hasta el interior de los edificios tienen una gran afectación en el bienestar y la salud. Por esto la salubridad y la calidad del entorno son de gran importancia para mantener una buena salud⁴⁷. La

salud ambiental comprende entonces múltiples elementos de la salud humana, incluida la calidad de vida, que son determinados por factores ambientales, físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales. En la práctica la salud ambiental se refiere a la evaluación, corrección, control y prevención de las causas ambientales que pueden influir en forma negativa en la salud de la población actual y a su vez en futuras generaciones⁴⁸.

Dentro de la definición de medio ambiente y salud, se tienen en cuenta tanto los efectos patológicos directos de las sustancias químicas, la radiación y algunos agentes biológicos, así como los efectos en la salud y el bienestar provenientes del medio físico, psicológico, social y estático en general; comprende la vivienda, el desarrollo urbano, el uso del terreno y el transporte⁴⁹. Sin embargo, se mencionan muchas denominaciones de salud ambiental, como "higiene del medio", "saneamiento ambiental", "protección y desarrollo del ambiente", "salud y ambiente", "ambiente y salud", entre otras. Todas ellas conllevan a lo mismo, si bien su contenido específico puede variar entre entidades, países y responder de acuerdo a circunstancias específicas⁴⁵.

A lo largo del tiempo los factores ambientales anteriormente mencionados se han convertido en un problema de salud pública para las poblaciones, esto causado por la estrecha relación entre la salud humana y el ambiente que se presenta, y con mayor frecuencia en personas en una situación de vulnerabilidad o susceptibilidad. La vulnerabilidad, en el campo de la salud ambiental, puede entenderse como la característica de un sujeto de poder ser lesionado y de no tener la capacidad de defenderse, como por ejemplo los menores de edad, las mujeres en edad reproductiva y los más pobres de las sociedades⁵⁰.

Se ha confirmado que la contaminación medioambiental da origen a diversos problemas de salud pública, desde las alergias a la infertilidad, cáncer y la muerte prematura. Uno de los factores asociados que se ha estudiado es el rápido proceso de urbanización, que determina un gran número de enfermedades como enfermedades respiratorias, alergias, trastornos

neurológicos de desarrollo, riesgos de cáncer, entre otras, generadas por la congestión vial, la contaminación del aire, la acumulación progresiva de desechos urbanos e industriales⁵¹.

Dentro de todos los factores ambientales, la calidad del aire sigue siendo el principal problema ambiental para la salud pública. En 2016, el Instituto de Métricas y Evaluación de la Salud estimó que las enfermedades relacionadas con los contaminantes del aire contribuyeron a dos tercios de todos los años de vida perdidos por muertes y discapacidades relacionadas con el medio ambiente. Los problemas de contaminación del aire son graves en las naciones de alta industrialización como India y China⁵².

Causas de la Contaminación Ambiental.

Son muchas las causas de la contaminación, y todos sabemos que todas son dañinas, por lo que los principales contaminantes son los provocados por los que emiten los vehículos, fábricas y otras actividades que los seres humanos realizamos a diario, este es más un problema local o regional. A medida que los vehículos continúan quemando combustibles fósiles o talando y quemando bosques para emitir gases contaminantes como el dióxido de carbono, el nivel global es impactante debido a la acumulación de este gas y también atrapa la radiación solar cerca de la superficie de la tierra. Provocando así el calentamiento global llamado efecto invernadero⁵³.

Efectos globales de la contaminación atmosférica.

Efecto invernadero.

La emisión de gases de efecto invernadero eleva a temperatura terrestre y la atmósfera contaminada no permite que el calor escape, produciendo el calentamiento global de la superficie⁵³.

El aumento de las concentraciones de dióxido de carbono CO₂ y de otros contaminantes en la atmósfera elevan la temperatura general del planeta,

que modifica el régimen de lluvias, alterando la extensión de las tierras cultivables y los desiertos⁵³.

Los hidrocarburos halogenados HC y los óxidos de nitrógeno NO_x emitidos por los aviones pueden provocar la disminución de la capa de ozono en la estratósfera, lo que haría aumentar la radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra⁵³.

Disminución en la concentración de ozono estratosférico.

La capa de ozono tiene un papel fundamental en la atmósfera, protegiendo la superficie de la Tierra de una exposición excesiva a los rayos ultravioletas. Una disminución significativa de esta capa protectora tendría efectos muy perjudiciales para la salud humana y para la biósfera. Este incremento de la radiación produce un aumento de enfermedades como el cáncer de piel en los seres humanos⁵³.

Algunos contaminantes tienen consecuencias ecológicas irreversibles como evidencian las modificaciones en los suelos por deposición de lluvias ácidas o los cambios en los lagos por aumento de la concentración de metales tóxicos en el agua dulce⁵³.

Lluvia ácida.

La acidificación del agua dulce tiene efectos muy graves sobre los ecosistemas, afectando a todos los organismos del medio acuático y alterando la estructura de sus niveles tróficos. La acidificación de los lagos se extiende además a áreas extensas en torno a ellos⁵³.

Los efectos de las precipitaciones ácidas muestran graves perjuicios sobre la biología acuática. Las zonas más propensas a la acidificación del agua tienen suelos ácidos de poca profundidad, superpuestos a rocas graníticas o son suelos arenosos muy erosionados⁵³.

Acidificación de los suelos.

La acidificación de los suelos depende del espesor de la capa de humus, de la consistencia del sustrato y del tipo de rocas. Uno de los efectos más perjudiciales es la movilidad de sus elementos, que causa la pérdida de cationes metálicos como el calcio, magnesio, potasio y aluminio⁵³.

En Europa central, las altas deposiciones de compuestos de azufre y nitrógeno han producido graves daños sobre extensas áreas de suelo y bosques, afectados por la acción combinada de ácidos y metales y por las altas concentraciones de dióxido de azufre (SO₂) en el aire⁵³.

La combinación de un bajo pH y metales produce daños en las raíces de los árboles, dificultando la absorción de nutrientes⁵³.

Contaminación atmosférica. Impacto ambiental y estudio global de la salud.

Numerosos estudios realizados sobre contaminación ambiental ponen de manifiesto la relación existente entre la calidad del aire que respira la población urbana y el aumento de la mortalidad por esta causa. La gravedad de los resultados obtenidos ha permitido tomar algunas medidas para proteger la salud de las personas y el medio ambiente. La exposición a la contaminación del aire provoca efectos adversos en nuestra salud, principalmente enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Las infecciones epidemiológicas y la exposición continua a la contaminación del aire empeoran gravemente la salud de las personas más vulnerables⁵³.

La contaminación atmosférica es la cuarta causa directamente relacionada con la mortalidad de la población mundial. La OMS estima que la contaminación atmosférica es responsable de 3 millones de muertes prematuras en el mundo cada año y del 3.2% de la carga mundial de enfermedades como cáncer de pulmón, asma e infecciones graves respiratorias⁵³.

Los estudios globales sobre interacción entre contaminación atmosférica por partículas en suspensión $PM_{2.5}$ y salud humana revelan que los países más afectados pertenecen al Sureste asiático, Oriente Medio y Norte de África. Son: China, Bangladesh, India, Arabia Saudita y Egipto, donde superan ampliamente los límites umbral establecidos por la Organización Mundial de la Salud en la concentración de partículas $PM_{2.5}$ y la consecuente relación directa en la reducción de esperanza de vida y edad prematura de mortalidad de su población actualmente⁵³.

El material particulado $PM_{2.5}$ es el más nocivo. Puede causar y agravar enfermedades pulmonares como asma, enfisema, bronquitis, especialmente en personas vulnerables, niños y ancianos. También las personas que trabajan o realizan deporte al aire libre, respirando continua y prolongadamente partículas microscópicas en suspensión⁵³.

1.3 Definición de términos básicos:

Aire. - Sustancia gaseosa, transparente, inodora e insípida que envuelve la Tierra y forma la atmósfera; está constituida principalmente por oxígeno y nitrógeno, y por cantidades variables de argón, vapor de agua y anhídrido carbónico²⁶.

Calidad ambiental. - Por definición, las características cualitativas y/o cuantitativas inherentes al ambiente en general o medio particular, y su relación con la capacidad relativa de éste para satisfacer las necesidades del hombre y/o de los ecosistemas²⁶.

Calidad de vida. - Es un conjunto de factores que da bienestar a una persona, tanto en el aspecto material como en el emocional. En otras palabras, la calidad de vida son una serie de condiciones de las que debe gozar un individuo para poder satisfacer sus necesidades²⁶.

Contaminación ambiental. - La contaminación es la presencia de un ingrediente activo (físico, químico o biológico) o una combinación de diferentes ingredientes activos en lugares, formas y concentraciones en el medio ambiente de manera que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o el bien - el propio ser de la ciudad o lo que puede perjudicar la vida de las personas o impedir el uso normal de los inmuebles y lugares de ocio y disfrute de los mismos es también la incorporación de sustancias sólidas y líquidas o de bebidas no alcohólicas o de mezclas de los cuerpos absorbentes, siempre que alteren sus condiciones naturales o pueden ser perjudiciales para la salud, la higiene o el bienestar del público⁵⁴.

Contaminación atmosférica. - Es el deterioro de la atmósfera causado por la introducción y presencia temporal en ella de gases, líquidos, sólidos o radiaciones que no formen parte de su composición natural o superen dicha composición⁴².

Contaminación del aire. - Este es un gas inoloro e imperceptible por el ojo humano y es uno de los gases más presentes en la contaminación ambiental debido a su forma de producción, este gas puede causar la muerte de una persona cuando esta lo inhala en niveles altos de concentración por un periodo alargado de 8 horas continuas, el CO es generado cuando la naturaleza produce y degrada clorofila, en otras palabras por la fotosíntesis vegetal, por otro lado, el CO es generado por la gasolina empleada como combustible por los vehículos y motocicletas, un vehículo es capaz de generar 360g de monóxido de carbono por litro de gasolina consumido y este tiene un gran efecto sobre la salud humana, ya que se une con la hemoglobina dificultando el transporte de oxígeno a los tejidos degenerando el sistema nervioso central de las personas⁵⁵.

Contaminantes. - Son aquellas sustancias generadas por las actividades del hombre (antropogénicos), y que producen efectos perjudiciales en el ambiente, los que pueden alterar tanto la salud como el bienestar de las personas¹⁰.

Contaminantes primarios. - Son aquellos que se emiten en forma directa a la atmósfera y son Monóxido de carbono (CO); Óxidos de nitrógeno (NO_x, especialmente NO y NO₂); Óxidos de azufre (SO_x, especialmente H₂S); Hidrocarburos (HC) o compuestos orgánicos volátiles (COV), actualmente se distinguen dos tipos: Metano (CH₄) y compuestos no metálicos (COVNM)²⁶.

Electricidad. - Es el conjunto de fenómenos físicos relacionados con la presencia y flujo de cargas eléctricas. Se manifiesta en una gran variedad de fenómenos como los rayos, la electricidad estática, la inducción electromagnética o el flujo de corriente eléctrica²⁶.

Energía eléctrica. - La energía eléctrica es una forma de energía que se deriva de la existencia en la materia de cargas eléctricas positivas y negativas que se neutralizan. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa o luz, la energía mecánica y la energía térmica²⁶.

Estándares de calidad ambiental. - Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada²⁶.

Fuentes de emisión de contaminantes. - Las fuentes emisoras se pueden clasificar en Fijas y Móviles. Las primeras se refieren a emisiones que se producen en industrias, hogares, plantas generadoras de electricidad, fundiciones, etc.; mientras que las Móviles, están referidas a los sistemas de transporte como: automóviles, buses, camiones, etc⁵⁶.

Hidrocarburos. - Son cadenas de combinaciones complejas entre carbono e hidrógeno que incluye cuatro series significativas compuestas: Parafinas, naftenos, olefinas y aromáticos. Estos cuerpos difieren de acuerdo al contenido de hidrógeno, siendo las parafinas las de mayor proporción de hidrógeno y los aromáticos menores⁵⁶.

Material particulado. - El material particulado forma parte de la contaminación del aire. Su composición es muy variada y podemos encontrar, entre sus principales componentes, sulfatos, nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales, cenizas metálicas y agua²⁶.

Medio ambiente. - Es un sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana. Se trata del entorno que condiciona la forma de vida de la sociedad y que incluye valores naturales, sociales y culturales que existen en un lugar y momento determinado²⁶.

Monóxido de carbono. - Es un contaminante muy tóxico que suele ser uno de los contaminantes ambientales internos. Al ser un gas incoloro e inodoro, producido en la quema de derivados del petróleo, carbón, madera y gas natural y con alta afinidad por la hemoglobina contenida en los glóbulos rojos, debe ser considerado altamente contaminante. peligroso, que en altas concentraciones puede causar la muerte, puede provenir de diversas fuentes: Naturales (Oxidación natural del metano; Respiración de los seres vivos; Incendios accidentales de bosques, minas, etc.) y Artificiales (Procesos industriales; Disposición de desechos sólidos; Combustión de transportes)⁵⁴.

