

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE PM10, NO2, SO2, H2S, CO Y
VARIABLES METEOROLÓGICAS EN LA ZONA INDUSTRIAL DE VILLA
EL SALVADOR”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

DIAZ SAAVEDRA, JOSE GERSON

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación, a mi familia que siempre estuvo apoyándome durante mi etapa universitaria. Son el motor y motivo para seguir adelante ante cualquier dificultad que se me presente.

A mis amigos más cercanos y hoy colegas, pues lograremos una meta importante en el ámbito profesional. Éxitos a todos.

José Gerson Díaz Saavedra

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento en especial al Ingeniero Odón Sánchez, por compartir sus conocimientos y experiencia, en beneficio de la mejoría del presente proyecto de investigación.

También darle las gracias al Centro de Innovación Tecnológica de la madera de Villa El Salvador (CITE madera), pues fue la entidad que me brindó la ayuda necesaria para ejecutar el presente monitoreo. Al Ingeniero Gustavo Delgado y al Arquitecto Cesar Pita, gracias por su tiempo en las coordinaciones del proyecto.

Además, un agradecimiento cordial a la empresa Servicios Analíticos Generales S.A.C. y al Gerente General Cesar Poma, por tener en consideración el proyecto que estaba realizando. Muchas Gracias.

A mi gran amigo de la Universidad, Daniel Andree Cárdenas Flores; igualmente un agradecimiento especial por el apoyo que me brindó el día que realicé el monitoreo ambiental. Gracias.

José Gerson Diaz Saavedra

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	2
1.2. Justificación del Problema	3
1.3. Delimitación del Proyecto	3
1.3.1. Teórica	3
1.3.2. Temporal	3
1.3.3. Espacial	4
1.4. Formulación del Problema	4
1.4.1. Problema General	4
1.4.2. Problemas Específicos	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Antecedentes Nacionales	6
2.1.2. Antecedentes Internacionales	8
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Contaminación Atmosférica	10
2.2.2. Transporte de los Contaminantes Atmosféricos	13
2.2.3. Contaminación atmosférica en el Perú	14
2.2.4. Marco Legislativo	16
2.3. Definiciones de bases teóricas	20

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS.....	27
3.1. Modelo de solución propuesto	27
3.1.1. Área de estudio.....	27
3.1.1.1. Ubicación.....	27
3.1.1.2. Localización geográfica.....	28
3.1.1.3. Extensión territorial	28
3.1.1.4. Límites.....	28
3.1.2. Equipos y materiales.....	28
3.1.3. Metodología.....	31
3.1.3.1. Plan de monitoreo.....	31
3.1.3.2. Descripción de la estación de monitoreo	32
3.1.3.3. Estándares de comparación	33
3.1.3.4. Metodología de análisis.....	34
3.2. Resultados.....	39
3.2.1. Contaminantes Atmosféricos.....	39
3.2.1.1. Material particulado PM₁₀	39
3.2.1.2. Dióxido de Nitrógeno (NO₂).....	41
3.2.1.3. Dióxido de Azufre (SO₂).....	42
3.2.1.4. Sulfuro de Hidrógeno (H₂S).....	43
3.2.1.5. Monóxido de Carbono (CO).....	45
3.2.2. Variables Meteorológicas	46
3.2.2.1. Temperatura	47
3.2.2.2. Humedad relativa	48
3.2.2.3. Presión atmosférica.....	49
3.2.2.4. Dirección y Velocidad del viento	49

CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	59

Listado de Figuras

Figura 1. Transporte y dispersión de los contaminantes atmosféricos.....	14
Figura 2. Ubicación satelital de la estación de monitoreo	32
Figura 3. Gráfico explicativo del material particulado PM ₁₀	40
Figura 4. Gráfico explicativo del dióxido de nitrógeno (NO ₂).....	41
Figura 5. Gráfico explicativo del dióxido de azufre (SO ₂)	43
Figura 6. Gráfico explicativo del sulfuro de hidrógeno (H ₂ S).....	44
Figura 7. Gráfico explicativo del monóxido de carbono (CO)	45
Figura 8. Valores registrados de temperatura	48
Figura 9. Valores registrados de humedad relativa	48
Figura 10. Valores registrados de presión atmosférica	49
Figura 11. Rosa de viento en la estación CA-PI-01.....	50
Figura 12. Frecuencia de las direcciones del viento en la estación CA-PI-01	50
Figura 13. Ubicación satelital de la rosa de viento y la estación de monitoreo	51
Figura 14. Frecuencia de las clases de velocidades del viento en CA-PI-01	52

Listado de Tablas

Tabla 1. Principales fuentes de emisión.....	12
Tabla 2. Estándares de Calidad Ambiental para aire	18
Tabla 3. Equipos y dispositivos utilizados	29
Tabla 4. Materiales, herramientas e insumos utilizados	29
Tabla 5. Representación detallada de la estación de monitoreo	32
Tabla 6. Valores del Estándar de Calidad Ambiental para aire	33
Tabla 7. Escala de Beaufort	33
Tabla 8. Equipos, parámetros y metodología utilizada.....	38
Tabla 9. Resultado del material particulado PM10	40
Tabla 10. Resultado del dióxido de nitrógeno (NO ₂).....	41
Tabla 11. Resultado del dióxido de azufre (SO ₂).....	42
Tabla 12. Resultado del sulfuro de hidrógeno (H ₂ S).....	44
Tabla 13. Resultado del monóxido de carbono (CO)	45
Tabla 14. Registros de los parámetros meteorológicos en la estación CA-PI-01 .	46
Tabla 15. Promedio de las variables meteorológicas en la estación CA-PI-01	47

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación consiste en realizar un monitoreo ambiental de la calidad del aire en la zona industrial de Villa El Salvador, a causa de las emisiones del material particulado PM_{10} y los gases contaminantes (NO_2 , SO_2 , H_2S y CO) generados por las empresas industriales, que están ubicados dentro del área de estudio.

Según la OMS, la contaminación atmosférica representa un importante riesgo ambiental para la salud de las personas. En la actualidad, las enfermedades cardiovasculares, epidemiológicas y respiratorias están directamente relacionadas por la contaminación del aire.

Por lo tanto; es de interés local, regional y nacional conocer el diagnóstico actual de la calidad del aire en los diferentes lugares del territorio peruano. Además, si se reduce los niveles de concentración de los contaminantes, mejoraría la calidad de vida de la población.

Los resultados obtenidos, contribuirá en las decisiones de los organismos gubernamentales y privados en implementar las medidas de control en temas de calidad del aire y así mismo permitirá la vigilancia del cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para el aire.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

En el distrito de Villa El Salvador se encuentra ubicado el parque industrial, perteneciente a la zona industrial del distrito en mención. Las actividades económicas principales que se realiza en la zona son las siguientes: fabricación de puertas, muebles, sala de comedores, juegos de dormitorios, entre otros accesorios; cuya materia prima es la madera. Además, encontraremos empresas que se dedican a las actividades de metalmecánica, confecciones de calzado, artesanía, venta de melamina, maquinaria de refrigeración, vitrinas, etc.

El problema existente en el lugar es respecto a las fuentes de contaminación atmosférica, que son identificadas mediante la observación por el lugar de estudio. Las principales fuentes son las fabricas madereras, de metal mecánica, parque automotor, y entre otras actividades que se realiza en la zona. De esta manera, afectaría a la salud de la población aledaña a las fabricas industriales.

1.2. Justificación del Problema

La prioridad de la ejecución del proyecto es determinar la calidad ambiental del aire, en la zona industrial de Villa El Salvador. Para así, obtener una información referencial del entorno de la zona en estudio. El material particulado PM₁₀ y los gases contaminantes (NO₂, SO₂, H₂S y CO), serán los indicadores para el análisis de la calidad del aire, a fin de integrar los resultados obtenidos y realizar una comparación de estos en función a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire, aprobados mediante el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. La información generada, beneficiará a la ciudadanía en general y a las autoridades nacionales que velan por la salud de la población y medio ambiente; debido a que los resultados obtenidos se interpretarán como una información confiable, comparable y representativa, en marco de la legislación ambiental nacional vigente.

1.3. Delimitación del Proyecto

1.3.1. Teórica

El proyecto tiene como finalidad determinar los niveles de concentración de PM₁₀, NO₂, SO₂, H₂S, CO; y las variables meteorológicas en la zona industrial de Villa El Salvador.

1.3.2. Temporal

El monitoreo de la calidad del aire se inició el día 11 de Marzo a las 14 horas y finalizó el 12 de Marzo a la misma hora mencionada. El período del monitoreo fue de 24 horas (un día).

Cabe detallar que el periodo de monitoreo de 24 horas corresponde para el material particulado PM₁₀, dióxido de azufre (SO₂) y sulfuro de hidrógeno (H₂S); el periodo de monitoreo de 8 horas compete para el monóxido de carbono (CO); el periodo de monitoreo de 1 hora

corresponde para el dióxido de nitrógeno (NO₂); y finalmente la medición de las variables meteorológicas es de 24 horas.

1.3.3. Espacial

El lugar de estudio es la zona industrial de Villa El Salvador. Está delimitada por la Av. Separadora Industrial, la Av. Mateo Pumacahua, la Av. Pachacútec y la Av. Auxiliar de la Separadora Industrial.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

- ¿Cuáles son las concentraciones de PM₁₀, gases contaminantes (NO₂, SO₂, H₂S y CO); y el comportamiento de las variables meteorológicas en la zona industrial de Villa El Salvador?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las concentraciones del material particulado PM₁₀ y los gases contaminantes (NO₂, SO₂, H₂S y CO) de la estación de monitoreo ambiental, ubicado en la zona industrial de Villa El Salvador?
- ¿Cuál es el comportamiento de las variables meteorológicas: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, dirección y velocidad viento; durante el monitoreo en la zona industrial de Villa El Salvador?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Determinar las concentraciones de PM_{10} , gases contaminantes (NO_2 , SO_2 , H_2S y CO); y el comportamiento de las variables meteorológicas en la zona industrial de Villa El Salvador.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Calcular las concentraciones del material particulado PM_{10} y gases contaminantes (NO_2 , SO_2 , H_2S y CO) de la estación de monitoreo ambiental, ubicado en la zona industrial de Villa El Salvador.
- Evaluar el comportamiento de las variables meteorológicas: temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, dirección y velocidad del viento; durante el monitoreo en la zona industrial de Villa El Salvador.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Nacionales

- Espinoza, J. (2018). *Evaluación espacial y temporal del material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Lima Metropolitana para el periodo 2015-2017* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.

La investigación tiene como objetivo realizar un análisis de la distribución espacial y temporal de la concentración de $PM_{2.5}$ y PM_{10} en Lima Metropolitana en el periodo 2015-2017 y las influencias de las variables meteorológicas (temperatura del aire, la velocidad y dirección del viento) en la calidad del aire de la zona en estudio. Se concluyó que las concentraciones del material particulado PM_{10} en un promedio diario, excedieron los Estándares de Calidad Ambiental para aire (ECA) del Perú; igualmente para las concentraciones del PM_{10} y $PM_{2.5}$ en promedios anuales, superaron el ECA para aire y la guía de la OMS, en casi todas las estaciones de monitoreo. (Espinoza Guillen, 2018)

- Torres, R. (2016). *Reducción del polvo atmosférico sedimentables a través de ficus benjamina y salix humboldtiana en el distrito de San Martín de Porres* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú.

La investigación tuvo como objetivo determinar la reducción del polvo atmosférico sedimentable a través del uso de las especies arbóreas *Ficus Benjamina* y *Salix Humboldtiana* en el distrito de San Martín de Porres; esto con el fin de aumentar el bienestar socio ambiental de la población y fomentar medidas de control del polvo atmosférico sedimentable debido a las condiciones inadecuadas que presenta el distrito, así como la inadecuada ejecución de proyectos ambientales que condiciona la alta presencia de polvo sedimentable. La investigación llegó a la siguiente conclusión: El lugar en estudio presenta características que ayudan a la dispersión del material particulado sedimentable en el follaje de las especies *Ficus Benjamina* y *Salix humboldtiana*. Es así, que el promedio de recolección en los follajes de las especies mencionadas es de un total de 44.57 Tn/Km²/mes. Además, se da a conocer que la especie *Ficus Benjamina*, es la especie que adquiere una mayor capacidad de capturar el polvo atmosférico sedimentable. (Torres Castillo, 2016)

- Nestares, B. (2016). *Evaluación del monitoreo de calidad de Aire y Ruido Ambiental de MIXERCON S.A. en su planta de concreto pre mezclado de Villa El Salvador II, para identificar los riesgos a la salud de los trabajadores y población de la zona – 2016* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.