Óxido de Azufre (SOx). - Los óxidos de azufre provienen de combustibles fósiles, con especial intensidad en los carbones con alto contenido en azufre, los efectos producidos sobre la salud humana actúan como agravantes de los problemas respiratorios. Otros efectos provocados por los óxidos de azufre son la corrosión de los materiales y la formación de depósitos ácidos, que provocan daños en las plantas. Su misión puede ser controlada por filtros específicos para óxidos de azufre, además de limitar el contenido de azufre en los combustibles, estableciendo los niveles máximos de este aceptable⁵⁷.

Óxido de nitrógeno (NOx). - Los óxidos de nitrógeno son emitidos por los tubos de escape de los automóviles y en general en la combustión de cualquier tipo de combustible, su efecto en la inhalación por el hombre produce irritaciones en los conductos respiratorios, para su control se debe reducir el empleo de combustibles en motores de combustión⁵⁷.

Ozono. - Es un gas contaminante que se encuentra en la atmósfera producido por emisiones vehiculares y de industria y, que a la vez actúa como escudo que protege de la tierra de los rayos ultravioleta. También es un gas que está presente en grandes cantidades en el aire, generando problemas a la salud humana como por ejemplo enfermedades agudas respiratorias y aumento en la mortalidad irritaciones en las mucosas, dermatitis y hasta cataratas. El nivel de esta categoría se ha considerado como un límite de exposición del ozono de 85 partes por billón (ppb). Esto se basa en el establecido por el estándar de la EPA en Estados Unidos (EPA 2007)⁵⁸.

Salud Ambiental. - aquella disciplina que abarca los aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida y el bienestar social, que están determinados por factores ambientales físicos, biológicos, químicos, sociales y psicológicos²¹.

CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS

2.1 Variables y su operacionalización.

➤ Variables.

Variable Independiente (X):

X₁. Emisión de contaminantes primarios.

Variable Dependiente (Y):

Y₁. Salud Ambiental.

➤ Definición conceptual.

- a) Emisión de contaminantes primarios: Son aquellos elementos que se emiten a la atmósfera en forma directa y pueden sufrir transformaciones químicas que alteraran su naturaleza⁴⁹.
- b) Salud Ambiental: Aquella disciplina que comprende los aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida y el bienestar social, que son determinados por factores ambientales físicos; químicos, biológicos, sociales y psico-sociales⁴⁹.

➤ Indicador.

a. Contaminantes primarios.

- Monóxido de carbono (CO) – Óxido de azufre (SO_x) – Óxidos de Nitrógeno (NO_x) - Hidrocarburo (HC) - Elemento particulado.

b. Salud Ambiental.

- Afecciones oculares – Afecciones respiratorias.

c. Índice

- a) - Monóxido de carbono (CO) – Óxido de azufre (SO_x) - Óxidos de Nitrógeno (NO_x) - Hidrocarburo (HC) - Elemento particulado.
 - Mg/m³N.
- b) Afecciones oculares – Afecciones respiratorias.
 - %.

d. Instrumento.

- El instrumento utilizado es el equipo y material de laboratorio y; precisión; Encuesta – cuestionario.

2.2. Formulación de la hipótesis.

Hipótesis General.

Existe una relación positiva significativa entre la emisión de contaminantes primarios por parte de Electro Oriente y la prevalencia de afecciones respiratorias y oculares en los residentes de la zona de Iquitos en el año 2022.

Hipótesis alterna.

- Existe una relación positiva significativa entre los niveles de emisión de monóxido de carbono por parte de Electro Oriente y la prevalencia de afecciones respiratorias y oculares en Iquitos.
- Existe una relación positiva significativa entre los niveles de emisión de óxidos de nitrógeno por parte de Electro Oriente y la prevalencia de afecciones respiratorias y oculares en Iquitos.
- Existe una relación positiva significativa entre los niveles de emisión de óxido de azufre por parte de Electro Oriente y la prevalencia de afecciones respiratorias y oculares en Iquitos.
- Existe una relación positiva significativa entre los niveles de emisión de hidrocarburos por parte de Electro Oriente y la prevalencia de afecciones respiratorias y oculares en Iquitos.
- Existe una relación positiva significativa entre los niveles de emisión de elementos particulados por parte de Electro Oriente y la prevalencia de afecciones respiratorias y oculares en Iquitos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño metodológico.

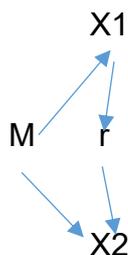
Tipo:

La investigación es un estudio cuantitativo, de campo, transversal y prospectivo.

Diseño de investigación:

El diseño de investigación es no experimental. Con un enfoque correlación y causal que nos permitió examinar si existe una relación estadísticamente significativa entre la emisión de contaminantes primarios y la salud ambiental en la zona de Iquitos. El enfoque causal nos permitió investigar si la emisión de estos contaminantes tiene un impacto directo en la salud de la población.

Diseño correlacional X1.



Donde:

M= Muestra en estudio.

X1: Contaminantes primarios.

X2: Salud ambiental.

R: Coeficiente de correlación.

3.2. Población y muestra.

Población:

La población sujeta al estudio fueron los residentes que viven dentro de un cierto radio de la planta de energía de Electro Oriente, o en áreas donde los niveles de contaminantes medidos o modelados superen los límites permisibles.

Ubicación geográfica:

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los hogares aledaños ubicados a los alrededores de la empresa Electro Oriente, ubicado en el Distrito de Iquitos, Provincia Maynas, Departamento de Loreto, cuyas coordenadas referenciales son: Latitud Sur: 3°44'10.59"S; Longitud Oeste: 73°14'36.90"O; Altitud: 93m.s.n.m.

Figura N°01: Lugar de ejecución de la investigación (Electro Oriente).



Fuente: Google Earth Pro.

Clima:

La zona en estudio presenta un clima de bosque húmedo tropical, con una temperatura media anual de 26.5°C, una precipitación pluvial de 3,000 m.m/año y una humedad relativa de 83%.

Tamaño de la muestra de estudio.

a. Contaminantes primarios:

Todos los contaminantes primarios se sometieron a tres demostraciones separadas en varios momentos y en varios días (ver Tabla N° 05), para un total de 27 demostraciones.

b. Salud Ambiental:

La muestra lo conformaron 138 encuestas y se distribuyeron aleatoriamente a los residentes del área alrededor de la empresa Electro Oriente para el trabajo de investigación.

Tipo de muestreo y procedimiento de selección de la muestra

El tipo de muestreo es probabilístico considerando el trabajo de investigación. El muestreo o recolección de datos fue en un solo punto en el tiempo para entender la relación entre la emisión de contaminantes y la salud de los residentes de Iquitos, estos resultados se utilizaron para anticipar posibles impactos futuros en la salud.

Criterios de selección:

- Criterios de inclusión:

Para la variable salud ambiental, el criterio de inclusión incluyó entrevistar a un adulto (mayor de edad).

- Criterio de exclusión:

Los niños no están incluidos en la encuesta.

3.3. Técnicas e instrumentos

Materiales

- Cámara fotográfica.
- Libreta de campo.
- Paquete estadístico.
- Computadora.
- Tablet

Tratamiento en estudio

Factores:

a.- Contaminantes primarios (Monóxido de carbono (CO), óxido de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburo (HC) y elemento particulado).

b.- Salud Ambiental (Afecciones oculares y afecciones respiratorias).

Unidades Experimentales (UE):

Se censó a toda la población de acuerdo con la siguiente fórmula:

Se tomó una muestra aleatoria de la población, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$N^* = (Z\alpha)^2 \cdot \sigma^2 / E^2$$

donde:

N^* = Tamaño de la muestra

Z = el nivel de confianza utilizado, que a menudo proporciona el investigador; generalmente se utilizan niveles de confianza entre 0,05 y 0,01.

σ^2 = la varianza, que debe calcularse ya sea mediante un estudio piloto u otra investigación.

E = Error, generalmente dado por el investigador.

En consecuencia, tenemos:

$$Z\alpha)^2 = 95\% = 1.96 \setminus$$

$$S^2 = 6$$

$$E = 1$$

Y haciendo la corrida en el MINITAN obtenemos:

$$n = 138$$

3.4. Procedimientos de recolección de datos

Respecto al recojo de la información de los contaminantes primarios se tomaron como base los informes presentados por la Empresa Hidrosat y Medio Ambiente S.A.C, en cuyo informe se plasma los monitoreos y mediciones de calidad de aire, agua, meteorología, ruido, emisiones, iluminación y radiaciones no ionizantes del año 2018.

Respecto a la salud ambiental el recojo de la información se hizo en base a la técnica de la encuesta y dentro de ella como instrumento el cuestionario (ver anexo 03).

Variable	Técnicas	Instrumento	Confiabilidad	validez
Emisión de elementos primarios.	Para CO se utilizó la prueba de infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático) Para NOx se utilizó en método de Quimioluminiscencia (Método automático) Para SOx se utilizó el método Fluorescencia ultravioleta (Método automático) Para material particulado con diámetro < a 10 micra PM10, se utilizó el método Separación inercial/filtración (Gravimetría) para Hidrocarburos, se utilizó el método de infrarrojo no dispersivo.	Equipo y material de Precisión.	Para realizar el monitoreo de calidad de aire, fue en base a lo establecido por el "Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos" de DIGESA.	
	Encuesta.	Cuestionario.	0.88 (alfa de crombach).	**

* instrumento confiable; ** la prueba de validez fue realizada a través de la prueba de "validez interna" que debe cumplir con los siguientes requisitos:
1ro: La Comunalidad debe ser mayor 0.4; 2do: La prueba de esfericidad de Bartlett debe ser menor de 0.05.

Y haciendo la corrida del SPSS se tiene los siguientes resultados.

- Comunalidad = mayor de 0.4 (ver anexo 5).
- KMO = 0.518, mayor que 0.5 (ver anexo 6).
- Significancia: 0.000 altamente significativo (ver anexo 6).
- Por lo tanto, el instrumento tiene validez interna⁵⁹.

3.5 Técnicas de procesamientos y análisis de la información.

Los datos registrados se analizaron y luego se compilaron a una base de datos a través del Software SPSS-25 y MINITAB 18 y se tuvieron en cuenta en cuenta las siguientes estadísticas:

a. Para variable Contaminantes primarios:

Se utilizaron los siguientes estadísticos.

- Estadísticas descriptivas como promedio y límites superior e inferior
- Diagrama de control general (SPSS) y diagrama de control individual (MINITAB).

b. Para variable salud ambiental:

Se utilizaron las siguientes estadísticas:

- Frecuencias y porcentajes.
- Cuadro de frecuencia múltiple.
- Diagrama de Clúster por cada indicador.

c. Para el contraste de hipótesis:

Se utilizó los siguientes estadígrafos.

A. Correlación de Pearson (r) (para correlación lineal).

Se tuvo en cuenta la siguiente fórmula⁶⁰:

$$r = \frac{S_{XY}}{S_X \cdot S_Y}$$

donde:

S_{XY} = covarianza de x e Y.

S_X = es la desviación estándar de X.

S_Y : es la desviación estándar de Y.

B. Correlación Spearman (rs) (para correlación no lineal).

Se tuvo en cuenta la siguiente fórmula⁶⁰:

$$R_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

3.6. Aspectos éticos.

Se tomaron, la reserva y la discreción del informe de la Empresa Hidrosat y medio ambiente SAC del presente trabajo y se tuvo en cuenta la rigurosidad científica y las buenas prácticas de investigación, Así como la confidencialidad de los encuestados.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Emisión de contaminantes primarios

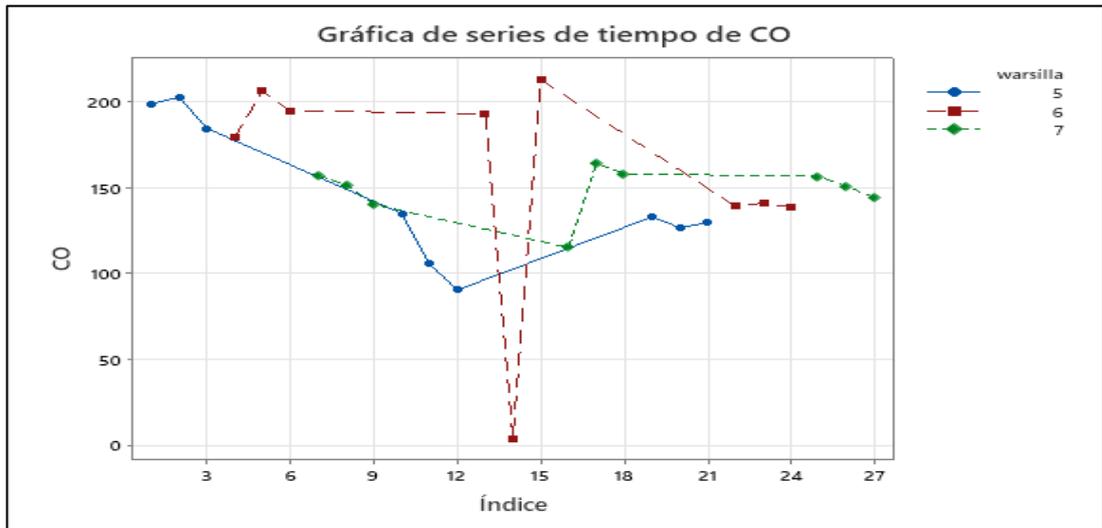
Tabla N° 05: Resumen ejecutivo de contaminantes primarios.

Grupo	Fecha	Hora	CO mg/m ³ N	NOx mg/m ³ N	SOx mg/m ³ N	HC mg/m ³ N	Partícula mg/m ³ N
W5	31/03/18	18.00	198,7	1241,7	157,8	0,1223	1,2387
		18.30	202,6	1295,4	219,7	0,1233	1,2489
		19.00	184,5	1189,4	220,2	0,1221	1,2365
W6	31/03/18	19.00	179,5	1096,9	127,9	0,1275	1,2908
		19.30	206,1	1126,7	141,6	0,1273	1,2893
		20.00	194,9	1048,9	120,1	0,1269	1,2848
W7	31/03/18	21.00	157,4	1055,1	42,9	0,1571	1,5912
		21.30	151,6	1057,5	45,7	0,1576	1,5956
		22.00	140,2	1045,2	37,7	0,1573	1,5930
W5	19/05/18	10.00	135,7	1892,2	0	0,3542	3,5965
		10.30	105,6	2011,4	0	0,3670	3,7167
		11.00	90,5	2026,3	0	0,3761	3,8081
W6	19/05/18	14.00	193,4	1547,5	241,9	0,2384	2,4140
		14.30	192,6	1542,8	250,5	0,2373	2,4034
		15.00	212,7	1690	277,5	0,2373	2,4012
W7	20/05/18	11.00	115,2	1325,8	90,1	0,2321	2,3507
		11.30	154	1178,2	79,5	0,2337	2,3669
		12.00	158	165,1	56,6	0,2345	2,3741
W5	21/08/18	18.00	132,95	1575,5			51,92
		18.30	126,69	1564,38			52,11
		19.00	129,56	1536,83			52,13
W6	21/08/18	19.00	139,12	1336,25			63,06
		19.30	141,13	1324,72			63,32
		20.00	138,05	1309,31			63,25
W7	27/08/18	19.00	156,65	1201,35			77,45
		19.30	150,77	1192,62			77,27
		20.00	144,28	1128,38			76,94

Fuente: informe Empresa Hidrosat y medio ambiente SAC

La tabla reporta los resultados de emisión de contaminantes primarios como son el monóxido de carbono (CO), Óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), Hidrocarburos (HC) y elemento particulado de tres grupos Warsilla que posee Electro Oriente, todos los reportes están en mg/m³ N (miligramos por metro cúbico normal), datos tomados el año 2018, a razón de tres muestras durante el día.

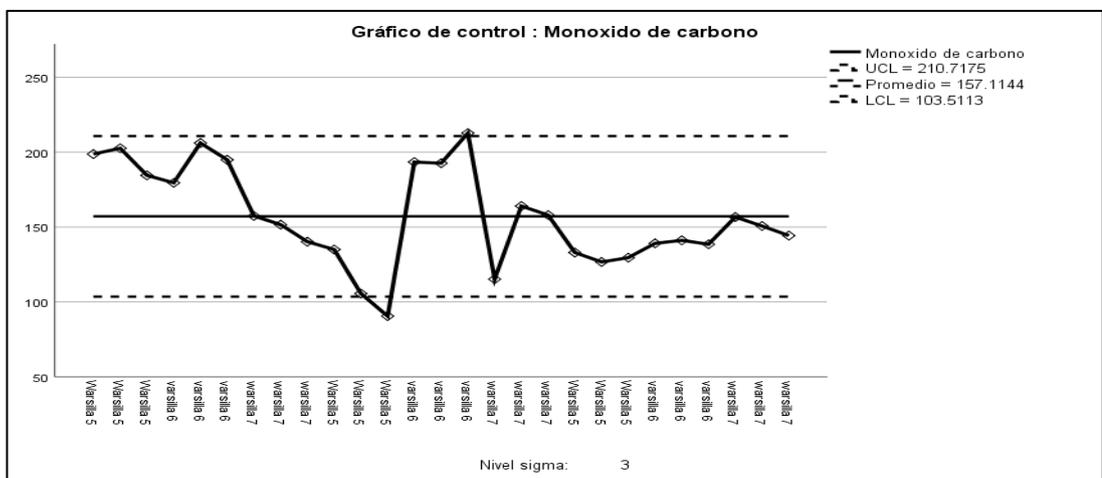
Figura N° 02: Control Contaminante Monóxido de carbono (CO).



Fuente: Tabla N° 05.

La figura N° 02 reporta la tendencia individual por grupo Warsilla del contaminante Monóxido de carbono (CO).

Figura N° 03: Control Contaminante Monóxido de carbono (resumen de los tres grupos).

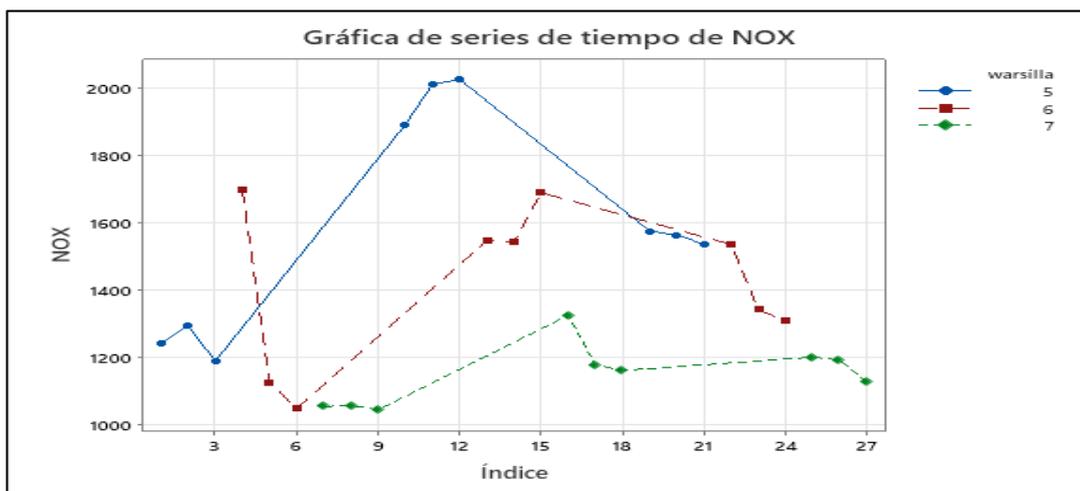


Fuente: Tabla N° 05.

La figura N° 03 reporta el control del contaminante Monóxido de carbono (CO), donde se nota que persigue una tendencia sigmoidea, entre otras cosas se aprecia lo siguiente:

- El promedio de emisión fue de 157.11.
- El límite máximo permisible fue de 210.71 y el mínimo fue de 103.51.

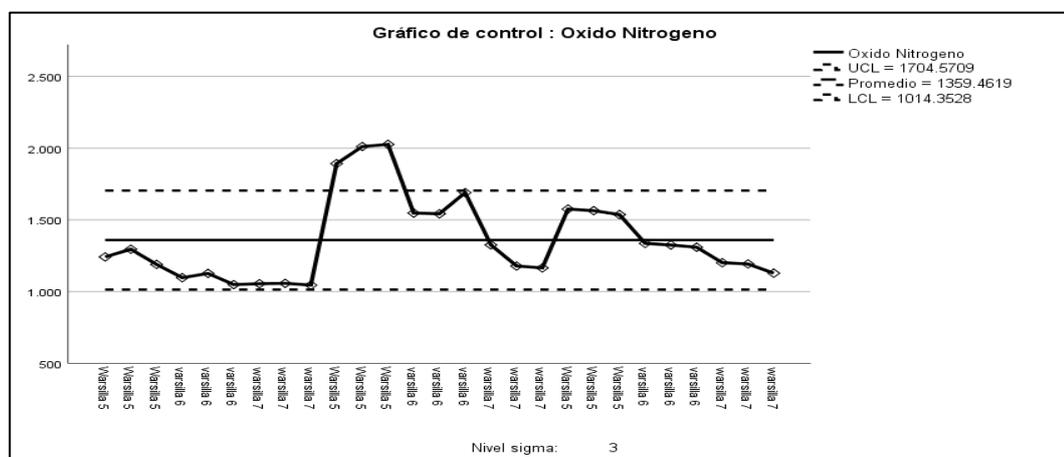
Figura N° 04: Control contaminante Óxido de nitrógeno (NOx).



Fuente: Tabla N° 05.

La figura N° 04 reporta las emisiones de contaminante por cada grupo warsilla en estudio, donde se observa que los tres grupos presentan distribuciones diferentes.

Figura N° 05: Control contaminante Óxido de nitrógeno (resumen ejecutivo de los tres grupos warsilla).

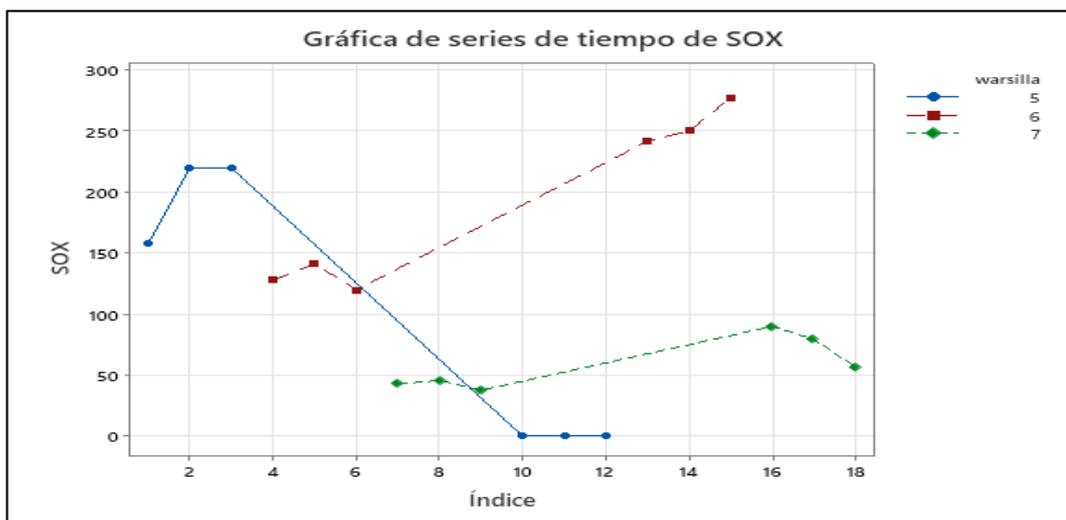


Fuente: Tabla N° 05.

La figura N° 05 reporta el diagrama de control del contaminante Óxido de nitrógeno (NOx), que entre otras cosas se aprecia lo siguiente:

- El promedio de emisión de contaminante del NOx reporta 1359.56 mg/m³N.
- El límite mínimo permisible arroja 1014,35 mg/m³N. y el límite máximo permisible arroja 1704,57.

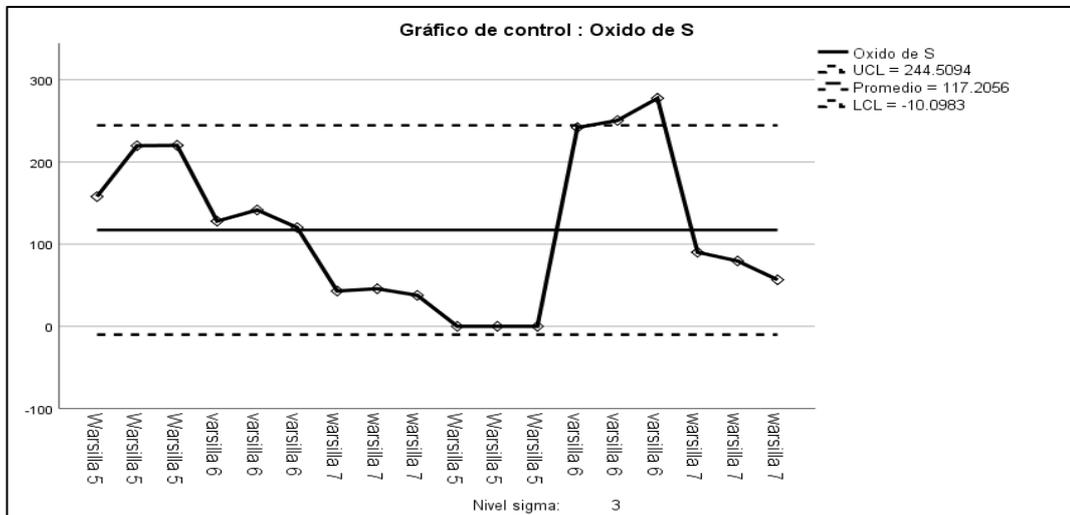
Figura N° 06: Control contaminante Óxido de azufre (SOx).