El propósito de la investigación es identificar y medir todos los riesgos que conlleva la contaminación del aire y ruido ambiental a los que están expuestos los trabajadores y pobladores de la zona, para evitar afecciones a la salud de los mismos, como estrategias de prevención. La investigación concluyó que las concentraciones de

material particulado (PM_{2.5}) en la estación de monitoreo CA-01 y CA-02, excedieron el valor del Estándar de Calidad Ambiental para aire, aprobados por el D.S N° 003-2008-MINAM. Los demás parámetros analizados si cumplieron con el Estándar de Calidad Ambiental para Aire, puesto que las concentraciones no superaron el valor estándar de la norma ambiental nacional. Respecto a los resultados del monitoreo de ruido ambiental en las cinco estaciones, no superaron el Estándar de Calidad Ambiental para Ruido (D.S N°085-2003-PCM) en horario diurno y nocturno en la zona industrial. (Nestares Valladares, 2016)

2.1.2. Antecedentes Internacionales

- Loachamin, D. (2017). *Diagnóstico de la calidad del aire de la ciudad de Ibarra del Periodo 2012-2015* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

La presente investigación desarrolló un estudio de los valores obtenidos de la Red de Monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Ibarra, Ecuador. Se compilo datos del periodo 2012 al 2015, para que posteriormente se analice el registro de datos y sea categorizadas de acuerdo a la valoración de la calidad del aire que se le otorgue en referencia a la Norma Ambiental Ecuatoriana y la Guía de la OMS. La investigación concluyó que la ciudad de Ibarra no presenta problemas de contaminación para material particulado (PM₁₀), partículas sedimentables (PS), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃) y benceno (C₆H₆). Las concentraciones son inferiores a los límites establecidos por la NAE y la Guía OMS; sin embargo, el incremento poblacional y el aumento del parque vehicular puede generar progresivamente niveles críticos de concentración de contaminantes atmosféricos que probablemente ocasionarían impactos significativos negativos en la salud de sus pobladores. (Loachamín Tipán, 2017)

- Prieto, K. (2017). *Incidencia de los Incendios Forestales sobre la Calidad de Aire en la ciudad de Bogotá* (Tesis de pregrado). Universidad de los Andes, Bogotá D.C, Colombia.

La investigación describe los incendios forestales que ocurren en Bogotá; lo cual emiten diferentes contaminantes hacia a la atmósfera. Por el producto de estas emisiones, traen consigo la afectación de la calidad del aire. En el presente estudio se analizó el material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}, y los gases SO₂, NO₂, CO y O₃. Se realizó la investigación a partir de los datos del 1 de agosto del 2014 al 31 de Julio del 2016, el cual presenta un comportamiento bimodal en la cantidad de incendios registrados. Se utilizó el programa Hysplit, para analizar la trayectoria de las masas de aire en dirección a la ciudad de Bogotá. Los datos de las concentraciones se recolectaron de la red de monitoreo de la RMCAB. Se concluyó que existe una clara correlación entre los incendios forestales y el aumento de los contaminantes ambientales, a pesar de que todas las emisiones no son producidas por los incendios directos de zonas forestales, sino también están influenciados por los demás materiales externos que al incinerarse producen aumento de las muestras de PM₁₀ afectando la salud del ser humano. El autor recomienda que se tomen acciones como planes de contingencia adecuados, y designar personas previamente capacitadas para difundir el tema con el objetivo de controlar la cantidad de incendios forestales y de esta manera se disminuya el efecto que causan en los seres vivos. (Prieto G., 2017)

- Colsa A., Gonzales H., Cañada, R. & Moreno, A. (2014). *Caracterización de la calidad del aire en la ciudad de Valencia: Un análisis basado en la interpolación espacial de contaminantes* (Informe de investigación). Universidad de Michigan, & Universidad Autónoma de Madrid, Valencia, España.

El objetivo del trabajo es definir el estado actual de la calidad ambiental del aire en la ciudad de Valencia, evaluando las

concentraciones espaciales del aerosol atmosférico (PM₁₀) y del dióxido de nitrógeno (NO₂). A fin de determinar que zonas de Valencia exceden los valores referenciales legales nacionales e internacionales en el ámbito de la calidad del aire. Se utilizó el software ArcGIS, para la interpolación y visualización de las zonas afectadas por los contaminantes atmosféricos. Se coligió que, en el interior de la zona urbana de Valencia, existen áreas donde sobrepasan el límite de los umbrales para la protección de la salud humana y del entorno, aprobado por la OMS. Además, los autores mencionan que el trabajo presentado representa un primer paso para el proceso de evaluación de la legislación ambiental en las ciudades más importantes de España. (Colsa Pérez, González Lorenzo, Cañada Torrecilla, & Moreno Jiménez, 2014)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación Atmosférica

“La contaminación atmosférica es la alteración de la composición natural de la atmósfera a consecuencia de elementos extraños que se pueden presentar como partículas sólidas, líquidas, gases o mezclas de estas formas, ya sea por causas naturales o antropogénicas” (Wark & Warner, 1994, pág. 22)

La contaminación del aire es debido a la afectación de la atmósfera por los gases inorgánicos: óxido de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de carbono (CO_x); también por los diferentes tipos de vapores (orgánicos e inorgánicos); y por partículas generadas por fuentes antropogénicas. Estos contaminantes podrían ser emitidas directa o indirectamente (procesos químicos) hacia la atmósfera, ocasionando así un daño a la salud de las personas. (Stanley E. Manahan, 2007, pág. 401)

Además, los contaminantes se clasifican o se diferencian de acuerdo a la cantidad y toxicidad. Esto sucede significativamente con los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono, ozono y las partículas; pues son considerados sustancias que siempre han existido en la naturaleza. Sin embargo, al superar una determinada cantidad de concentración que no fue originada por fuente naturales, trae como consecuencia efectos nocivos a la salud. Por consiguiente, para definir la calidad del aire, suelo o agua depende exclusivamente de la cantidad de “contaminación” presente en el lugar. (Acosta, 1995, pág. 3)

En los últimos años, se ha incrementado el interés por los problemas generados por la contaminación atmosférica. Es por esta razón, que la población y las autoridades (nacionales y privadas) está realizando estudios toxicológicos y epidemiológicos en relación a la contaminación del aire y la salud del hombre. A pesar de las investigaciones en mejorar la calidad del aire en los diferentes lugares del mundo, la contaminación atmosférica sigue representando un severo riesgo para la salud. Además, en la actualidad existen ciudades, donde superan los niveles de contaminación atmosférica debido a las altas concentraciones de contaminantes que se dispersan en la zona afectada. (Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2007, pág. 166)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), menciona que la contaminación del aire representa un gran riesgo medioambiental para la salud. Cuanto más bajo sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto a plazo. En el año 2016, el 91 % de la población habitaba en zonas en el cual no se consideraban las Directrices de la Organización Mundial de Salud, sobre la calidad del aire. Además, en el mismo año mencionado, se destaca un dato estadístico donde la contaminación del aire en las zonas urbanas y

rurales origina 4.2 millones de muertes prematuras, por año. La causa de esta mortalidad es en consecuencia de la generación del material particulado PM_{2.5}, pues son considerados los responsables de las enfermedades respiratorias, cardiovasculares y el cáncer. (Organización Mundial de la Salud, 2018)

Las fuentes de contaminación atmosférica se clasifican según su origen, en fuentes naturales y antropogénicas (intervención del hombre). Además (Ver Tabla 1) los principales contaminantes atmosféricos provienen de fuentes antropogénicas. (Dirección General de Salud Ambiental, 2005)

Tabla 1. Principales fuentes de emisión

Fuentes	Contaminantes
Vehículos (tráfico intenso)	Dióxido de nitrógeno, Monóxido de carbono, Dióxido de azufre y PM-10 / PM-2.5.
Domicilios / consumo de leña	PM-10 / PM-2.5 y Monóxido de carbono.
Industrias y domésticas / consumo de carbón	PM-10 / PM-2.5 y Dióxido de azufre.
Industrias / consumo de combustible residual	PM-10 / PM-2.5 y Dióxido de azufre
Pesqueras	Sulfuro de hidrógeno y PM
Fundición	Dióxido de azufre
Cemento	PM-10 / PM-2.5
Generación eléctrica / consumo de carbón, residual y diésel	Dióxido de azufre y PM-10 / PM-2.5
Generación eléctrica / consumo de gas	Dióxido de nitrógeno

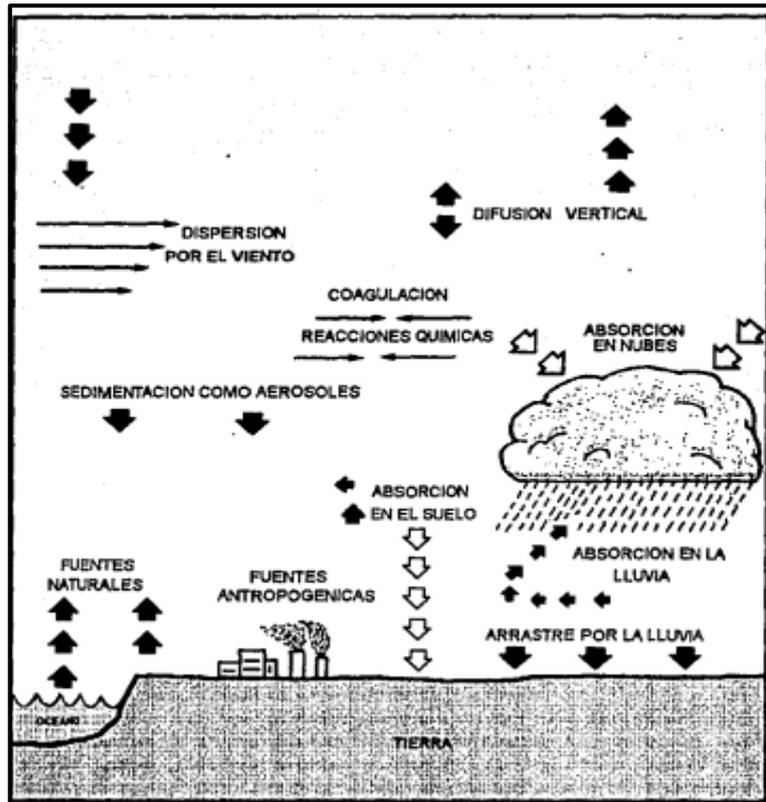
Fuente. DIGESA, 2005

2.2.2. Transporte de los Contaminantes Atmosféricos

Las variables meteorológicas que contribuyen al transporte y dispersión de los contaminantes son la temperatura, presión atmosférica, humedad, precipitación, radiación solar, las características del viento (dirección y velocidad), y la estabilidad atmosférica.

El movimiento horizontal en la atmósfera es conocido como viento, es así como, a mayor velocidad del viento, menor será la concentración del contaminante, porque el viento ayuda a diluir y dispersar rápidamente los contaminantes en la zona. El movimiento vertical, hace referencia a la estabilidad atmosférica, la cual consiste que el aire más caliente se encuentre en la parte superior del aire fresco, generando como resultado una mezcla vertical llamada inversión térmica. Cuando la inversión térmica sea baja, los contaminantes permanecen en la zona baja con una concentración mayor. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2005)

Los contaminantes del aire realizan procesos de transporte en la superficie de la atmósfera. Se divide en dos clases: deposición húmeda y seca. La primera consiste en la introducción de los contaminantes en los cúmulos de nubes, que se arrastran y se liberan en una precipitación. Es considerado un proceso dificultoso, porque interviene el inicio de una potente lluvia y la exposición previa de la superficie. Para el caso de la deposición seca, se define en la recolección directa de compuestos gaseosos y el material particulado. Las características de esta clase de deposición, es que posee la combinación de la concentración atmosférica y la resistencia de la superficie. (Brimblecombe, 2003)



Fuente. (Acosta, 1995)

Figura 1. Transporte y dispersión de los contaminantes atmosféricos

2.2.3. Contaminación atmosférica en el Perú

La Dirección General de la Salud Ambiental Alimentaria (DIGESA), realizó un estudio de saturación en el año 2011 en las zonas de Lima Metropolitana y Callao donde dedujo que los principales contaminantes del aire siguen siendo el material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), los mismos que están influenciados por la acción de los vientos provenientes de suroeste, esto último podría contribuir al incremento de enfermedades respiratorias a las poblaciones. (Dirección General de Salud Ambiental, 2012)

A sí mismo, el estudio dio a conocer que los valores de dióxido de azufre (SO₂) han disminuido notablemente respecto al estudio que se realizó en el año 2000; los valores del dióxido de nitrógeno (NO₂) no superaron los ECAs pero sobrepasaron los valores recomendables por la OMS, en las zonas de Lima Este y Lima Norte; los valores de

Ozono (O_3) no sobrepasaron el Estándar de calidad ambiental (ECA) para aire, ni el valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS); Los valores de concentración del benceno (C_6H_6) superaron los estándares de calidad ambiental para aire en los distritos de Chaclacayo, Lurigancho – Chosica y Ate; y los valores de Polvo Sedimentable (PS) presentó valores altos en los distritos de Carabaylo, Santa Anita, Ate y Comas, en relación al valor recomendado por la OMS. (Dirección General de Salud Ambiental, 2012)