Fuente: Tabla N° 05.

La figura N° 06 reporta las tendencias de emisión de contaminantes de los tres grupos Warsilla.

Figura N° 07: Control óxido de azufre (resumen ejecutivo de los tres grupos).

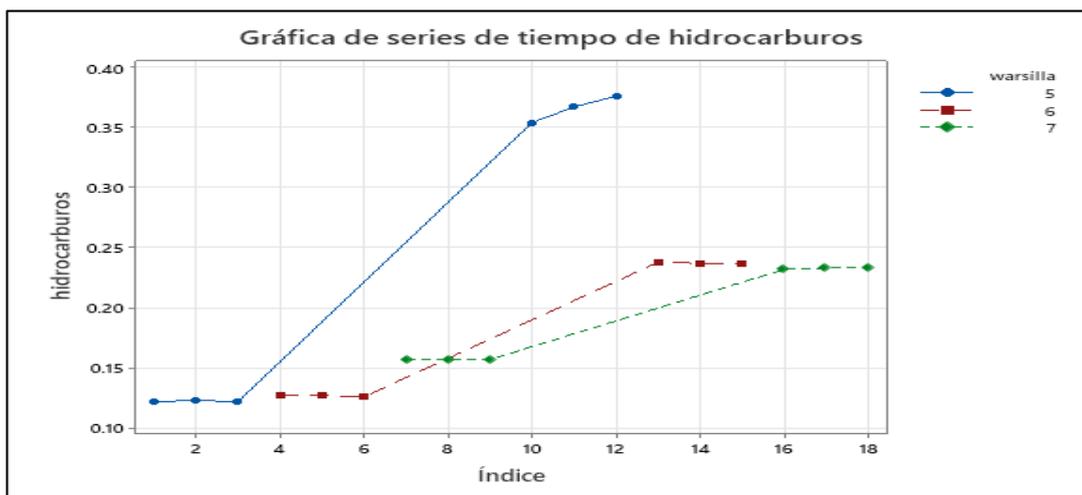


Fuente: Tabla N° 05.

La figura N° 07 reporta el control del contaminante Óxidos de azufre (SOx), el diagrama entre otras cosas reporta:

- El promedio de emisión de este contaminante 117,50 mg/m³N.
- El límite mínimo permisible arroja 10,098 mg/m³N y el máximo permisible arroja 244,50 mg/m³N.

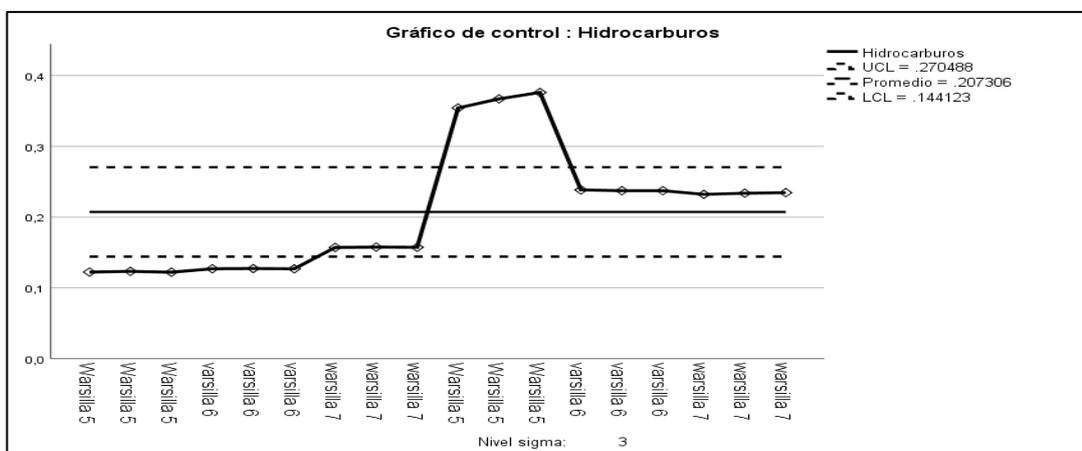
Figura N° 08: Diagrama de control contaminante Hidrocarburo (HC).



Fuente: Tabla N° 05.

La figura N° 08 reporta la emisión del contaminante Hidrocarburo por cada grupo, donde se observa que el Warsilla tiene los niveles más elevados de este contaminante.

Figura N° 09: Control contaminante Hidrocarburos (resumen ejecutivo de los tres grupos).

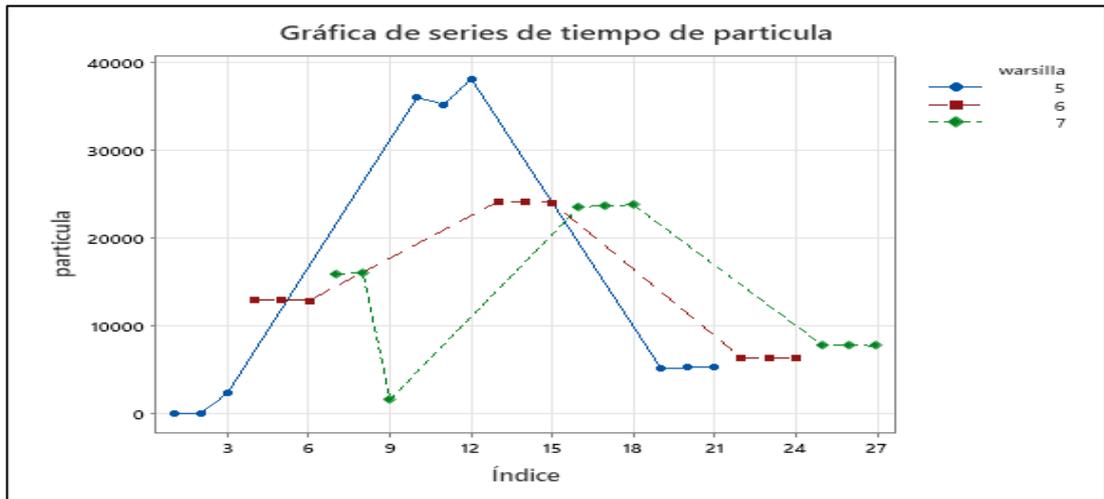


Fuente: Tabla N° 05.

La figura N° 09 reporta el control del contaminante Hidrocarburo, que se resume en lo siguiente:

- El promedio de este contaminante es de 0.2073 mg/m³N.
- El límite mínimo permisible fue de 0.1441 mg/m³N y el máximo permisible 0.2704 mg/m³N.
- Existe una tendencia de mayor emisión en grupo Warsilla 5.

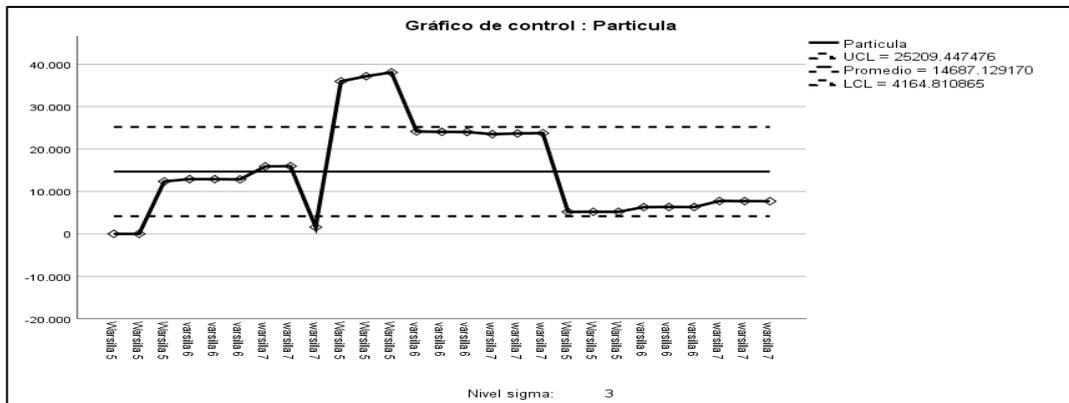
Figura N° 10: Control contaminante Elemento particulado.



Fuente: Tabla N° 05.

La figura N° 10 reporta la emisión del contaminante Elemento particulado por cada grupo Warsilla, se observa la tendencia en alza del grupo Warsilla 5.

Figura N° 11: Control Contaminante elemento particulado (resumen ejecutivo de los tres grupos).



Fuente: Tabla N° 05.

La figura N° 11 reporta lo siguiente:

- El promedio de partículas emitidas fue de 14687,12 mg/m³N.
- El límite mínimo permisible fue de: 4164,81 mg/m³N y el máximo permisible fue de 25209,44 mg/m³N.
- También se observa que el grupo warsilla 5 tiene los mayores índices de contaminación.

4.2. Salud Ambiental

4.2.1. Indicador Afecciones respiratorias.

Tabla N° 06: Resumen ejecutivo Indicador Afecciones respiratorias.

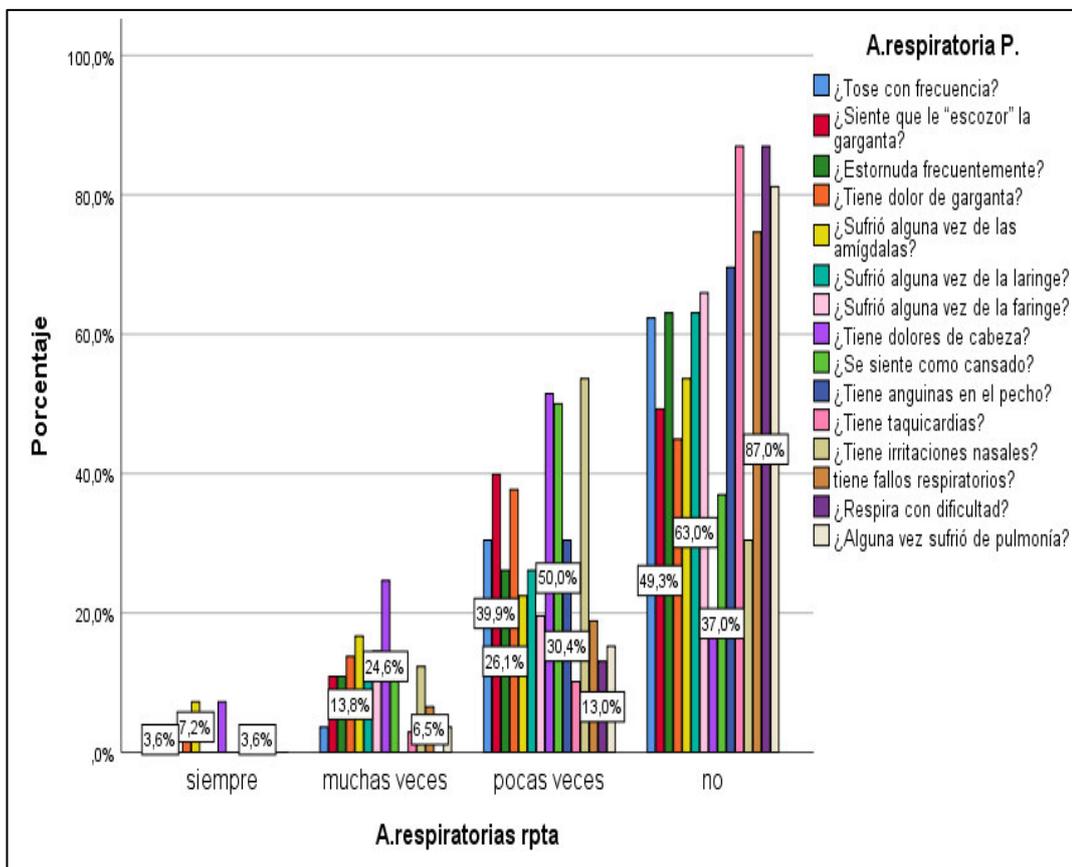
Preguntas	Opciones de respuestas	Frecuencia	Porcentaje
¿Tose con frecuencia?	Siempre	5	3,6
	Muchas veces	5	3,6
	Pocas veces	42	30,4
	No	86	82,3
	Total	138	100
¿Siente escozor en la garganta?	Siempre	15	10,9
	Muchas veces	0	0
	Pocas veces	55	39,9
	No	87	63
	Total	138	100
¿Estornuda frecuentemente?	Siempre	15	10,9
	Muchas veces	0	0
	Pocas veces	36	26,1
	No	87	63
	Total	138	100
¿Sufre de dolores de garganta?	Siempre	5	3,6
	Muchas veces	19	13,8
	Pocas veces	52	37,7
	No	62	44,9
	Total	138	100
¿Sufrió alguna de las amígdalas?	Siempre	10	7,2
	Muchas veces	23	16,7
	Pocas veces	31	22,5
	No	74	53,6
	Total	138	100
¿Sufrió alguna vez de la laringe?	Siempre	15	10,9
	Muchas veces	0	0
	Pocas veces	36	26,1
	No	87	63
	Total	138	100
¿Sufrió alguna vez de la faringe?	Siempre	20	14,5
	Muchas veces	0	0
	Pocas veces	27	19,6
	No	91	65,9
	Total	138	100
¿Tiene dolores de cabeza?	Siempre	10	7,2
	Muchas veces	34	24,6
	Pocas veces	71	51,4
	No	23	16,7
	No sabe/no opina	0,	0
Total	138	100	
¿Se siente como cansado?	Siempre	10	13
	Muchas veces	0	0

Preguntas	Opciones de respuestas	Frecuencia	Porcentaje
	Pocas veces	69	50
	No	51	37
	Total	138	100
¿Sufre de Anginas en el pecho?	Siempre	0	0
	Muchas veces	0	0
	Pocas veces	42	30,4
	No	96	69,6
	Total	138	100
¿Tiene taquicardias?	Siempre	4	2,9
	Muchas veces	0	0
	Pocas veces	14	10,1
	No	120	87
	Total	138	100
¿Tiene irritaciones nasales?	Siempre	5	3,6
	Muchas veces	17	12,3
	Pocas veces	74	53,6
	No	42	30,4
	Total	138	100
¿Tiene fallos respiratorios?	Siempre	0	0
	Muchas veces	9	6,5
	Pocas veces	26	18,8/
	No	103	74,6
	Total	138	100
¿Respira con dificultad?	Siempre	0	0
	Muchas veces	0	0
	Pocas veces	18	13
	No	120	87
	Total	138	100
¿Sufrió alguna vez de pulmonía?	Siempre	0	0
	Muchas veces	5	3,6
	Pocas veces	21	15,2
	No	112	81,2
	Total	138	100

Fuente: Base de datos.

La tabla N° 06 reporta los resultados obtenidos por la encuesta a los vecinos del área adyacente de Electro Oriente, en ella se observa las preguntas, las opciones de respuestas la frecuencia de cada respuesta y el valor porcentual de cada una de ellas, esta primera parte de la encuesta corresponde al rubro de afecciones respiratorias.

Figura N° 12: Indicador Afecciones respiratorias a través de un diagrama clúster.



Fuente: Tabla N° 06.

La figura N° 12 reporta los resultados gráficos del indicador Afecciones respiratorias, donde se observa que la tendencia de las respuestas cae en la opción de "no", seguido muy de cerca de la opción "pocas veces".

4.2.2. Afecciones oculares.

Tabla N° 07: Resumen ejecutivo Indicador Afecciones oculares.

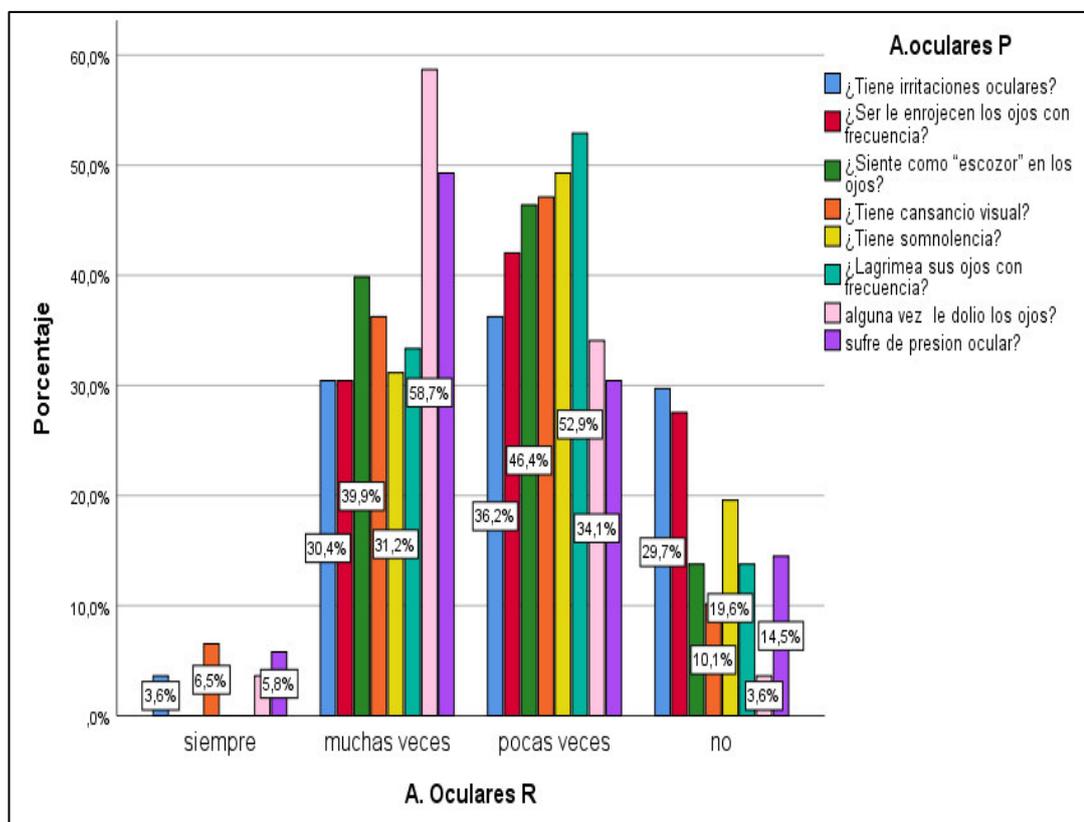
Preguntas	Opciones de respuestas	Frecuencia	Porcentaje
¿Tiene irritaciones oculares?	Siempre	5	3,6
	Muchas veces	42	30,4
	Pocas veces	50	36,2
	No	21	29,7
	Total	138	100
¿Se le enrojecen los ojos con frecuencia?	Siempre	42	30,4
	Muchas veces	0	0
	Pocas veces	58	42
	No	38	27,5
	Total	138	100
¿Siente como "escozor" en los ojos?	Siempre	0	0
	Muchas veces	55	39,9
	Pocas veces	64	46,4
	No	19	13,8
	Total	138	100
¿Tiene cansancio visual?	Siempre	9	6,5
	Muchas veces	50	36,2
	Pocas veces	65	47,1
	No	14	10,1
	Total	138	100
¿Tiene somnolencia?	Siempre	0	0
	Muchas veces	43	31,2
	Pocas veces	68	49,3
	No	27	19,6
	Total	138	100
¿Lagrima sus ojos con frecuencia?	Siempre	0	0
	Muchas veces	46	33,3
	Pocas veces	73	52,9
	No	19	13,8
	Total	138	100
Califique su visibilidad	Muy buena	0	0
	Buena	25	18,1
	Regular	100	72,5
	Mala	13	9,4
	Total	138	100

Califique su agudeza visual	Muy buena	0	0
	Buena	29	21
	Regular	91	65,9
	Mala	18	13
	Total	0	0
Califique su discernimiento de la luminosidad	Muy buena	0	0
	Buena	29	21
	Regular	91	65,9
	Mala	18	13
	Total	138	100
¿Alguna vez le dolió sus ojos?	Siempre	5	3,6
	Muchas veces	81	58,7
	Pocas veces	47	34,1
	No	5	3,6
	Total	138	100
¿Sufre de presión ocular?	Siempre	8	5,8
	Muchas veces	68	49,3
	Pocas veces	42	30,4
	No	20	14,5
	Total	138	100

Fuente: Base de datos

La tabla N° 07 reporta las respuestas del indicador Afecciones oculares, que consta de cinco preguntas, en ella se observa la pregunta, las opciones de respuesta, la frecuencia y el valor porcentual de las mismas.

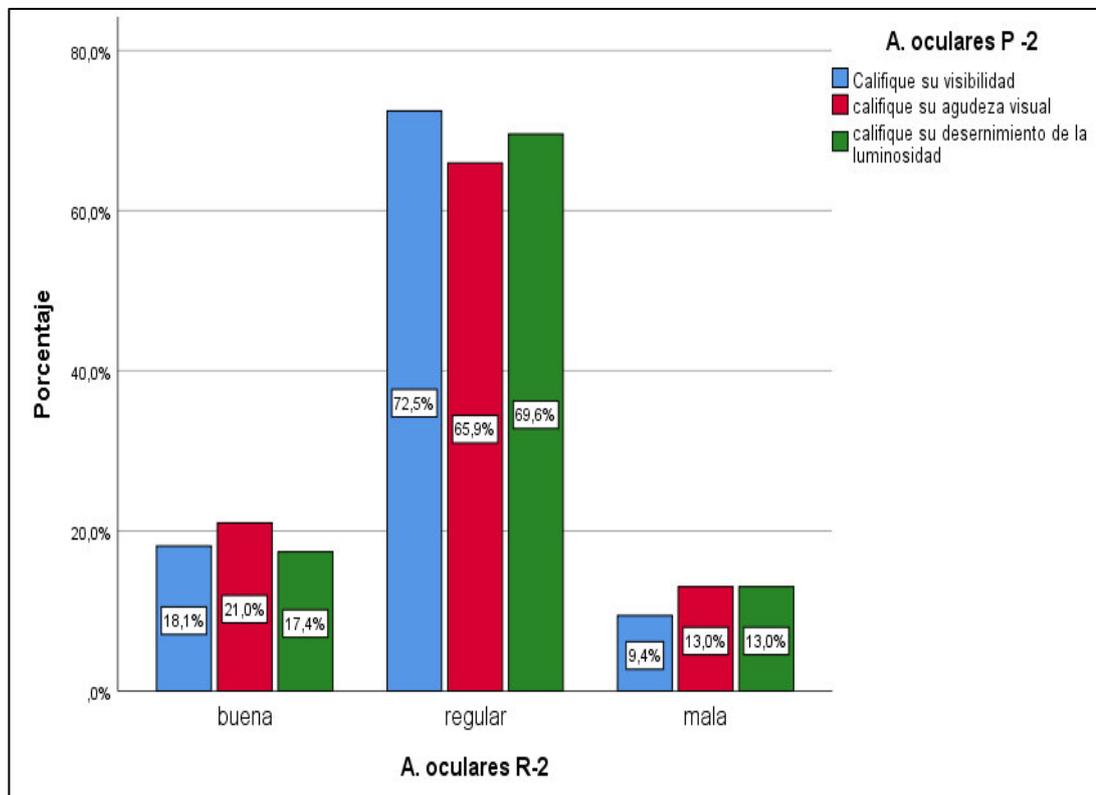
Figura N° 13: Indicador Afecciones Oculares, a través de un diagrama clúster, preguntas del 2.1. al 2.6 y 2.10 y 2.11).



Fuente: Tabla N° 07.

La figura N° 13 reporta el resumen gráfico del indicador Afecciones oculares, en las preguntas ¿Tiene irritaciones oculares?; Se le enrojecen los ojos con frecuencia?; ¿Siente como "escozor" en los ojos?; ¿Tiene cansancio visual?; ¿Tiene somnolencia?; ¿Lagrima sus ojos con frecuencia?, y también de ¿Alguna vez le dolieron sus ojos?, ¿Sufre de presión ocular?, en este gráfico se observa que la tendencia de las respuestas se manifiesta en la opción "muchas veces" y "pocas veces".

Figura N° 14: Indicador Afecciones Oculares, a través de un diagrama clúster, preguntas: califique su visibilidad, califique su agudeza visual y su discernimiento de la luminosidad.



Fuente: Tabla N° 07.

La figura N° 14 reporta los resultados de las preguntas, califique su visibilidad, califique su agudeza visual, y califique su discernimiento de la luminosidad, las repuestas recaen en la opción “regular”.

4.3. De la correlación entre elementos contaminante vs. salud ambiental.

Tabla N° 08: Resumen ejecutivo de las correlaciones entre elemento contaminante vs. Salud ambiental.