En el territorio nacional también se realizó un Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014 donde presentan información de las 31 Zona de Atención Prioritaria (ZAP) para los siguientes parámetros: Material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. El informe señala que en Lima y Callao la contaminación del aire está relacionada principalmente con el parque automotor (fuentes móviles) y las fuentes fijas, tales como plantas industriales, comercios, restaurantes, que emiten contaminantes como el dióxido de azufre, material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de nitrógeno. La Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA cuenta con cuatro estaciones de monitoreo para la ciudad de Lima ubicados en Lima Norte, Lima Sur, Lima Este y Lima Ciudad; indicó que entre los años 2000 y 2014, los resultados de la vigilancia de la calidad del aire muestran una disminución continua en la concentración de los contaminantes criterio; así se puede observar un descenso del 72.8 % en la concentración del dióxido de azufre (SO_2) y 81.9 % en el caso del dióxido de nitrógeno (NO_2); también la concentración de material particulado (PM_{10}) disminuyó en 41.2 % y en 32.5 % la concentración del material particulado ($PM_{2.5}$). (Ministerio del Ambiente, 2015)

2.2.4. Marco Legislativo

– **Constitución Política del Perú**

La norma legal de mayor jerarquía de nuestro país es la Constitución Política, publicado el 14 de Septiembre de 1993. Se menciona en el numeral 22 del Art.2 que, entre los derechos esenciales de la persona humana, es el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado. (Constitución Política del Perú, 1993)

– **Ley General de Salud**

La ley N°26842 se publicó el 20 de Julio del 1997. En el Capítulo VIII del artículo 103; se indica que la protección del ambiente es responsabilidad del Estado, y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares para preservar la salud de las personas. (Ley General de Salud N° 26842, 1997)

– **Ley Orgánica de Municipalidades**

La ley N°27972 se publicó el 26 de Mayo del 2003. Esta ley establece que los gobiernos locales son entidades básicas de la organización territorial del Estado y canales inmediatos de participación vecinal en los asuntos públicos, que institucionalizan y gestionan con autonomía los intereses propios de las correspondientes colectividades; siendo elementos esenciales del gobierno local, el territorio, la población y la organización. Según el Art.73, las Municipalidades tienen la función de formular, aprobar, ejecutar y monitorear los planes y políticas locales en materia ambiental, en concordancia con las políticas, normas y planes regionales, sectoriales y nacionales. Además, en el Art.80, se cita que las Municipalidades, en materia de saneamiento, salubridad y salud; ejerce la función de regular y controlar la

emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmosfera y el ambiente. (Ley Órgánica de Municipalidades N° 27972, 2003)

– **Ley General del Ambiente**

La ley N°28611 se publicó el 15 de octubre del 2005 y en el artículo I se consigna que toda persona tiene el derecho de vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de su vida, este derecho también es consignado en la Constitución Política; así mismo señala que las personas deben contribuir a una efectiva gestión ambiental y proteger el ambiente. (Ley General del Ambiente N° 28611, 2005)

– **Política Nacional del Ambiente**

Se aprobó mediante el Decreto Supremo N°012-2009-MINAM, el 22 de Mayo del 2009. Se creó en cumplimiento con el art.67 de la Constitución Política del Perú. El principio de esta política es definir los objetivos prioritarios, lineamientos, contenidos principales y estándares nacionales. La Política Nacional del Ambiente es de cumplimiento obligatorio en los tres niveles de gobierno (nacional, regional y local). Está compuesta por cuatros ejes temáticos, dentro de ella se encuentra el Eje de Política 2: gestión integral de la calidad ambiental. Resaltamos la importancia del eje en mención, porque indica la calidad del aire y sus lineamientos de política. Dentro de los lineamientos planteados, indica establecer medidas para prevenir y mitigar los efectos de los contaminantes del aire sobre la salud de las personas. (Decreto Supremo N°012-2009-MINAM, 2009)

– **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire**

En la Ley General del Ambiente N°28611, en el inciso 31.1 del artículo N° 31, define al Estándar de Calidad Ambiental como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud. (Ley General del Ambiente N° 28611, 2005)

Es así como el 06 de Junio del 2017 se aprobó los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire; establecidos en el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. Derogando así el D.S. N°074-2001-PCM, el D.S. N° 069-2003-MINAM y el D.S. N°006-2013-MINAM. (Decreto Supremo N°003-2017-MINAM, 2017)

Tabla 2. Estándares de Calidad Ambiental para aire

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Criterios de evaluación	Métodos de análisis
Benceno (C_6H_6)	anual	2	Media aritmética anual.	Cromatografía de gases.
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año.	Fluorescencia ultravioleta (Método automático).
Ozono (O_3)	8 horas	100	Máxima media diaria. NE más de 24 veces al año.	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático).

Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año.	Quimioluminiscencia (Método automático).
	anual	100	Media aritmética anual.	
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año.	Separación inercia/filtración (Gravimetría).
	anual	25	Media aritmética anual.	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año.	Separación inercia/filtración (Gravimetría).
	anual	50	Media aritmética anual.	
Mercurio Gaseoso Total (Hg)	24 horas	2	No exceder.	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) (Método automático).
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética.	Fluorescencia ultravioleta (Método automático).
Monóxido de carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año.	Infrarrojo no dispersivo (NDIRR) (Método automático).
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1.5	NE más de 4 veces al año.	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica).
	Anual	0.5	Media aritmética de los valores mensuales.	

Fuente. D.S. N°003-2017-MINAM

NE: No exceder

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramos por metro cubico a condiciones estándar (25°C y 1 atmósfera)

(¹): método equivalente aprobado.

(²): El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia según lo establecido en la Sexta Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

– **Protocolo del Monitoreo de Calidad de Aire y Gestión de los**

Datos

Se aprobó el 07 de Septiembre del 2005, la R.D. N°1404/2005/DIGESA: Aprueban Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de los Datos. Es el primer protocolo de monitoreo de calidad del aire que DIGESA ha elaborado para la estandarización y aseguramiento de datos, cuando se realice el monitoreo ambiental para aire en el país. (Dirección General de Salud Ambiental, 2005)

– **Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del**

Aire

Mediante la R.M. N°093-2019-MINAM, el 29 de Marzo del 2019 se estableció la prepublicación del Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire. (Ministerio del Ambiente, 2019)

2.3. Definiciones de bases teóricas

- **Contaminante del Aire:** “Sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y al bienestar humano”. (Ministerio del Ambiente, 2012, pág. 191)

- **Concentración media Aritmética Diaria:** “Es la concentración obtenida al dividir la suma de las concentraciones medidas durante 24 horas entre el

número de mediciones efectuadas. Para este efecto las muestras se tomarán en 16 horas como mínimo”. (Ministerio del Ambiente, 2012, pág. 174)

- **Contaminante primario:** “Sustancias emitidas directamente a la atmósfera, por una fuente de emisión determinada. Ejemplo: monóxido de carbono (CO), dióxido de emisiones de NO_x provenientes del suelo o geogénica (fuentes de origen geológico: volcanes, manantiales de aguas sulfurosas, entre otras)”. (Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental, 2015, pág. 10)
- **Contaminante secundario:** “Contaminante producido a partir de algún(os) contaminante(s) primario(s) y otras sustancias. Ejemplo: el ozono (O₃)”. (Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental, 2015, pág. 11)
- **Emisión:** “Descarga directa de fluidos gaseosos a la atmósfera, cuya concentración de sustancias en suspensión es medida a través de los Límites Máximos Permisibles (LMP)”. (Ministerio del Ambiente, 2012, pág. 69)
- **Estándares de calidad del aire:** “Los ECA para aire son un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental. Además, son aplicables para aquellos parámetros que caracterizan las emisiones de las actividades productivas, extractivas y de servicios”. (Decreto Supremo N°003-2017-MINAM, 2017, pág. 7)
- **Impacto Ambiental:** “Alteración positiva o negativa de uno o más del componente del ambiente, provocada por la acción de un proyecto. El impacto es la diferencia entre qué habría pasado con la acción y qué habría pasado sin ésta”. (Ministerio del Ambiente, 2012, pág. 260)

- **Fuentes fijas:** “Fuente de emisión que no se desplaza en forma autónomas en el tiempo. Ejemplo: chimeneas o calderas industriales”. (Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental, 2015, pág. 11)

- **Fuentes móviles:** “Fuente de emisión que puede desplazarse en forma autónoma, emitiendo contaminantes durante su trayectoria. Ejemplo: automóviles, camiones, aviones, entre otros”. (Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental, 2015, pág. 11)

- **Fuentes de área:** “Incluyen una o varias actividades distribuidas en un área determinada, cuyas emisiones particulares no pueden identificarse y evaluarse de forma precisa”. (Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental, 2015, pág. 11)

- **Límite máximo permisible:** “Instrumento de gestión ambiental que regula la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”. (Ministerio del Ambiente, 2012, págs. 84-85)

- **Material Particulado (PM₁₀):** “Es una mezcla de partículas sólidas microscópicas y gotas líquidas suspendidas en el aire (aerosoles), el cual, de acuerdo a su tamaño, son partículas con diámetro menor o igual a 10 micras (µm)”. (Ministerio del Ambiente, 2015, pág. 17)

- **Estación de Monitoreo:** Área en el que se ubican los equipos de monitoreo, definida en el IGA y aprobada por la Autoridad Ambiental Competente. (Ministerio del Ambiente, 2012, pág. 70)

- **Muestreo Ambiental:** “El muestreo ambiental consiste en tomar muestras representativas que permitan caracterizar el componente ambiental en

estudio, las cuales presentan las mismas características o propiedades del componente que está evaluando. Las muestras tomadas son enviadas a un laboratorio acreditado. La técnica del muestreo se realiza de manera puntual y/o compuesta, y comprende la recolección, análisis y evaluación sistemática en un determinado espacio y tiempo”. (Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental, 2015, pág. 8)

- **Monitoreo Ambiental:** “El monitoreo es una de las herramientas de vital importancia para la fiscalización ambiental y se realiza para verificar la presencia y medir la concentración de contaminantes en el ambiente en un determinado periodo de tiempo”. (Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental, 2015, pág. 8)

- **Dióxido de Azufre (SO₂):** Este concepto de SO₂, se podría definir: Como una gas incoloro y no inflamable, de olor asfixiante e irritante. De vida media en la atmósfera corta (unos 2 a 4 días), casi la mitad de las emisiones vuelven a depositarse en la superficie, mientras que el resto se transforma en iones sulfato (SO₄²⁻). Con el tiempo y en contacto con el aire y la humedad, se reduce y se transforma en trióxido de azufre. Es soluble en agua, formando la lluvia ácida (ácido sulfúrico), y sales como los sulfitos y bisulfitos. (Ministerio del Ambiente, 2015, pág. 18)

- **Monóxido de Carbono (CO):** Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Resulta tóxico a concentraciones elevadas en exposiciones cortas de tiempo. Más del 90 % del CO atmosférico proviene de fuentes naturales, de manera muy especial de la oxidación del metano. Entre las fuentes antropogénicas destaca el transporte y, en menor medida, las plantas de combustión, las instalaciones de tratamiento y distribución de combustibles fósiles. (Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental, 2015, pág. 12)

- **Dióxido de Nitrógeno (NO₂):** El nitrógeno es el elemento más común del aire que respiramos (78%), y conforma un grupo de óxidos nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂); el primero es relativamente inofensivo, pero el segundo puede causar efectos adversos en la salud y bienestar. Las fuentes naturales más comunes son la descomposición bacteria de nitratos orgánicos, incendios forestales y de pastos, y la actividad volcánica; en tanto que la principal fuente antropogénica es la quema de combustibles fósiles. (Ministerio del Ambiente, 2015, pág. 19)

- **Sulfuro de Hidrógeno (H₂S):** “Gas incoloro con fuerte olor, inflamable y explosivo en aire provocarse la ignición por una descarga de electricidad estática”. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2011)

- **Humedad Relativa:** Es la variable meteorológica que consiste en informar el valor real de cuán cerca está el aire de alcanzar la saturación (sin modificar su presión ni su temperatura). “Una humedad relativa del 100% es indicativo de que esa masa de aire ya no puede almacenar más vapor de agua en su seno, y a partir de ese momento, cualquier cantidad extra de vapor se convertirá en agua líquida o en cristalitas de hielo, según las condiciones ambientales”. (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, pág. 30)

- **Temperatura:** “Es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Cuanta mayor agitación presente éstas, mayor será la temperatura. El instrumento que se utiliza para medir la temperatura se llama termómetro”. (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, pág. 12)

- **Presión Atmosférica:** Es la fuerza por unidad de superficie, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal (1 Pascal = 1N/ m²). La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. “Cuanto más arriba en la atmósfera nos encontremos, la cantidad

de aire por encima nuestro será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí”. (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, pág. 17)

- **Dirección del Viento:** “Consiste en el movimiento de aire desde una zona hasta otra. Para la medición de la variable meteorológica se utilizan las veletas, que indican las procedencias geográficas del viento”. (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, págs. 20-21)
- **Velocidad del Viento:** “Se origina normalmente cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura. El instrumento más utilizado es el anemómetro, el giro de estas es proporcional a la velocidad del viento. La unidad de medida es el Km/h o m/s”. (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, págs. 20-21)
- **Tren de Muestreo:** “Es un sistema ensamblado que sirve para coleccionar gases, fabricado en función a parámetros se encuentran el monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S), ozono (O₃) y benceno”. (Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental, 2015, pág. 18)
- **Muestreador de Alto Volumen (Hi-Vol):** “Equipo designado por la United States Environmental Protection Agency (US EPA) para la medición de material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}). Las partículas son clasificadas por medio de un separador aerodinámico y después coleccionadas en un filtro de cuarzo para su posterior cuantificación y análisis”. (Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental, 2015, pág. 17)
- **Estación Meteorológica:** “Una estación meteorológica dispone de varios instrumentos de medición de variables meteorológicas; para que las medidas estén bien representativas se debe tener en conocimiento la

ubicación, orientación y condiciones del entorno donde se instalará la estación meteorológica”. (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, pág. 42)

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS

3.1. Modelo de solución propuesto

El monitoreo de calidad del aire en el área de estudio se realizó durante el mes de marzo del 2019. En el monitoreo se registraron parámetros meteorológicos (in situ) y se recolectaron muestras representativas para su posterior análisis en el laboratorio (ex situ). Para el análisis de las muestras se seleccionó el Laboratorio Ambiental Servicios Analíticos Generales S.A.C., laboratorio que cuenta con una amplia variedad de métodos acreditados por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y The International Accreditation Service (IAS).