Correlación	r	pp	rs	Pp
Monóxido de carbono Vs. Afecciones oculares.	,427*	,026	,417*	030
Óxido de nitrógeno vs. Afecciones respiratorias.	,121	,548	,064	,752
Óxido de azufre Vs. Afecciones respiratorias.	,455	,058	,440	,067
Hidrocarburos vs. Afecciones respiratorias.	-,077	,762	,051	,840
Material particulado Vs. Afecciones respiratorias.	,004	,985	,100	.,620
Monóxido de carbono Vs. Afecciones respiratorias.	,143	475	,224	261
Oxido nitrógeno Vs. Afecciones respiratorias.	,133	,508	,007	973
Óxido de azufre Vs. Afecciones respiratorias.	,117	643	,066	795
Hidrocarburos Vs. Afecciones respiratorias.	,077	770	,091	,720
Elemento particulado Vs. Afecciones respiratorias.	-,020	921	,062	760

Fuente: SPSS.

La tabla N° 08 reporta los resultados obtenidos luego de la corrida del SPSS respecto a las correlaciones evaluadas, se observa que existe correlación significativa entre afecciones oculares Vs. Monóxido de carbono, con 95 % de confianza, el resto contaminantes en cierta medida también tienen correlación, pero estas no son significativas.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Referente a la emisión de contaminantes primarios

Respecto a emisión de contaminante se indica lo siguiente: respecto a Monóxido de carbono (CO) se aprecia la tendencia de emisión por cada grupo Warsilla, los tres tienen diferentes patrones, por otro lado, se observa además que el promedio general alcanzado por este contaminante fue 157.71 mg/m³N, este gas es incoloro, inodoro e insípido, su densidad es de 96.5% y es muy poco soluble el agua en términos de extensión es el contaminante más amplio, hay que tener en cuenta que más del 90% de del CO proviene de fuente naturales y el resto de fuentes antropogénicas. Respecto a este rubro el mayor productor de este gas es el transporte público y urbano, especialmente los vehículos que funcionan con petróleo y gasolina que son restos fósiles, el rubro fuente de contaminación son las plantas de combustión, para nuestro caso la única planta de combustión es la planta de Electro Oriente que es la fuente que genera energía eléctrica en Iquitos, el monóxido de carbono se forma en la atmósfera con diferentes procesos fotoquímicos, una de ellas es por la oxidación a dióxido de carbono (CO₂).

Así mismo este contaminante de acuerdo a las concentraciones que emiten puede afectar la salud del ser humano, por ejemplo si la concentración es menos de (<4 mg/m³N) no hay efectos aparentes si la concentración varía de 4-12 mg/m³N hay cierto cambio de malestar en la conducta del ser humano si la concentración es de 12-35 mg/m³N produce efectos en el sistema nervioso central, efectos en la agudeza visual, discernimiento de la luminosidad y algunas otras funciones psicomotoras, pero si la concentración oscila entre los 74-625 mg/m³, ya tenemos dolores de cabeza, fatiga, somnolencia y hasta la muerte⁴².

De igual manera, en la evolución del parámetro Monóxido de carbono (CO) presenta un comportamiento irregular con fluctuaciones descendentes y

ascendentes, alcanzando valores máximos de 927.30 mg/m³N. mientras que sus valores mínimos están en 454.01 mg/m³N ¹².

De tal forma, con respecto a las emisiones gaseosas de la central de generación eléctrica de Contamana en la evolución del parámetro Monóxido de carbono (CO) presenta un comportamiento irregular con fluctuaciones descendentes y ascendentes, alcanzando un valor máximo de 830.20 mg/m³N. mientras que sus valores mínimos están en 420.05 mg/m³N ¹⁶.

De acuerdo con el actual reporte, el promedio de este gas fue de 157.71 mg/m³N, esto nos indica que prácticamente en el límite de tener fallos respiratorios, hasta entrar en coma, con este promedio estamos entre un 10 a 80% de concentración de equilibrio de COHb en sangre es decir carboxihemoglobina en lugar de HbO₂ es decir que paulatinamente el COHb, va reemplazando a la hemoglobina, este dato es relativamente grave y urge tomar acciones de mitigación y compensación por parte de Electro Oriente.

Respecto al contaminante óxido de nitrógeno (NO_x), al igual que el monóxido de carbono también persiguen patrones diferentes en los tres grupos Warsilla estudiados, así mismo se reporta un promedio de emisión de 1359.46 mg/m³N con un límite inferior de 1014.35 mg/m³N y un límite superior 1704.57 mg/m³N.

Este contaminante constituye un grupo de contaminantes que son monóxido de nitrógeno (NO), y dióxido de nitrógeno (NO₂) de estos tres contaminantes el primero proviene de fuentes naturales y los siguientes son de origen antropogénico especialmente del transporte público y de las fábricas de combustión como Electro Oriente, este contaminante evoluciona en la atmósfera de manera compleja de reacciones complicadas tanto en el día como en la noche de que existe una química diurna y una química nocturna⁴².

De igual manera, la evolución del parámetro óxido de nitrógeno (NO), según los monitoreos trimestrales reportan un comportamiento irregular,

ascendente y descendente con pequeñas fluctuaciones desde un valor 890.00 mg/m³N hasta un valor mínimo 628.40 mg/m³N ¹⁶.

De tal forma, la evolución del parámetro óxido de nitrógeno (NO), según los monitoreos trimestrales reportan un comportamiento irregular, ascendente y descendente con pequeñas fluctuaciones desde un valor 1135.58 mg/m³N hasta un valor mínimo 624.40 mg/m³N ¹².

Por otro lado, los efectos de este contaminante en el ser humano no es tan tóxico como el monóxido de carbono (CO), en concentraciones de aire ambiental no es crítico aunque si existiera un incremento de este contaminante en ambientes cerrados, si puede ocasionar problemas a la salud como irritación ocular, dificultad en la respiración, el límite para tener problemas de salud es de 13 ppm de NO₂ , este contaminante en combinación con otros contaminantes produce lo que llamamos el “smog fotoquímico”, otro efecto es que altera la capa de ozono en la estratósfera.

Respecto al contaminante óxidos de azufre (SO_x), también con patrones diferentes, en los tres grupos Warsilla, siendo el Warsilla 7 el más estable engloban una serie de gases como dióxido de azufre (SO₂), el trióxido de azufre (SO₃), por otro lado hay que tener en cuenta que las emisiones naturales constituyen el 50% y el otro 50% de emisiones antropogénicas, su evolución en la atmósfera es también de naturaleza compleja por ejemplo el SO₂ sufre una transformación paulatina en trióxido de Z (SO_x) y en la atmósfera se da una serie de procesos de oxidación homogénea y heterogénea, los efectos en la salud humana cuando pasa del límite 350 mg/m³/N en una hora o 125 350 mg/m³N en 24 horas produce irritación en los ojos, problemas en el sistema respiratorio entre otros y el promedio reportado en el presente estudio fue de 117.20 mg/m³/N, con un límite inferior de 10.09 mg/m³/N y el límite máximo reportado fue de 244.50 mg/m³N.

De igual manera, Al respecto sobre los resultados obtenidos para emisiones gaseosas, realizados a los grupos Wartsila 1, Wartsila 4 y Caterpillar MARK,

correspondientes al primer, segundo y tercer trimestre 2010, muestran que los parámetros evaluados de dióxido de azufre, no excede los límites máximos permisibles de emisiones gaseosas para fuentes fijas de Ecuador, según Ordenanza N° 12 y registro oficial N° 153, del 22 de agosto del 2003, a condiciones estándar (1 atm. 25 °C y 11% de oxígeno)¹⁵.

Concordando en su informe de cumplimiento ambiental de Electro Oriente , menciona los resultados obtenidos para emisiones gaseosas, realizados a los grupos Wartsila 1, Wartsila 4 y Caterpillar MARK, correspondientes al primer, segundo y tercer trimestre 2009, muestran que los parámetros evaluados de dióxido de azufre, no exceden los límites máximos permisibles de emisiones gaseosas para fuentes fijas de Ecuador, según Ordenanza N° 12 y registro oficial N° 153, del 22 de agosto del 2003, a condiciones estándar (1 atm. 25 °C y 11% de oxígeno)⁶¹.

Si bien no estamos en el punto crítico es necesario tener en cuenta que otro de los factores negativos de este contaminante es la “lluvia ácida”, pero es motivo de otro trabajo de investigación.

Respecto al contaminante Hidrocarburos (HC) o compuestos orgánicos volátiles, es un contaminante primario que se emite directamente a la atmósfera este contaminante en la atmósfera se transforman en oxidantes fotoquímicos a través de diversos complejos atmosféricos y este contaminante es mucho más efectivo y grave que los hidrocarburos, este contaminante pueden ser compuestos alifáticos (saturados e insaturados) y los compuestos aromáticos siendo el CH₄ (Metano) que existe en mayor cantidad en la atmósfera, ahora los efectos de este contaminante en la salud humana produce irritación en los ojos, también puede haber dolores de cabeza, tos, irritación en las vías respiratoria, dolor de garganta y en concentraciones elevadas puede llevar incluso hasta la muerte, por otro lado el promedio de emisión de este contaminante fue de 117.20 mg/m³N.

En cuanto al contaminante Elementos particulados, también con patrones, se aprecia además que el promedio de emisión de este contaminante fue de

14687.14 mg/m³N, con un límite inferior de 4164.81 mg/m³N y un límite superior de 25209.44 mg/m³N.

Este contaminante engloba un conjunto de diminutas partículas sólidas y pequeñas también en forma líquida que se denomina “aerosol”, sus efectos en la salud humana, actúan directamente en el sistema respiratorio, principalmente las partículas finas, las más gruesas se sedimentan en el suelo, también influyen en la visibilidad, si la concentración de las partículas es del orden 100-200 mg/m³N, la visibilidad puede llegar entre 6 a 12 km, si la concentración es de 750 mg/m³N, la visibilidad es de 1.5 km ⁴².

De igual manera, la evolución del parámetro partículas según los monitoreos tiene un comportamiento irregular desde un valor mínimo de 6.2 mg/m³N, incrementándose hasta una concentración de partículas de 25.2 mg/m³N ¹⁶.

De tal forma, la evolución del parámetro partículas según los monitoreos tiene un comportamiento irregular desde un valor mínimo de 6.22 mg/m³N, incrementándose hasta una concentración de partículas de 25.19 mg/m³N. Estos resultados de emisiones de partículas; se ubican dentro de la normalidad, pero cabe indicar que en la actualidad no existen límites máximos permisibles nacionales para este parámetro para el sector de electricidad¹².

Si la concentración es alta puede haber problemas mayores, reportamos 14687.12 mg/m³N que es más de lo previsto, se pueden producir fenómenos importantes de condensación que pueden dar lugar a brumas y nieblas.

Referente a la Salud Ambiental:

Según los resultados que se reportan en la tabla 06, en cuanto a Afecciones respiratorias, en donde se observan las preguntas, las opciones de respuestas, su frecuencia y su porcentaje, en la figura 12 se observan las respuestas en forma gráfica, en donde las mayores frecuencias de respuestas recaen en la opción “no” lo que significa que en cuanto a

problemas respiratorios su incidencia es muy relativo. Además, en la tabla 07 se reportan los resultados en cuanto a afecciones oculares, con las preguntas, las opciones de respuesta, su frecuencia y su porcentaje, la figura 13 se reportan las respuestas, en donde se nota que la mayor incidencia de respuestas se observa en la opción “muchas veces” y “pocas veces” lo que nos indica que las respuestas son diferentes al indicador anterior, de ahí la significancia al monóxido de carbono (CO).

De igual forma, en el componente contaminación del aire efecto en la salud de los seres humanos, que la calidad del aire en la ciudad de Medellín es un problema de salud pública, es una ciudad que presenta niveles de riesgo alto que alteran y afectan negativamente el estado de salud de la población⁶².

Del mismo modo, el informe técnico de carga de enfermedad ambiental en Colombia elaborado por el Instituto Nacional de Salud publicado en el año 2018 donde se establece que una gran parte de la enfermedad y muerte que ocurre en el país está asociada a los impactos ambientales que afectan la salud de los colombianos. Dentro de sus hallazgos encontró la enfermedad isquémica del corazón, el accidente cerebrovascular, la enfermedad pulmonar obstructiva y las infecciones respiratorias atribuibles a la mala calidad del aire y la enfermedad diarreica aguda atribuible a la mala calidad del agua⁶³.

De las evidencias anteriores, estudios enfocados en medir la calidad del aire en el Valle de Aburrá realizados por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, la Universidad de Antioquia y la Alcaldía de Medellín han demostrado que el nivel de concentración de los contaminantes en el aire es alto y los promedios anuales superan los estándares de alerta y los niveles que la Organización Mundial de la Salud ha definido⁶⁴.

Referente a la correlación entre elementos contaminantes vs. salud ambiental.

Respecto al contraste de hipótesis de la correlación entre contaminantes primarios vs. Salud ambiental, podemos decir que, con los resultados obtenidos, el indicador Monóxido de carbono (CO) vs. el indicador afecciones oculares salió significativo con 95% de confianza, el resto de los contaminantes vs. el resto de indicadores de salud ambiental hay correlación, pero esta no es significativa.