3.1.1. Área de estudio

3.1.1.1. Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicado a 25 kilómetros al sur de la capital del Perú. Se ubica exactamente en el distrito de Villa El Salvador, perteneciente a la provincia de Lima Metropolitana, del departamento de Lima. En el ANEXO N°1 se observa el mapa de la zona en estudio.

3.1.1.2. Localización geográfica

Según la zonificación del distrito, la zona industrial de Villa El Salvador se localiza entre la Av. Separadora Industrial, la Av. Mateo Pumacahua, la Av. Pachacútec y la Av. Auxiliar de la Separadora Industrial.

3.1.1.3. Extensión territorial

El lugar en estudio está conformado por tres parcelas (I, II, II-A), con una superficie total de 2.01 Km² y un perímetro de 8.1 Km , siendo el área del parque industrial de 1.60 Km². En la parcela II se destinó parte de ella a las instalaciones de la Autoridad Autónoma del Tren Eléctrico (0.11 Km²).

3.1.1.4. Límites

La zona industrial limita por el noreste y este con La Tablada de Lurín, perteneciente al distrito Villa María del Triunfo, por el noroeste y oeste con la zona residencial de Villa El Salvador (I y II Sector), y por el sur con la zona residencial de Villa El Salvador (III Sector).

3.1.2. Equipos y materiales

En el presente trabajo se emplearon dos equipos de monitoreo ambiental, y un equipo automático (estación meteorológica). Además de un dispositivo regulador de flujo volumétrico.

En la Tabla 3 se describen las características (marca, modelo y N° de serie) de los dispositivos y equipos utilizados durante el monitoreo. Los certificados de calibración y/o verificación metrológica de los equipos empleados se presentan en el ANEXO N°5.

Tabla 3. Equipos y dispositivos utilizados

Nombre del equipo	Código Interno	Parámetro	Marca	Modelo	N° de serie.
Tren de muestreo (*)	ELAB-393	SO ₂ , CO, H ₂ S y NO ₂	-	-	-
Muestreador de partículas de alto volumen	ELAB-457	PM ₁₀	Thermo Scientific	SA/G 1200	P9231X
Rotámetro vertical	ELAB-236	Regulador de flujo de aire que ingresa al tren de muestreo.	Dwyer	RMA	ELAB- 236
Estación Meteorológica	ELAB-226	Temperatura, Humedad relativa, Presión atmosférica Velocidad y Dirección del viento.	Davis Instruments	Vantage Vue/ 6250M	F11101A010

Fuente. Laboratorio SAG

Nota: (*) El Tren de Muestreo es un equipo de fabricación nacional y no es posible su calibración ante el INACAL. Pero si requiere calibración el controlador de flujo (Rotámetro).

En la siguiente Tabla 4, se describen los materiales y herramientas utilizados en el monitoreo de calidad del aire.

Tabla 4. Materiales, herramientas e insumos utilizados

Material / Herramienta / Insumo	Descripción / Función
GPS	Dispositivo de mano, que sirve para ubicar las coordenadas geográficas de la estación de monitoreo.

Impingers	Material fabricado con vidrio borosilicato, indispensable para la recolección de los gases contaminantes durante el monitoreo.
Soluciones captadoras (NO ₂ , H ₂ S, SO ₂ y CO).	Compuestos químicos que se encuentran dentro de frascos de plásticos de color ámbar. Lo proporciona el laboratorio ambiental, para su posterior trasvase a los impingers.
Filtros de fibras de cuarzo	Indicadores para el control de la contaminación atmosférica. Elemento que recolecta el material particulado PM ₁₀ a través del muestreador de alto volumen (Hi Vol).
EPPs	Grupo de elementos de protección personal ante cualquier accidente (casco, guantes, lentes de seguridad, botas de seguridad).
Pizarra acrílica y plumón	Instrumentos de señalización para la estación de monitoreo.
Cámara fotográfica	Dispositivo electrónico que capturaba las fotografías de las actividades durante el monitoreo. (instalación, preparación de materiales y funcionamiento de equipo).
Rotámetro	Es un dispositivo que sirve para medir el flujo volumétrico. Según el protocolo de monitoreo se debe considerar un caudal específico para cada gas contaminante.
Regleta	Manómetro diferencial que sirve para medir la caída de presión inicial y final del monitoreo del material particulado PM ₁₀ .
Cartilla de registro de flujo (Flow chart)	Cartilla que corresponde al grabador de flujo continuo durante las 24 horas de monitoreo en el muestreador de alto volumen.
Trípodes	Herramienta metálica que sirven de soporte físico para los equipos de monitoreo.
Cable de extensión eléctrica	Es un cable vulcanizado de 25 metros, de tres entradas de conexión eléctrica.
Pilas Alcalinas	Pilas de 1.5 V marca Duracell, para el funcionamiento de la estación meteorológica y GPS.

Fuente. Elaboración propia

3.1.3. Metodología

3.1.3.1. Plan de monitoreo

La calidad del aire se interpreta en forma cuantitativa (concentración del contaminante en el aire) o cualitativa (efecto en la salud del hombre). En el presente estudio se elaboró un plan de monitoreo donde se evaluó la información existente de la calidad del aire y se revisó el marco normativo ambiental nacional, empleando así documentos de carácter oficial y legal. El Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos, aprobados mediante la Resolución Directoral N° 1404-2005-DIGESA-SA y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire, establecidos en el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM; son los documentos de referencia más importantes para realizar el plan de monitoreo con el objetivo de medir, monitorear y gestionar los datos resultantes. Para el diseño del plan, se siguió las siguientes etapas:

- Determinar los objetivos que se desean alcanzar en el presente proyecto.
- Especificar los contaminantes atmosféricos que se van a monitorear, a partir del tipo de fuente que lo genera en el área de estudio.
- Seleccionar las estrategias y el equipamiento necesario para el desarrollo del monitoreo ambiental.
- Verificar la disponibilidad de recursos (económicos, humanos y tiempo).
- Constatar la calidad de la información requerida (exactitud, precisión, representatividad y comparabilidad).

3.1.3.2. Descripción de la estación de monitoreo

A continuación, se muestra la ubicación y la representación detallada de la estación de monitoreo evaluada. El monitoreo se realizó del 11 al 12 de Marzo del 2019.



Fuente. Google Earth

Figura 2. Ubicación satelital de la estación de monitoreo

Tabla 5. Representación detallada de la estación de monitoreo

Proyecto	Ubicación del Proyecto	Descripción de la Estación de monitoreo	Estación de monitoreo	Coordenadas de la estación de monitoreo Sistema UTM Datum WGS 84
Monitoreo de Calidad del Aire – Zona Industrial.	Zona Industrial de Villa El Salvador.	Punto ubicado en la azotea de CITEmadera de V.E.S.	CA-PI-01	Zona 18 L E: 0289269 N: 8650804 Altitud: 197 m.s.n.m.

Fuente. Elaboración propia

3.1.3.3. Estándares de comparación

La normativa ambiental aplicable para comparar los resultados de los contaminantes atmosféricos, son los valores del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aire, establecidos en el D.S. N°003-2017-MINAM. En la Tabla 6, se observa los valores comparativos.

Tabla 6. Valores del Estándar de Calidad Ambiental para aire

Contaminante	Período	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Decreto Supremo
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 hora	200	D.S. N°003-2017-MINAM
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250	
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	24 horas	150	
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	10000	

Fuente. D.S. N°003-2017-MINAM

La Escala de Beaufort (ver Tabla 7), corresponde a la estimación aproximada de la velocidad del viento en función del aspecto de la superficie del mar. Su importancia es para describir el comportamiento de esta variable meteorológica. (Ministerio de Energía y Minas, 2008)

Tabla 7. Escala de Beaufort

Fuerza	Velocidad (Km/h)	Denominación
0	< 1	Calma
1	2-5	Ventoína

2	6-11	Flojito (Brisa muy débil)
3	12-19	Flojo (Brisa débil)
4	20-28	Bonancible (Brisa moderada)
5	29-38	Fresquito (Brisa fresca)
6	39-49	Fresco (Brisa fuerte)
7	50-61	Frescachón (viento fuerte)
8	62-74	Temporal (viento duro)
9	75-88	Temporal fuerte (muy duro)
10	89-102	Temporal duro (temporal)
11	103-117	Temporal muy duro (Borrasca)
12	>118	Temporal huracanado (Huracán)

Fuente. MINEM

3.1.3.4. Metodología de análisis

- **Material Particulado (PM₁₀) Alto Volumen: NTP 900.030.2003. Método de Referencia para la Determinación de Material Particulado Respirable como PM₁₀ en la Atmósfera. 2003.**

Se utilizó un muestreador de alto volumen (Hi-Vol), para el monitoreo del material particulado (aerosol atmosférico) de diámetro igual o menor a 10 µm. Su funcionamiento principal es obtener un volumen conocido de aire a un flujo constante de 1,13 m³/min +/- 10%. Las partículas son recolectadas en un filtro de cuarzo durante el periodo de muestreo (24 horas). Cada filtro es pesado antes y después del monitoreo para determinar el peso total obtenido de la muestra. Esta metodología también es conocida como el método gravimétrico; pues es la diferencia de peso final e inicial del filtro de cuarzo, correspondiendo así a la cantidad de material particulado respirable (PM₁₀) retenida en el filtro. El volumen total del aire muestreado es determinado por el flujo volumétrico conocido en un tiempo expuesto. Finalmente se obtiene la concentración del material particulado en el aire,

dividiendo el peso total de las partículas recolectadas en el filtro y el volumen de aire muestreado. Esta concentración final se calcula en unidades de microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y a condiciones estándar (25 °C y 1 atm). (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales INDECOPI, 2003)

- **Dióxido de Nitrógeno (NO_2). SAG-160804 Rev.01 (Validado), 2018. Referenciado en Análisis de Contaminantes del Aire, Peter O. Warner. Determinación de Dióxido de Nitrógeno en Calidad de Aire.**

El dióxido de nitrógeno del ambiente se recolecta a través de una solución captadora que está compuesta por el hidróxido de sodio y el arsenito de sodio. La concentración del ion nitrito (NO_2) producido durante el muestreo se determina colorimétricamente a través de la reacción de iones de nitrito con ácido fosfórico, sulfanilamida y N-(1-naftil)-etilendiamina (NED dihidrocloruro); y mediante la medición de la absorción de colorante azoico muy coloreado a 540 nm. (Thomas R. Hauser, 1973)

Asimismo, se empleó el uso del tren de muestreo y se utilizó 50 ml de solución captadora, para posteriormente se trasvase a un impinger. El tiempo estimado del muestreo fue de 1 hora con un flujo de 1 L/min.

- **Dióxido de Azufre (SO_2). EPA-40 CFR, Appendix A-2 to part 50. Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxid in the Atmosphere (Pararosaniline Method). 2010**

El principio del método consiste, en que un volumen medido de aire se burbujea a través de una solución absorbente (50 ml) denominada tetracloromercurato de potasio (TCM). El dióxido de azufre presente en el aire atmosférico reacciona con la solución de TCM para formar un complejo estable de monoclorosulfonatomercurato. Posteriormente una vez formado este complejo, tiene la característica de resistir a la oxidación del aire y de poseer la estabilidad en presencia de oxidantes fuertes como el ozono y los óxidos de nitrógeno. Durante el análisis, el complejo reacciona con un colorante de pararosanilina blanqueado con ácido y formaldehído, para producir un ácido de pararosanilina metilsulfónico de color intenso. Para determinar la concentración del dióxido de azufre recolectado, se realiza espectrofotométricamente a 548 nm. A sí mismo el volumen total de aire muestreado, se corrige a las condiciones de referencia establecido en la EPA US (25°C y 1 atm). (Environmental Protection Agency US EPA, 2010)

Se utilizó el tren de muestreo con un flujo volumétrico constante de 0.2 L/min, por un periodo de muestreo de 24 horas según corresponde el protocolo de monitoreo.

- **Sulfuro de Hidrógeno (H₂S). SAG-120126 Rev.02 Referenciado en Norma COVENIN 3571:2000 (Validado). Calidad de Aire. Determinación de Sulfuro de Hidrogeno (H₂S). 2018.**

El método de análisis consiste en captar el sulfuro de hidrógeno del aire atmosférico, a través de la solución captadora compuesta por el hidróxido sódico – sulfato de cadmio (en total 50 ml). El sulfuro de cadmio de la muestra

recolectada se hace reaccionar con N, N-dimetilfenilendiamina dihidrocloruro y cloruro férrico, para formar el azul de metileno. Para determinar la densidad óptica del H₂S recolectado, se utiliza el espectrofotómetro a 660-670 nm. (Comisión Venezolana de Normas Industriales, 2000)

Para el muestreo de este gas se ha empleado un tren de muestreo, a un flujo volumétrico específico de 0.2 L/min y con un periodo muestreo de 24 horas. Los resultados son expresados en µg/m³.

- **Monóxido de Carbono (CO). SAG-150410, Rev. 01 (Validado), Referenciado en método colorimétrico, 2016. Determinación de Monóxido de Carbono en Calidad de Aire (CO).**

El método de ensayo consiste en reaccionar el monóxido de carbono con la disolución alcalina de la sal de plata de ácido p-sulfaminanobenzoico por el cual se forma una disolución coloidal de plata y cuya absorbancia puede cuantificarse a 425 nm por espectrofotometría. El absorbente está compuesta tres soluciones: Solución A: ácido p-sulfaminanobenzoico y NaOH 0.1 M, Solución C: NaOH 0.1 M; y Solución B: Nitrato de Plata de 0.1 M. El volumen requerido de solución captadora para el muestreo del parámetro es de 40 ml, por un periodo de 8 horas y un flujo constante de 0.5 L/min. (Peter O. Warner, 1981)

- **Meteorología. ATSM D5741-96(2011). Standard Practice for Characterizing Surface wind using a wind vane and Rotating Anemometer.**

La metodología consiste caracterizar la velocidad y la dirección del viento en la superficie, las velocidades máximas, mínimas y el promedio durante el monitoreo. (American Society for Testing and Materials, 2011)

Para evaluar las condiciones meteorológicas, se utilizó una estación meteorológica marca Davis Instruments. A través de sus sensores registraron los diferentes parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento) en un tiempo de 24 horas. La estación se instaló a una altura mayor de 1.8 metros y en un ambiente extenso sin obstáculos (paredes, edificios o árboles) a su alrededor.

En la siguiente Tabla 8 se presentan los equipos, los parámetros evaluados, las metodologías empleadas y los límites de cuantificación; desarrollados para el análisis de los contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas.

Tabla 8. Equipos, parámetros y metodología utilizada

Equipos	Parámetros	Metodología	L.C.
Muestreador de alto volumen (Hi-Vol)	Material particulado PM ₁₀	NTP 900.030.2003. Método de Referencia para la Determinación de Material Particulado Respirable como PM ₁₀ en la Atmósfera. 2003.	0.6 µg/m ³
Estación meteorológica	Temperatura ambiente, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento.	ATSM D5741-96(2011). Standard Practice for Characterizing Surface wind using a wind vane and Rotating Anemometer.	---

Tren de Muestreo	Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	SAG-160804 Rev.01 (Validado), 2018. Referenciado en Análisis de Contaminantes del Aire, Peter O. Warner. Determinación de Dióxido de Nitrógeno en Calidad de Aire.	3.33 µg/m ³
	Dióxido de azufre (SO ₂)	EPA-40 CFR, Appendix A-2 to part 50. Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method). 2010	13.00 µg/m ³
	Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	SAG-120126 Rev.02 Referenciado en Norma COVENIN 3571:2000 (Validado). Calidad de Aire. Determinación de Sulfuro de Hidrogeno (H ₂ S). 2018.	2.361 µg/m ³
	Monóxido de carbono (CO)	SAG-150410, Rev. 01 (Validado), Referenciado en método colorimétrico, 2016. Determinación de Monóxido de Carbono en Calidad de Aire (CO).	600 µg/m ³

Fuente. Laboratorio SAG

Nota: L.C: Límite de cuantificación.

3.2. Resultados

En la presente sección, se describen e interpretan los resultados del monitoreo de calidad del aire en la zona industrial de Villa El Salvador.

3.2.1. Contaminantes Atmosféricos

3.2.1.1. Material particulado PM₁₀

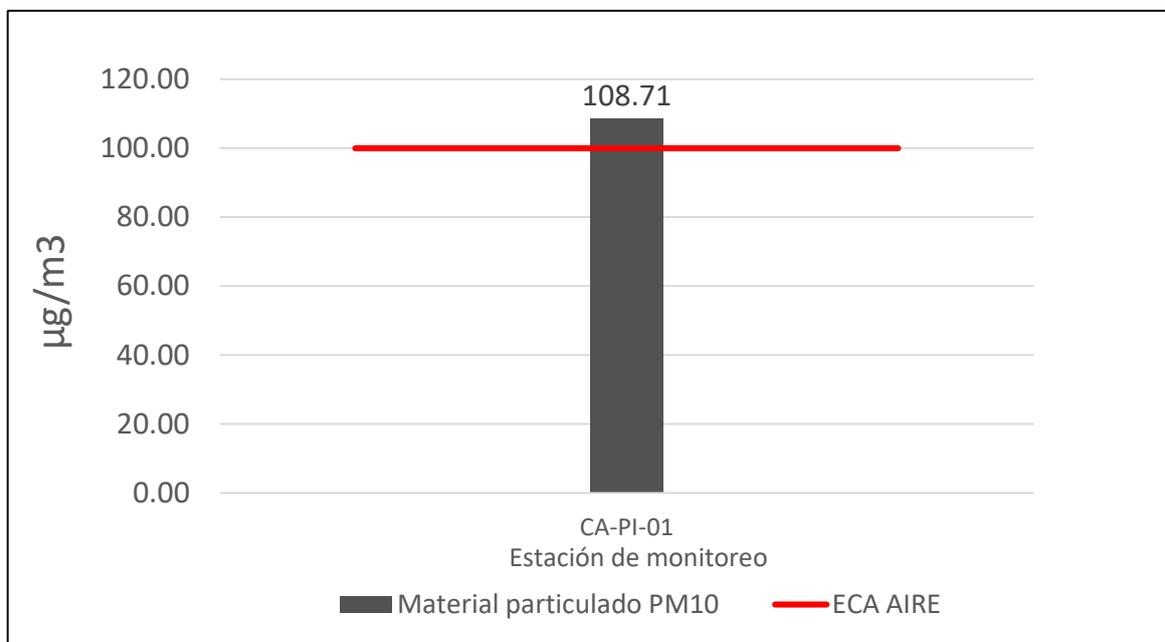
En la Tabla 9 se presenta el resultado del material particulado PM₁₀, registrado en el presente monitoreo.

Tabla 9. Resultado del material particulado PM₁₀

Estación	Periodo de monitoreo				Concentración (µg/m ³) std (*)
	Fecha inicio	Hora inicio	Fecha final	Hora Final	
CA-PI-01	11/03/2019	14:00 h	12/03/2019	14:00 h	108.71
Tiempo de Monitoreo:				24 horas	
Estándar de calidad ambiental (D.S N°003-2017-MINAM)					100

Fuente. Elaboración propia

Nota: (*) A condiciones estándar 25 °C y 1 atm.



Fuente. Elaboración propia

Figura 3. Gráfico explicativo del material particulado PM₁₀

Como se observa en la Tabla 9 y en la Figura 3, el análisis del material particulado PM₁₀ registró una concentración de 108.71 µg/m³. Excediendo así el valor de 100 µg/m³ del Estándar de Calidad Ambiental para aire, aprobado mediante el D.S. N°003-2017-MINAM.

3.2.1.2. Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

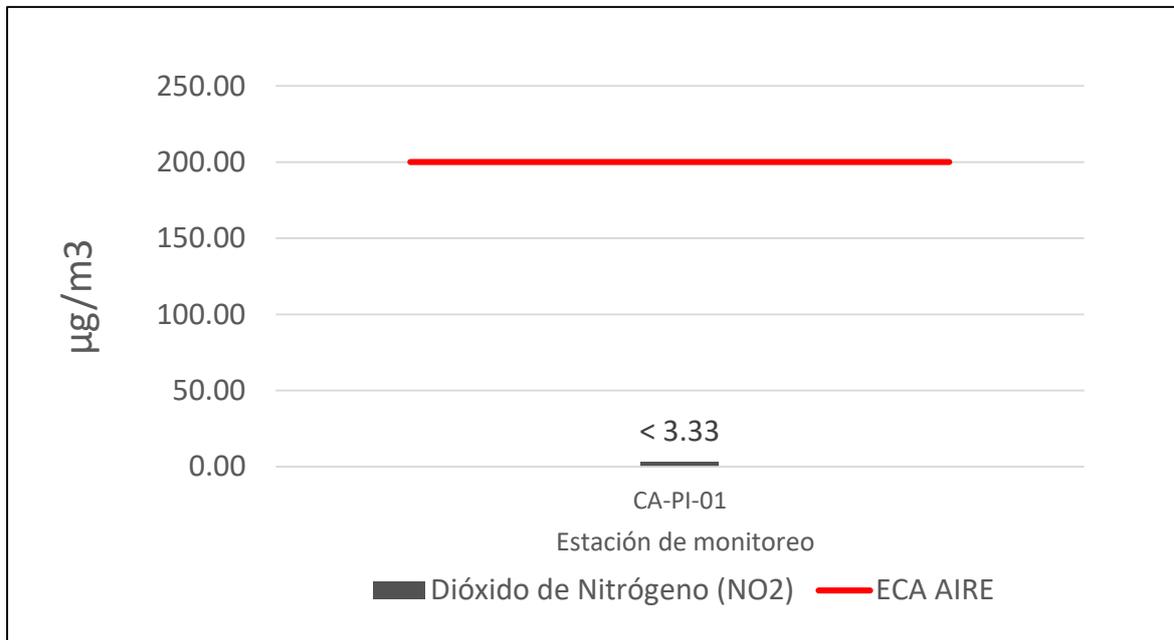
En la siguiente Tabla 10 se presenta el resultado del dióxido de nitrógeno (NO₂), registrado en el presente monitoreo.

Tabla 10. Resultado del dióxido de nitrógeno (NO₂)

Estación	Periodo de monitoreo				Concentración (µg/m ³) std (*)
	Fecha inicio	Hora inicio	Fecha final	Hora Final	
CA-PI-01	12/03/2019	10:00 h	12/03/2019	11:00 h	< 3.33
Tiempo de Monitoreo			1 hora		
Estándar de calidad ambiental (D.S N°003-2017-MINAM)					200

Fuente. Elaboración propia

Nota: (*) A condiciones estándar 25 °C y 1 atm.



Fuente. Elaboración propia

Figura 4. Gráfico explicativo del dióxido de nitrógeno (NO₂)

Según en la Tabla 10 y en la Figura 4, el análisis del dióxido de nitrógeno (NO₂) obtuvo una concentración por debajo del límite de cuantificación (< 3.33 µg/m³); cumpliendo así con el estándar de 200 µg/m³, establecido por el D.S. N°003-2017-MINAM.