Del mismo modo, cualquier causa que disminuya la presión parcial de oxígeno en el alvéolo, reduce el oxígeno disponible para el intercambio y, por lo tanto, tiene un efecto asfixiante. En las altitudes elevadas decrece la presión parcial de oxígeno en el aire alveolar, reduciendo la saturación de la sangre con oxígeno. Las sustancias que diluyen o desplazan al oxígeno del aire sin ningún otro efecto constituyen asfixiantes simples. Los ejemplos incluyen el dióxido de carbono, el óxido nitroso, el nitrógeno o hidrocarburos tales como el gas natural. Los compuestos que bloquean la transferencia de oxígeno a los tejidos, o la utilización del oxígeno una vez que éste alcanza los tejidos, se denominan asfixiantes químicos. Los dos ejemplos más comunes de estos inhibidores de la captación o la utilización del oxígeno son el monóxido de carbono (CO), el cual bloquea el sitio de la hemoglobina que capta y transporta el oxígeno y el cianuro de hidrógeno (HCN), el que (en forma de cianuro) bloquea la vía por la cual los tejidos utilizan el oxígeno. El monóxido de carbono es particularmente común como producto de la combustión incompleta de los combustibles (como en los escapes de los automóviles o los calentadores de llama abierta) y resulta particularmente peligroso por carecer de un olor que advierta la exposición⁴⁴.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación permiten manifestar que los gases emitidos por Electro Oriente generan contaminación, sin embargo, de los cinco contaminantes evaluados, el Monóxido de carbono (CO) resulta el de mayor perjuicio para la salud de la población aledaña a la empresa, especialmente en el aspecto ocular, ocasionando irritabilidad en los ojos, siendo su visibilidad y agudeza visual regulares, pues resultó significativo a las pruebas de correlación efectuada.

Existen algunos métodos de mitigación que se pueden emplear, siendo uno de los usuales la incineración catalítica, el cual minimiza la emisión de este contaminante y consiguiendo una eficiencia muy alta, incluso puede servir para los hidrocarburos, también se puede utilizar absorbedores o condensadores.

Sin embargo, tener en consideración que cual sea el método a usar, existen gases que salen del incinerador a una temperatura elevada por lo que sería interesante aprovechar esta situación, pero este es una labor que le compete única y exclusivamente a la empresa (Electro Oriente) en aras de salvaguardar a la población aledaña.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

De lo investigado se desprenden las siguientes conclusiones:

- El Monóxido de carbono (CO) emite en promedio 157.11 mg/m³/N, con un límite inferior de 103.51 mg/m³/N y un límite superior 210.71 mg/m³/N, siendo el límite de alerta roja entre 74 a 625 mg/m³/N, por lo que la población aledaña se encuentra en alto riesgo.
- Los óxidos de nitrógeno (NOx) emiten en promedio 1359.46 mg/m³/N, siendo el límite inferior de 1014.36 mg/m³/N y el máximo de 1704.47 mg/m³/N.
- Los óxidos de azufre (SOx), emiten en promedio 117.20 mg/m³/N, con un límite inferior de 10.09 mg/m³/N y un máximo de 244.50 mg/m³/N.
- Los hidrocarburos (HC) emiten en promedio 0.2073 mg/m³/N, un límite inferior de 0.2073 mg/m³/N y un límite superior de 0.2704
- Las partículas son emitidas en promedio 14687.12 mg/m³/N con un límite inferior de 4164.81 mg/m³/N y un límite máximo de 25209.44 mg/m³/N, que está por encima de los límites permisibles de visibilidad.
- El indicador de afecciones respiratorias, existe en mayor concentración en la opción “no”.
- El indicador de afecciones oculares, existe concentración en las opciones “muchas veces” y “pocas veces”, lo que indica que este indicador es la masa golpeada por los contaminantes, especialmente del Monóxido de carbono (CO).
- Existe correlación entre el contaminante Monóxido de carbono (CO) y afecciones oculares, afirmación válida hasta con 95% de confianza.
- Los otros contaminantes como son Óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), Hidrocarburos y elementos particulados, tienen correlación con la salud ambiental, pero que esta correlación no es significativa.

CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

Dada la situación sui géneris de este estudio y de la implicancia que tiene en la salud pública y ambiental, además teniendo en cuenta que Electro Oriente es una planta industrial fija se recomienda lo siguiente:

- Optimizar la chimenea de Electro Oriente, hacerlo más alto de tal manera que los contaminantes sean expulsados a una altura considerable.
- Diseñar redes de vigilancia de calidad de aire tarea que compete a la Municipalidad Provincial de Maynas o al Ministerio del Ambiente o en todo caso a la Dirección Regional de Salud, encargadas de velar por la salud de la población
- Llevar a cabo una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) por efecto del contaminante emitidos por Electro Oriente.
- Sugerir a la población aledaña realizar un análisis de sangre y ver el contenido de hemoglobina en ella, no sea que el carbono esté reemplazando al hierro.

CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arbex MA, Cañado JED, Pereira LAA, Braga ALF, Saldiva PHN. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. J Bras Pneumol.;30(2):158-75. 2004. Disponible en <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/VNXXmdyPSjxJDCStkYrZSZz/> .
2. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (CEPIS) Introducción a la Toxicología de la contaminación del aire. Lima: CEPIS;2002
3. Lippmann M. Air pollution and health: studies in the Americas and Europe: air pollution & Health in Rapidly Developing Countries. London: Earthscan Publications; 2003. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9781849770460/air-pollution-health-rapidly-developing-countries-frank-murray-gordon-mcgranahan>
4. Lelieveld J. & Munzel aire generada por fuentes móviles para la gestión de la calidad del aire en el cercado de Tacna, 2011-2012. 2014T. European Heart Journal. Institute Max Planck y Departamento de cardiología de la Universidad de Mainz. Alemania Volume 41. 904 pág. 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa063>
5. Mendoza, M. Valoración de contaminantes del aire generada por fuentes móviles para la gestión de la calidad del aire en el cercado de Tacna, 2011-2012. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2803414>
6. Fonte A, Cuesta O, Sosa C. Estimación de emisiones contaminantes atmosféricas en la provincia de Camagüey desde fuentes fijas. Revista Cubana de Meteorología, Vol.23, No.1, pp.57-77, ISSN: 0864-151X. 2017. Disponible en: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/229>
7. Jaramillo M, Núñez M, Ocampo W, Pérez D, Portilla G. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes puntuales en la zona Cali-Yumbo (Colombia). Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte. 17: 115-129, 2005. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/852/85201706.pdf>
8. Dávila Pinzón, C Desagregación espaciotemporal del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes fijas y móviles en

- Cundinamarca. [Internet]. 2015 [citado: 2023, noviembre] Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55541/52837545.2015.pdf?sequence=2>
9. Aponte C, Silva J, Laín S. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos primarios de fuentes fijas puntuales en la Comuna 4 de la ciudad de Cali. *El Hombre y la Máquina*, núm. 34, enero-junio, pp. 106-114, 2010. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/478/47817108011.pdf>
 10. Consejo Nacional Del Ambiente-CONAM (Hoy MINAM). Estudio de Indicadores Ambientales Loreto. Perú. 29p. 2005. Disponible en: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/377/BIV00134.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 11. Toro V, Ramírez J, Quiceno R, Zuluaga C. Cálculo de la emisión vehicular de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Medellín mediante factores de emisión corinair. *Revista ACODAL* No. 191. Bogotá D.C. pp. 42-49, 2001. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Raul-Quiceno-Gonzalez/publication/237652740>
 12. Ministerio del Ambiente. 2017. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017MINAM.pdf>
 13. Ballester F. Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Rev. Esp. Salud Pública*; 79: 159-175. 2005. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v79n2/colaboracion3.pdf>
 14. Ferry G. Calidad del aire mediante la *Liquenobiota saxícolas* en la zona arqueológica de teatino-reserva nacional lomas de Lacha, Huacho-Lima-Perú, 2017. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Loreto-Perú. 139 p. 2018. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5751>

15. Bardales K y Gonzales P. Contaminación Atmosférica por Emisión de gases de combustión de los grupos electrógenos de Electro Oriente en el área de influencia: periodo enero- octubre 2010, en Iquitos- Perú. Tesis de Postgrado. Escuela de Post Grado "José Torres Vásquez" Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 173 p. 2010. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1832>
16. Alva L. Análisis de la evolución de los parámetros ambientales en la central de generación eléctrica de la ciudad de Contamana 2018 - 2021, Región Loreto – 2022. Tesis de Grado. Facultad de agronomía. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Loreto-Perú. 55 p. 2022. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/8703>
17. Gardini M. Sistema de gestión de la calidad del aire. Tesis de Grado. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Loreto-Perú. 76 p. 2018. Disponible en: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6122/Milius_Memoria_Titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
18. Ubilla C y Yohannessen K. Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. Revista Médica Clínica Las Condes, Volumen 28, Issue 1, Pages 111-118. 2017. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864017300214>
19. DIGESA, et al. Estudios realizados por la Dirección General de Salud Ambiental en las ciudades de Lima, Arequipa, Chiclayo, Chimbote e Iquitos. 1997.
20. Zuluaga M, Valencia A y Ortiz I. Efecto genotóxico y mutagénico de contaminantes atmosféricos. Medicina UPB, vol. 28, núm. 1, pp. 33-41. 2009. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1590/159013067005.pdf>
21. Organización mundial de la salud. Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe. Biblioteca Sede OPS - Catalogación en la fuente Organización Panamericana de la Salud. Washington, D.C: OPS. 72 p. 2005. Disponible en: https://ulatina.metabiblioteca.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=14653&shelfbrowse_itemnumber=23549

22. Environmental Performance Index [Internet] New Haven, Connecticut: c2006 [Consultado 2018 nov. 05]. Disponible en: <https://epi.envirocenter.yale.edu/2018-epi-report/air-quality>
23. Daniel F, Martínez E, Quinchia R, Morales O, Romero A y Marín A. Contaminación Atmosférica y Efectos Sobre la Salud de la Población Medellín y su Área Metropolitana [Internet] [Consultado 2018 nov. 05] Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Salud/Secciones/Publicaciones/Documentos/2012/Investigaciones/Contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica%20y%20efectos%20sobre%20la%20salud%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.pdf>
24. Grupo De Estudio Técnico Ambiental - Gesta Zonal De Aire De Iquitos- CONAM. Plan "A Limpiar el Aire" de la Cuenca Atmosférica de Iquitos. Perú. 100p. 2006. Disponible en: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/312/BIV00242.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
25. MINPETEL S.A. Estudio de impacto ambiental del proyecto ampliación de la Central Térmica de Iquitos 2 x 7 MW.19pp. 2006. Disponible https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2895060/RD_028_2022_MINEM_DGAAM.pdf.pdf
26. Electro Oriente S.A. Informe de Monitoreo Ambiental. I Trimestre 2018, Consultora HIDROSAT Y MEDIO AMBIENTE SAC. Iquitos, Perú. 2018. Disponible en: <https://www.gob.pe/35426-empresa-regional-de-servicio-publico-de-electricidad-del-orientes-a-medio-ambiente>
27. Ministerio del ambiente. Resolución Ministerial 112-2015-MINAM. Lima, Perú. 14 de mayo del 2015. Disponible: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/05/RM-N%C2%B0-112-2015-MINAM1.pdf>
28. Guerrero, O. Desarrollo de una metodología para evaluar la cobertura espacial de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Magíster en Ingeniería Ambiental. Grupo de Investigación en Calidad del Aire. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. 2013. Disponible

<https://pdfslide.net/documents/desarrollo-de-una-metodologia-para-evaluar-la-cobertura-numrica-del-tiempo.html?page=1>

29. Gkatzoflias, D., Mellios, G. y Samaras, Z. Development of a web GIS application for emissions inventory spatial allocation based on open-source software tools. *Computers & Geosciences* 52 (2013), 21–33. Elsevier. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098300412003512>.
30. Air Quality Management District (AQMD). Chapter 3: Development of the toxics emissions inventory. Mates III Final Report (September 2008). Disponible <https://www.aqmd.gov/home/air-quality/air-quality-studies/health-studies/mates-iii>
31. Alonso, M., Longo, K., Freitas, S., Mello de Fonseca, R., Merécal, V., Pirre, M. y Gallardo, L. An urban emissions inventory for South America and its application in numerical modeling of atmospheric chemical composition at local and regional scales. *Atmospheric Environment* 44. 5072-5083. ELSEVIER. 2010. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/An-urban-emissions-inventory-for-South-America-and-Alonso-Longo/4253338d92ffbe2eb9773d3f1965e649c2e7ff93>
32. Peñaloza, N. Distribución espacial y temporal del inventario de emisiones provenientes de las fuentes móviles y fijas de la ciudad de Bogotá. Grupo de investigación en Calidad del Aire. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 2010. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/147975996.pdf>
33. Borge, R., Lumbreras, J. y Rodriguez, E. Development of a high-resolution emission inventory for Spain using the SMOKE modelling system: A case study for the years 2000 and 2010. *Environmental Modelling & Software*, 23, 1026-1044. ScienceDirect. (2008) Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Development-of-a-high-resolution-emission-inventory-Borge-Lumbreras/c3c06ece0d39222d94e592a485aa3f1a2c326a4e>
34. Campos, I. Saneamiento Ambiental. Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica: 1° Edición, 81p ISBN: 9968-31-069-7. 2003. Disponible en <https://isbn.cloud/9789968310697/saneamiento-ambiental/>