3.2.1.3. Dióxido de Azufre (SO₂)

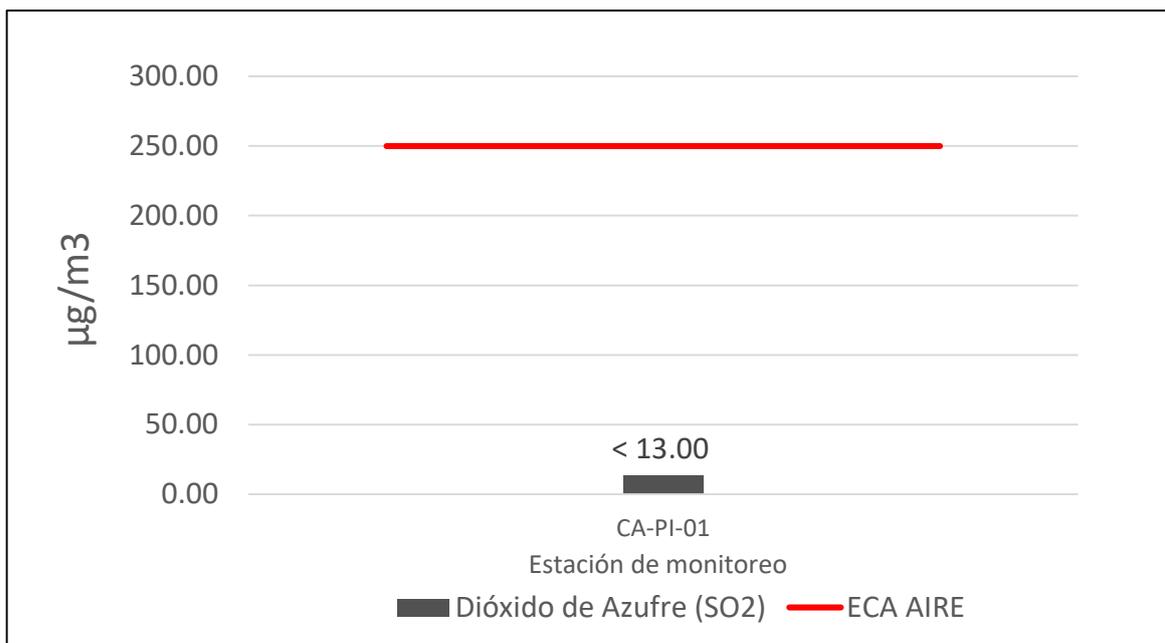
En la Tabla 11 se presenta el resultado del dióxido de azufre (SO₂), registrado en el presente monitoreo.

Tabla 11. Resultado del dióxido de azufre (SO₂)

Estación	Periodo de monitoreo				Concentración (µg/m ³) std (*)
	Fecha inicio	Hora inicio	Fecha final	Hora Final	
CA-PI-01	11/03/2019	14:00 h	12/03/2019	14:00 h	< 13.00
Tiempo de Monitoreo			24 horas		
Estándar de calidad ambiental (D.S N°003-2017-MINAM)					250

Fuente. Elaboración propia

Nota: (*) A condiciones estándar 25 °C y 1 atm.



Fuente. Elaboración propia

Figura 5. Gráfico explicativo del dióxido de azufre (SO₂)

Según en la Tabla 11 y en la Figura 5, el análisis del dióxido de azufre (SO₂) registró una concentración inferior al límite de cuantificación (< 13.00 µg/m³), por lo tanto, no supera el valor normativo (250 µg/m³) del Estándar de Calidad Ambiental para Aire; aprobado en el D.S. N°003-2017-MINAM.

3.2.1.4. Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

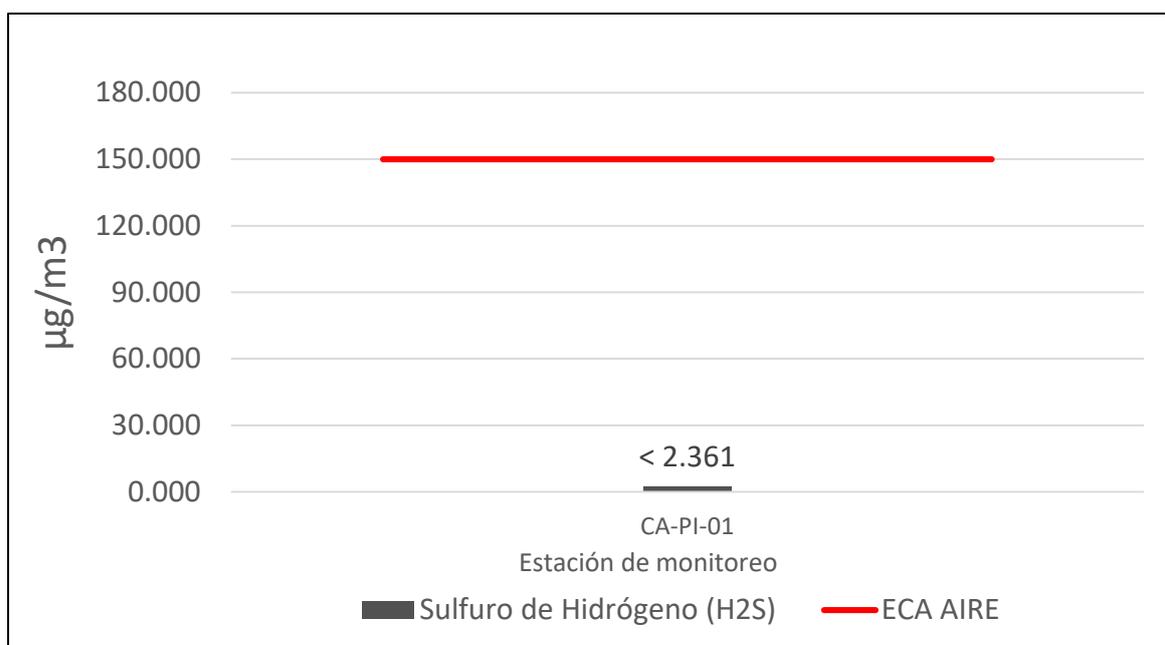
En la Tabla 12 se presenta el resultado del sulfuro de hidrógeno (H₂S), registrado en el presente monitoreo.

Tabla 12. Resultado del sulfuro de hidrógeno (H₂S)

Estación	Periodo de monitoreo				Concentración (µg/m ³) std (*)
	Fecha inicio	Hora inicio	Fecha final	Hora Final	
CA-PI-01	11/03/2019	14:00 h	12/03/2019	14:00 h	< 2.361
Tiempo de Monitoreo			24 horas		
Estándar de calidad ambiental (D.S N°003-2017-MINAM)					150

Fuente. Elaboración propia

Nota: (*) A condiciones estándar 25 °C y 1 atm.



Fuente. Elaboración propia

Figura 6. Gráfico explicativo del sulfuro de hidrógeno (H₂S)

Según en la Tabla 12 y en la Figura 6, el análisis del sulfuro de hidrógeno (H₂S) reportó una concentración por debajo del límite de cuantificación (< 2.361 µg/m³). De tal manera no supera el valor de 150 µg/m³ del Estándar de Calidad Ambiental para Aire, dispuesto en el D.S. N°003-2017-MINAM.

3.2.1.5. Monóxido de Carbono (CO)

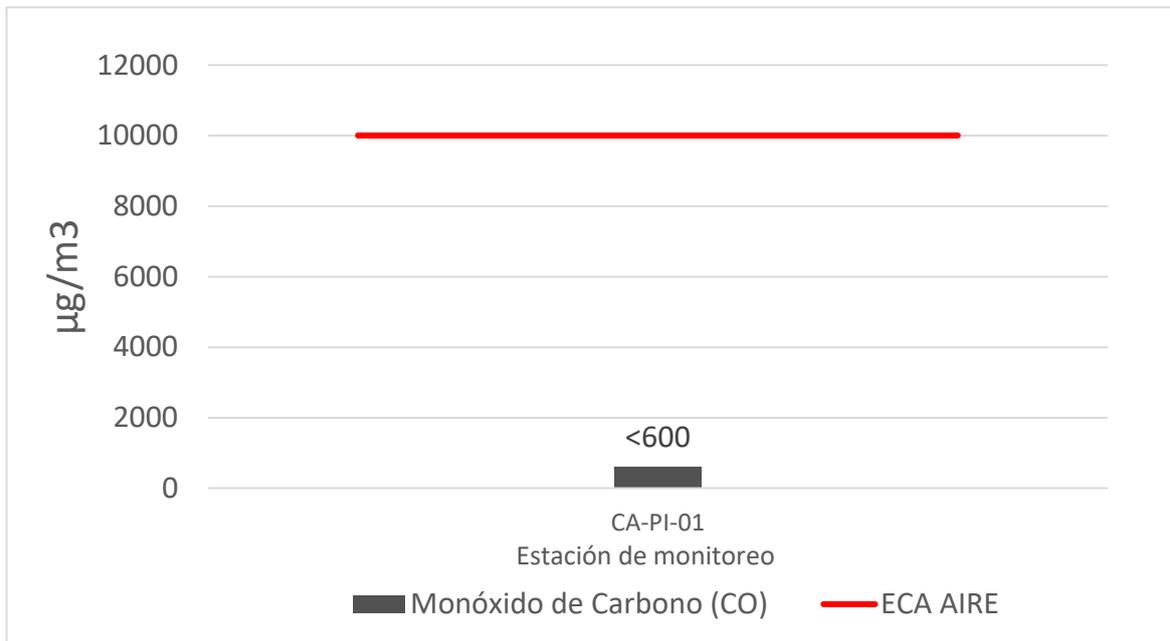
En la tabla 13 se presenta el resultado del monóxido de carbono (CO), registrado en el presente monitoreo.

Tabla 13. Resultado del monóxido de carbono (CO)

Estación	Periodo de monitoreo				Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) std (*)
	Fecha inicio	Hora inicio	Fecha final	Hora Final	
CA-PI-01	11/03/2019	14:00	11/03/2019	22:00	< 600
Tiempo de Monitoreo			8 horas		
Estándar de calidad ambiental (D.S N°003-2017-MINAM)					10 000

Fuente. Elaboración propia

Nota: (*) A condiciones estándar 25 °C y 1 atm.



Fuente. Elaboración propia

Figura 7. Gráfico explicativo del monóxido de carbono (CO)

En la Tabla 13 y en la Figura 7, se logra apreciar la concentración resultante del monóxido de carbono, la cual indica un valor menor al límite de cuantificación ($< 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Por consiguiente, no excede el valor referencial ($10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) del Estándar de Calidad Ambiental para Aire, aprobado en el D.S. N°003-2017-MINAM.

3.2.2. Variables Meteorológicas

Para descargar la información meteorológica, se utilizó el software WEATHERLINK 5.9.2. Es un programa exclusivo de las estaciones meteorológicas marca Davis Instruments.

Todos los valores meteorológicos registrados durante el monitoreo se presentan en la Tabla 14, describiendo las siguientes variables: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento.

Tabla 14. Registros de los parámetros meteorológicos en la estación CA-PI-01

Periodo	Horas (H)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento	Presión (mbar)
11/03/2019	15:00	29.6	55	2.7	SW	985.1
	16:00	29.2	57	2.7	S	984.9
	17:00	28.1	58	2.2	S	985.2
	18:00	26.3	66	2.2	S	986
	19:00	23.2	80	2.2	S	987
	20:00	23.3	79	1.3	SSE	987.9
	21:00	23.2	81	1.3	ESE	988.6
	22:00	23.7	79	0.9	ESE	988.9
	23:00	23.2	83	0.9	S	988.5

	00:00	23.8	78	CALMA	---	987.8
	01:00	23.8	77	CALMA	---	987
	02:00	23.2	81	CALMA	---	986.5
	03:00	22.2	85	0.9	SSE	985.6
	04:00	22.8	82	CALMA	---	985.4
	05:00	21.3	88	CALMA	---	985.6
	06:00	21.5	88	CALMA	---	985.7
12/03/2019	07:00	22.9	83	CALMA	---	986.1
	08:00	23.4	83	CALMA	---	986.9
	09:00	25.8	74	0.9	NW	986.7
	10:00	26.4	73	0.9	NW	986.2
	11:00	27.5	66	0.9	SW	986.1
	12:00	28.6	60	1.3	SW	985.8
	13:00	28.9	59	2.2	S	985.8
	14:00	29.3	57	2.7	W	985.7

Fuente. *Elaboración propia*

Nota: S: sur; SSE: sur sureste; SW: suroeste; N: norte; ESE: este sureste; NW: Noroeste. CALMA: Velocidad del viento que oscila entre 0.0 a 0.5 m/s.

Tabla 15. Promedio de las variables meteorológicas en la estación CA-PI-01

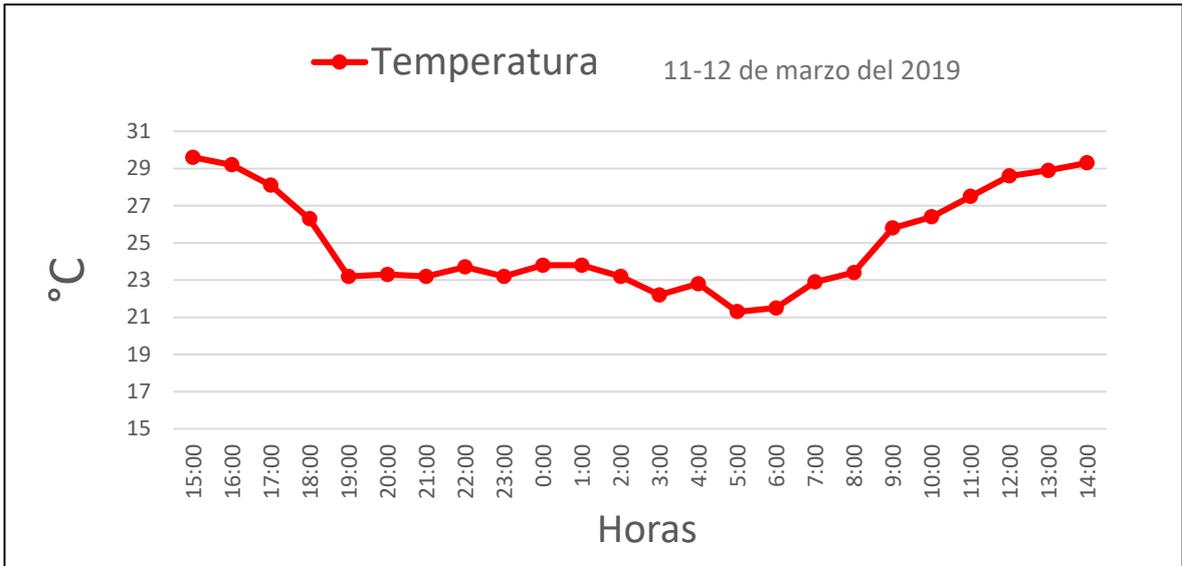
Variables Meteorológicas	Promedio	Máximo	Mínimo
Temperatura (°C)	25.1	29.6	21.3
Humedad relativa (%)	74	88	55
Velocidad del viento (m/s)	1.1	2.7	CALMA
Dirección del viento predominante		S	
Presión atmosférica (mbar)	986.5	988.9	984.9

Fuente. *Elaboración propia*

Nota: S: Sur. CALMA: Velocidad del viento que oscila entre 0.0 a 0.5 m/s.

3.2.2.1. Temperatura

Los valores registrados de Temperatura correspondiente al presente monitoreo (ver Tabla 15), presentaron variaciones desde 21.3 °C a 29.6 °C, y con una temperatura promedio de 25.1°C. En la siguiente Figura 8, se observa el comportamiento de esta variable meteorológica.

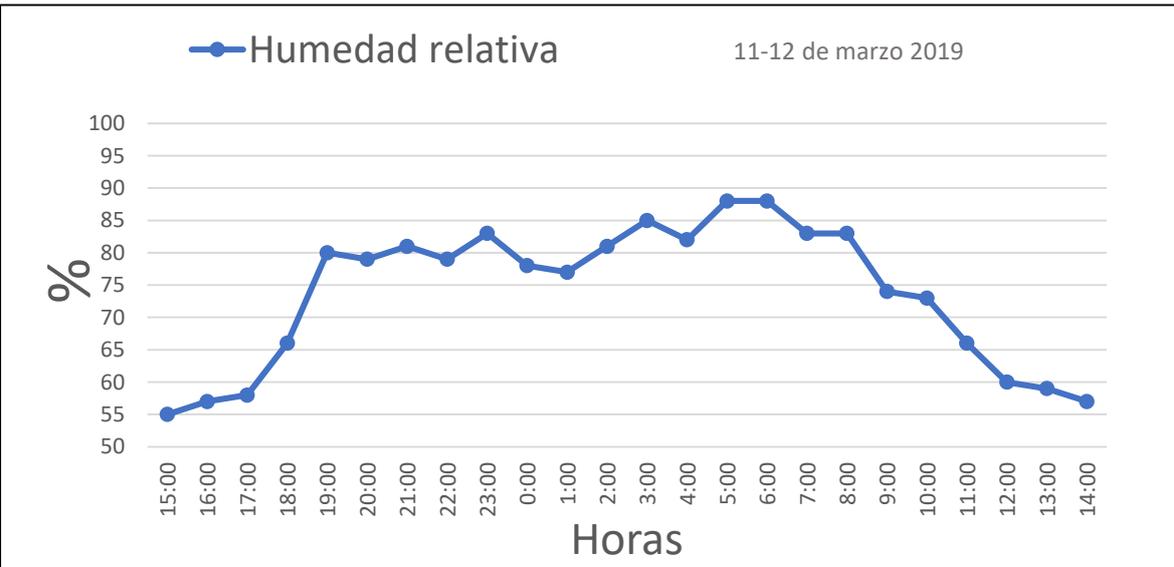


Fuente. Elaboración propia

Figura 8. Valores registrados de temperatura

3.2.2.2. Humedad relativa

Los porcentajes diarios de humedad relativa durante el monitoreo (ver Tabla 15), variaron entre 55 % y 88%, obteniendo así un valor promedio de 77%. En la Figura 9, se observa las oscilaciones del parámetro meteorológico.

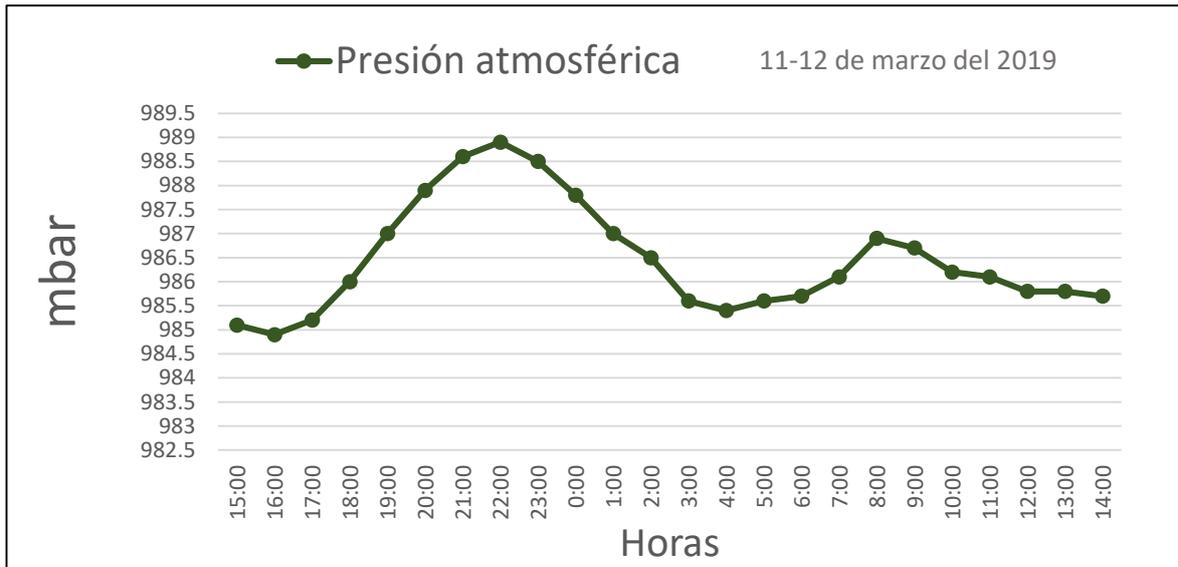


Fuente. Elaboración propia

Figura 9. Valores registrados de humedad relativa

3.2.2.3. Presión atmosférica

El valor promedio de la presión atmosférica fue 986.5 mbar, encontrándose en un rango desde 984.9 mbar hasta 989.9 mbar. En la siguiente Figura 10, se describe las fluctuaciones de la variable meteorológica durante el monitoreo.

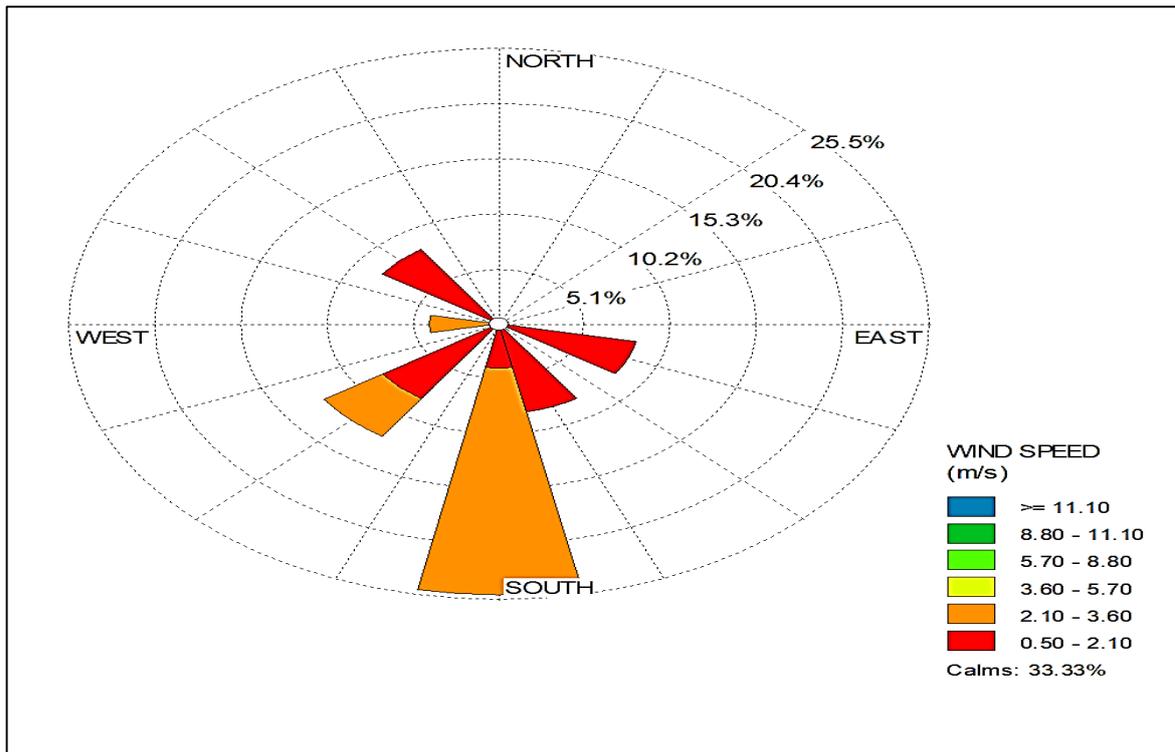


Fuente. Elaboración propia

Figura 10. Valores registrados de presión atmosférica

3.2.2.4. Dirección y Velocidad del viento

Según en la Tabla 15, la dirección predominante del viento proviene desde el Sur (S); y la velocidad del viento para este periodo oscila entre CALMA (0.0 – 0.5 m/s) y 2.7 m/s, con una velocidad promedio de 1.1 m/s en la zona de estudio. Para describir el comportamiento de estas dos variables meteorológicas, se utilizó el software WRPLOT View 8.0.2. Este programa sirve para graficar la rosa de viento y calcular la distribución de frecuencia de velocidades. Es muy útil su aplicación porque a través de los gráficos se interpreta la dirección predominante del viento y las clases de velocidades registradas por la estación meteorológica.



Fuente. Elaboración propia

Figura 11. Rosa de viento en la estación CA-PI-01

WRPLOT View Freeware 8.0.2

File Edit Tools Help

Display: Wind Speed, Stability Class

Wind Directions: 16

Wind Classes [6]...

Units: Knots, m/s

Orientation: Direction (blowing from), Flow Vector (blowing to)

Met Data Information | Frequency Count | Frequency Distribution | Wind Rose | Graph

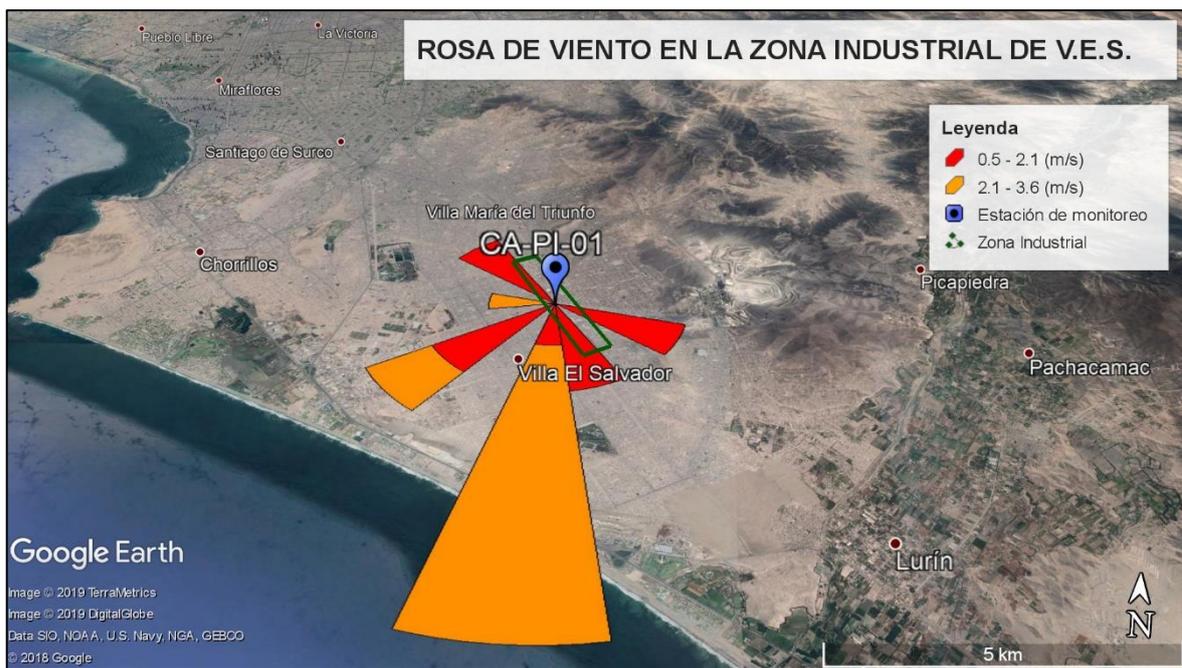
Dates: 11/03/2019 - 01:00 ... 12/03/2019 - 23:00