35. Pellini, C. Geografía del Mundo: La atmósfera terrestre. Seminario presentado en la universidad de Buenos Aires. 2014.
36. Yarke, E. Ventilación Natural de Edificios. México: 1° Edición. 31p ISBN: 987-584-036-X. 2005.. Disponible en <https://idoc.pub/documents/72489291-ventilacion-natural-de-edificiospdf-vyly2799kq4m>
37. Sbarato, D. &. Contaminación del aire. Córdoba, AR: Editorial Brujas 2006. Disponible en: bibliotecadigital.editorialbrujas.com.ar ›
38. Lenntech. 2018. LENNTECH. [En línea] www.lenntech.es/faq-calidad-del-aire.htm .
39. Environmental Performance Index [Internet] New Haven, Connecticut: c2006 [Consultado 2018 nov. 05] Disponible en: <https://epi.envirocenter.yale.edu/2018-epi-report/air-quality>
40. Fundación para la Salud Geoambiental [Internet] c2013 [Consultado 2018 dic. 02] Disponible en: <https://www.saludgeoambiental.org/material-particulado>
41. Ecologista en Acción [Internet] España: c1999 [Consultado 2018 dic. 02] Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=17842>
42. Orozco, C; Pérez, A.; Gonzales N.; Rodríguez F. y Alfayate J. Contaminación ambiental, una visión desde la química, ediciones Paraninfo SA-Madrid España. 2011, Disponible en: <https://idoc.pub/documents/idocpub-vnd532w075lx>
43. Quijano, A. y Orozco, J. Monitoreo de material particulado - fracción respirable (PM 2.5) en Pamplona (Colombia). BISTUA: Revista de la Facultad de Ciencias, 1-11. 2005. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2483109>
44. Yassi, A. Salud ambiental básica. Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Boulevard de los Virreyes 155, Col. Lomas de Virreyes. 11000, México D.F., México. 551p. 2022. Disponible en <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=000041369>
45. Ordoñez, G. Salud Ambiental, conceptos y Actividades. Rev. Panam Salud Pública/Pan Am J Public Health 7(3), 2000. Disponible en: <https://www.scielosp.org/pdf/rpsp/v7n3/1404.pdf>

46. Rengifo, H. Conceptualización de la salud ambiental: teoría y práctica (parte 1). Rev. Perú. med. exp. salud pública [Internet]. 2008 oct [Consultado 2018 nov. 10]; 25(4): 403-409. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000400010&lng=es.
47. Salud y riesgos ambientales [Internet] Albacete [Consultado 2018 Sep. 14]. Disponible en: <http://www.absostenible.es/index.php?id=94>
48. Abreu, J; Iglesias, M; Pérez, A; Curbeira, E y Sánchez, O. Salud ambiental, evolución histórica conceptual y principales áreas básicas. [Internet] [Consultado 2018 Sep. 17] Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcsp/v40n4/spu14414.pdf>.
49. Organización Mundial de la Salud. Salud ambiental [Internet] [Consultado 2018 ago. 14]. Disponible en: http://www.who.int/topics/environmental_health/es/.
50. Ministerio de Salud y Protección social. Diagnóstico de salud ambiental compilado [Internet] [Consultado 2018 Sep. 14]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/I GUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>
51. Salud y riesgos ambientales [Internet] Albacete; [Consultado 2018 Sep. 17]. Disponible en: <http://www.absostenible.es/index.php?id=94114>
52. Environmental Performance Index [Internet] New Haven, Connecticut. 2006 [Consultado 2018 Sep. 17] Disponible en: <https://epi.envirocenter.yale.edu/2018-epi-report/executive-summary>
53. Sánchez, R. Atmósferas construidas. Tecnología frente a la contaminación ambiental. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. España. 81p. 2020. Disponible en: https://oa.upm.es/66139/1/TFG_Ene21_Cristobal_Sanchez_Raquel.pdf
54. Albert, L. Contaminación Ambiental. México: 1º Edición: Editorial: México: Uteha. 37 p. ISBN: 968-18-2609-4. 2009.
55. Quispicuro, V. Descripción de los efectos de los óxidos de carbono (CO² y CO) en ambientes interiores y exteriores. Revista de Investigación Universitaria, 11-15. 2014. Disponible en: <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/661>

56. CONAMA. Guía de Apoyo Docente: Incorporación de los contenidos relativos a la calidad del aire de la Región Metropolitana en el currículum escolar. Chile. 27p. 2007. Disponible en: <https://deploy.studylib.es/doc/6953409/incorporaci%C3%B3n-de-los-contenidos-relativos-a-la-calidad>
57. Díaz, J. Programas de Seguridad, Salud del Trabajo - Medicina Ocupacional. México: 1ª. Edición, Editorial: México: Alfaomega Grupo Editor. 26 p. ISBN: 978-607-707-233-1. 2011.
58. Environmental Performance Index [Internet] New Haven, Connecticut: c2006 [Consultado 2018 nov. 05] Disponible en: <https://epi.envirocenter.yale.edu/2018-epi-report/air-quality>.
59. Sánchez, F. Guía de tesis y Proyectos de investigación, Impreso en los talleres Asociación gráfica Educativa, Lima-Perú. 2019. Disponible en: <https://es.slideshare.net/DanielDionicio4/libro-guadetesisyproyectosdeinvestigacionfrancisogsanchezespejopdf>
60. Córdova, M. Estadística e Inferencial, Aplicaciones, ediciones Imprenta editora, Librería Mosherea SRL, Lima-Perú. pp394. 1999. Disponible en: [https://www.academia.edu/45028725/ESTADISTICA Descriptiva e Inferencia](https://www.academia.edu/45028725/ESTADISTICA_Descriptiva_e_Inferencia)
61. CURBA Y ASOCIADOS S.A.C. Informe de Cumplimiento Ambiental de Electro ~~oriente~~ Oriente. Perú. 150pp. 2009.
62. Pérez, J. La calidad del aire en Colombia: un problema de salud pública, un problema de todos. Biosalud [Internet]. 2017, vol.16, n.2, pp.5-6. ISSN 1657-9550. <http://dx.doi.org/10.17151/biosa.2017.16.2.1>.
63. Instituto Nacional de Salud. Informe carga de enfermedad ambiental en Colombia [Internet]. [Consultado 2019 jun. 10]. ~~disponible~~ Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Informe-Carga-de-Enfermedad-Ambiental-en-Colombia.aspx>
64. Bedoya, J y Martínez, E. Calidad del aire en el valle de Aburrá Antioquia –Colombia. Dyna rev.fac.nac.minas [Internet]. Agosto 2009 [Consultado 2019 jun. 17]; 76 (158) 7–15. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532009000200001&lang=en
65. Vásquez, A. Investigación Científica, Aplicaciones, Editorial Imprenta Latina, Iquitos-Perú. 2015.

ANEXOS

ANEXO 1

Estadísticos descriptivos de los cinco contaminantes evaluados de acuerdo al grupo Warsilla.

Descriptivos

		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Monóxido de carbono	Warsilla 5	9	145,1222	40,47071	13,49024	114,0137	176,2308	90,50	202,60
	Warsilla 6	9	177,5511	29,91778	9,97259	154,5543	200,5480	138,50	212,70
	Warsilla 7	9	148,6700	14,51685	4,83895	137,5114	159,8286	115,20	164,00
	Total	27	157,1144	32,60754	6,27532	144,2153	170,0136	90,50	212,70
Óxido de Nitrógeno	Warsilla 5	9	1592,5711	322,38833	107,46278	1344,7615	1840,3807	1189,40	2026,30
	Warsilla 6	9	1335,8978	222,78234	74,26078	1164,6521	1507,1434	1048,90	1690,00
	Warsilla 7	9	1149,9167	90,41214	30,13738	1080,4197	1219,4136	1045,20	1325,80
	Total	27	1359,4619	289,77205	55,76666	1244,8318	1474,0919	1045,20	2026,30
Óxido de S	Warsilla 5	6	99,6167	111,45949	45,50315	-17,3529	216,5862	,00	220,20
	Warsilla 6	6	193,2500	70,75552	28,88582	118,9966	267,5034	120,10	277,50
	Warsilla 7	6	58,7500	21,36649	8,72283	36,3272	81,1728	37,70	90,10
	Total	18	117,2056	92,82669	21,87946	71,0439	163,3672	,00	277,50
Hidrocarburos	Warsilla 5	6	,244167	,1333884	,0544556	,104184	,384149	,1221	,3761
	Warsilla 6	6	,182367	,0605796	,0247315	,118792	,245941	,1269	,2384
	Warsilla 7	6	,195383	,0416892	,0170195	,151633	,239133	,1571	,2345

	Total	1	,207306	,0870222	,0205113	,164030	,250581	,1221	,3761
		8							
Particula	Warsi	9	15466,387	16606,9932	5535,6644	2701,1224	28231,652	1,2387	38081,0
	lla 5		511	419	140	81	541		000
	varsill	9	14423,444	7769,55822	2589,8527	8451,2333	20395,655	6309,00	24140,0
	a 6		444	60	420	12	577	00	000
	warsil	9	14171,555	8352,77894	2784,2596	7751,0412	20592,069	1593,00	23741,0
	la 7		556	04	468	97	815	00	000
	Total	2	14687,129	11190,4848	2153,6098	10260,320	19113,937	1,2387	38081,0
		7	170	126	063	814	527		000

ANEXO 02

Resultados de coeficiente de correlación (r) entre contaminante Monóxido de carbono (CO) Vs. Salud ambiental, indicador afecciones respiratorias.

Correlaciones

		A. Oculares R	Monoxido de carbono
A. Oculares R	Correlación de Pearson	1	,427*
	Sig. (bilateral)		,026
	N	1104	27
Monoxido de carbono	Correlación de Pearson	,427*	1
	Sig. (bilateral)	,026	
	N	27	27

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

ANEXO 03

Resultados de coeficiente de correlación (rs) entre contaminante Monóxido de carbono (CO) Vs. Salud ambiental, indicador afecciones respiratorias.

Correlaciones

		A. Oculares R	Monoxido de carbono
Rho de Spearman	A. Oculares R	Coeficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	1104
Monoxido de carbono	A. Oculares R	Coeficiente de correlación	,417*
		Sig. (bilateral)	,030
		N	27

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

ANEXO 04

Resultados de confiabilidad alfa de Cronbach, Luego de la corrida por el SPSS.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,883	26

ANEXO 05

Prueba de comunalidad de validez interna instrumento Salud ambiental.

Comunalidades

	Inicial	Extracción
¿Tose con frecuencia	1,000	,851
¿Siente escozor en la garganta?	1,000	,734
¿Estornuda frecuentemente?	1,000	,738
¿Dolor de garganta?	1,000	,816
¿Sufre amigdalas?	1,000	,840
¿Sufre de la laringe?	1,000	,871
¿Sufre de la faringe?	1,000	,908
¿Tiene dolores de cabeza?	1,000	,641
¿Se siente como cansado?	1,000	,491
¿Tiene anginas en el pecho?	1,000	,806
¿Tiene taquicardias?	1,000	,756
¿Tiene irritaciones nasales?	1,000	,649
¿Tiene fallos respiratorios?	1,000	,717
¿Respira con dificultad?	1,000	,816
¿Alguna vez sufrió de pulmonía?	1,000	,820
¿Tiene irritaciones oculares?	1,000	,654
¿Se le enrojecen los ojos con frecuencia?	1,000	,736
¿Tiene escozor en los ojos?	1,000	,798
¿Tiene cansancio visual?	1,000	,751
¿Tiene somnolencia?	1,000	,781
¿Grimea sus ojos con frecuencia?	1,000	,836
¿Califique su visibilidad?	1,000	,814
¿Califique su agudeza visual	1,000	,840
¿Califique su discernimiento de luminosidad?	1,000	,772
¿Alguna vez le dolió sus ojos?	1,000	,643
¿Sufre de presión ocular?	1,000	,698

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Todas las preguntas pasan de 0.4, por lo tanto, este primer requisito está superado.

ANEXO 06

Prueba de KMO y significancia

Prueba de KMO y Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,518
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	4321,306
	Gl	325
	Sig.	,000

KMO = 0.518

Significación: .000 altamente significativo

Por lo tanto, se cumple con los requisitos 2 y 3