	Directions / Wind Classes (m/s)	0.50 - 2.10	2.10 - 3.60	3.60 - 5.70	5.70 - 8.80	8.80 - 11.10	>= 11.10	Total (%)
1	N	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	NNE	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	NE	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4	ENE	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
5	E	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
6	ESE	8.33333	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	8.33333
7	SE	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
8	SSE	8.33333	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	8.33333
9	S	4.16667	20.833300	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	25.000000
10	SSW	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
11	SW	8.33333	4.16667	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	12.500000
12	WSW	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
13	W	0.00000	4.16667	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	4.16667
14	WNW	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
15	NW	8.33333	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	8.33333
16	NNW	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	Sub-Total	37.500000	29.166700	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	66.666700
	Calms							33.333300
	Missing/Incomplete							0.00000
	Total							100.00

Fuente. Elaboración propia

Figura 12. Frecuencia de las direcciones del viento en la estación CA-PI-01

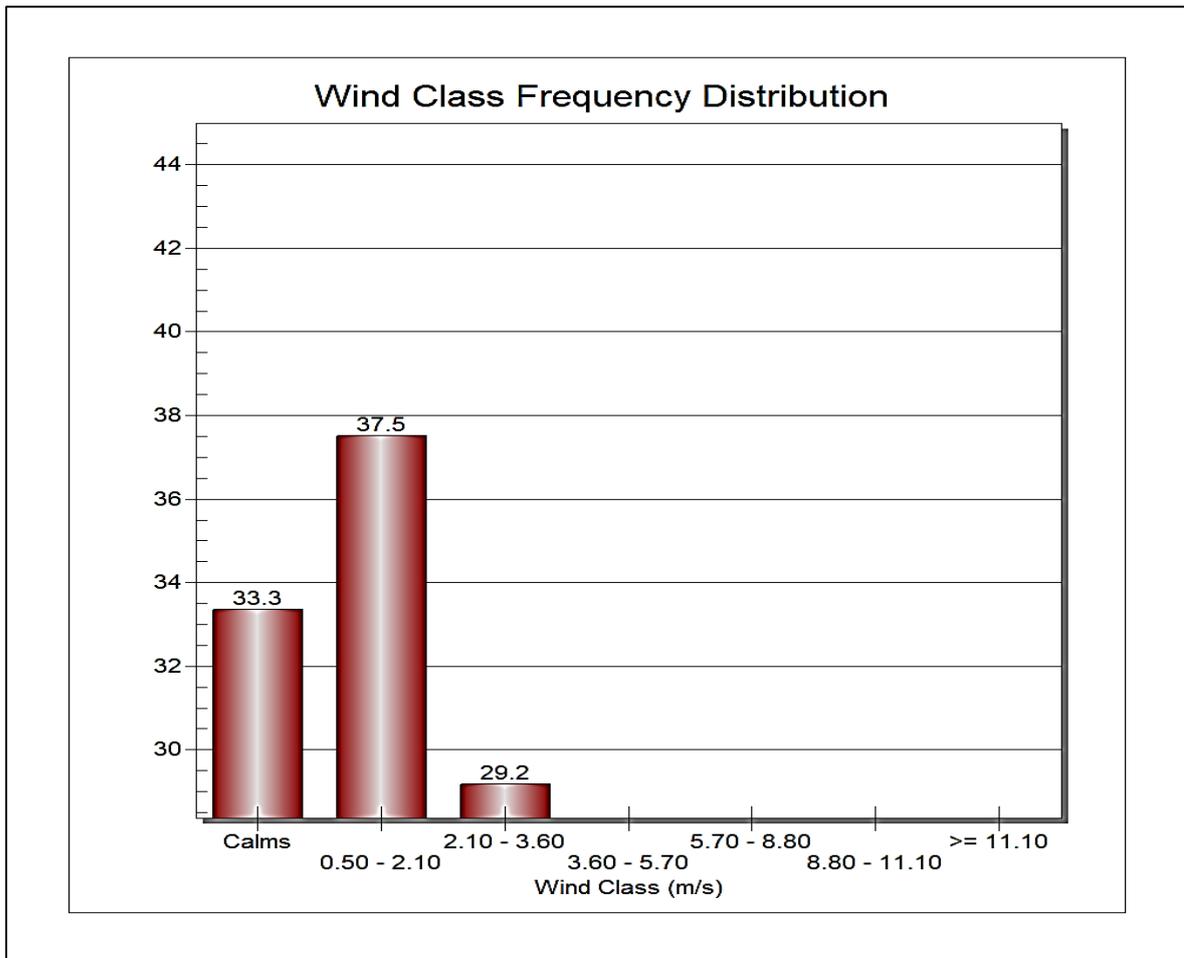
En las Figuras 11 y 12; se observa que la predominancia de la dirección del viento proviene del sur con una velocidad porcentual mayoritaria desde 2.10 m/s hasta 3.60 m/s, y una distribución de frecuencia del 25 %. Además, se evidencia la presencia de importantes vientos provenientes del suroeste (12.5 %), este sureste (8.33 %), sur sureste (8.33 %), noroeste (8.33 %), y norte (4.17 %).



Fuente. Elaboración propia

Figura 13. Ubicación satelital de la rosa de viento y la estación de monitoreo

Como se logra observar en la Figura 13; la estación de monitoreo CA-PI-01 se encuentra al oeste de la empresa cementera UNACEM S.A.A. (3.4 Km aprox.). Los vientos provienen de varias direcciones, principalmente del sur y suroeste. Es decir, los vientos se originan desde el Océano Pacífico con dirección a la zona de La Tablada del distrito de Villa María del Triunfo, ya que la zona mencionada es un lugar colindante a la zona industrial de Villa El Salvador.



Fuente. Elaboración propia

Figura 14. Frecuencia de las clases de velocidades del viento en CA-PI-01

En la Figura 14, se describe las diferentes clases de viento durante el monitoreo. El 37.5 % corresponde a vientos que varían entre 0.50 m/s a 2.10 m/s; el 33 % pertenece a CALMA (0.0- 0.5 m/s) y el 29.2 % a vientos que oscilan desde 2.10 m/s hasta 3.60 m/s.

CONCLUSIONES

- Con respecto a los resultados del monitoreo de calidad del aire. Se determinó que los niveles de concentración de los gases atmosféricos no superan el Estándar de Calidad Ambiental para aire, establecido en el D.S. N°003-2017-MINAM. Mientras la concentración del material particulado PM₁₀ (108.71 µg/m³), excede el estándar referencial de calidad ambiental para aire del D.S. N°003-2017-MINAM para un periodo de 24 horas, equivalente a 100 µg/m³.
- Las condiciones meteorológicas evaluadas en la estación de monitoreo de la zona industrial de Villa El Salvador, registraron valores promedio de 24 horas: temperatura del aire (25.1°C), humedad relativa (74%), presión atmosférica (986.5 mbar), velocidad del viento (1.1 m/s) y la dirección predominante del viento es el Sur. Según la escala de Beaufort, la Zona Industrial presentó una Fuerza N°2 con una denominación de ventolina.
- La alta concentración del material particulado PM₁₀ durante el periodo de monitoreo (del 11 al 12 de Marzo del 2019); están relacionados a las emisiones provenientes de las medianas y pequeñas empresas que realizan actividades de ebanistería, metalmecánica, vidriería, calzados de cuero, artesanía, y además del tránsito vehicular.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable que la presente investigación se correlacione con la salud de las personas. Pues permitirá conocer el estado y las posibles enfermedades que está expuesta la población por los contaminantes atmosféricos generados por las actividades industriales del lugar en estudio.
- Para obtener una información con mayores datos de concentración del material particulado y gases contaminantes, se recomienda realizar un monitoreo de siete días en la Zona Industrial de Villa El Salvador. Agregando también el monitoreo del material particulado $PM_{2.5}$; ya que por sus características es considerado un material más fino que el PM_{10} . Este contaminante ingresaría profundamente en los pulmones de las personas, trayendo como consecuencia una afectación severa a la salud de los pobladores de la zona en estudio.
- Según el resultado de la predominancia de la dirección del viento (Sur), en el presente proyecto de investigación. Se recomienda realizar un monitoreo de calidad del aire en la zona de Tablada de Lurín, perteneciente al distrito de Villa María del Triunfo. Dado que la dispersión de los contaminantes atmosféricos generados en la zona industrial, se trasladarían de sur a norte. Afectando probablemente la salud de los pobladores que habitan en la zona de Tablada de Lurín.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, P. (1995). Modelación de la química de emisiones contaminantes a la atmósfera. *Tesis de licenciatura*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- American Society for Testing and Materials. (2011). *Standard Practice for Surface wind using a wind vane and Rotating Anemometer*. Pensilvania .
- Brimblecombe, P. (2003). *Air Pollution Reviews: The effects of Air Pollution on The Build Enviroment Vol 2*. Reino Unido: Imperial College.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2005). *Manual de Autoinstrucción: Orientación para el control de la Contaminación del Aire*. Estados Unidos.
- Colsa Pérez, A., González Lorenzo, H., Cañada Torrecilla, R., & Moreno Jiménez, A. (2014). Caracterización de la calidad del aire en la ciudad de Valencia: Un análisis basado en la interpolación espacial de contaminantes. (*Informe de Investigación*). Universidad Autónoma de Madrid, Valencia, España.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales INDECOPI. (2003). *NTP 900.030:2003.Calidad de aire. Método de referencia para la determinacion de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera*. INACAL, Lima.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2000). *COVENIN 3571:2000. Norma Venezolana. Calidad de aire. Determinacion de la concetracion de sulfuro de hidrógeno (H2S) en el aire*. Caracas.
- Constitución Política del Perú. (14 de Septiembre de 1993). *Diario Oficial El Peruano*. Lima.
- Decreto Supremo N°003-2017-MINAM. (07 de Junio de 2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. *Diario Oficial El Peruano*. Lima.

- Decreto Supremo N°012-2009-MINAM. (23 de Mayo de 2009). Aprueba la Política Nacional del Ambiente. *Diario Oficial El Peruano*. Lima.
- Dirección General de Salud Ambiental. (2005). *R.D. N°1404/2005/DIGESA: Aprueban Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los datos*. Lima.
- Dirección General de Salud Ambiental. (2012). *Estudio de saturación Lima Metropolitana y Callao Año 2011*. Recuperado el 12 de Marzo de 2019, de http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/Estudio%20de%20Saturacion%202012.pdf
- Environmental Protection Agency US EPA. (2010). *Appendix A-2 to Part 50 - Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method)*. Washington D. C.
- Espinoza Guillen, J. (2018). Evaluación espacial y temporal del material particulado PM10 y PM2.5 en Lima Metropolitana para el periodo 2015-2017. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2004). *Meteorología y Climatología*. Madrid, España: Global Diseña.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2011). *Documentación toxicológica para el establecimiento del límite de exposición profesional de sulfuro de hidrógeno*. Madrid, España.
- Ley General de Salud N° 26842. (20 de Julio de 1997). *Diario Oficial El Peruano*. Lima.
- Ley General del Ambiente N° 28611. (15 de Octubre de 2005). *Diario Oficial El Peruano*. Lima.
- Ley Órgánica de Municipalidades N° 27972. (26 de Mayo de 2003). *Diario Oficial El Peruano*. Lima.
- Loachamín Tipán, D. C. (2017). Diagnóstico de la calidad del aire de la ciudad de Ibarra del periodo 2012-2015. (*Tesis de pregrado*). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Ministerio de Energía y Minas. (2008). *Atlas Eólico del Perú*. Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/publicaciones/Atlas_Eolico_Final.pdf

Ministerio del Ambiente. (2012). *Glosario de términos para la Gestión Ambiental Peruana*. Recuperado el 12 de Marzo de 2019, de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2015). *Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014*. Recuperado el 12 de Marzo de 2019, de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2019). *R.M. N°093-2019-MINAM: Aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire*. Lima.

Nestares Valladares, B. N. (2016). Evaluación del monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental de MIXERCON S.A. En su planta de concreto pre mezclado Villa El Salvador II, para identificar los riesgos a la salud de los trabajadores y población de la zona-2016. (*Tesis de pregrado*). Universidad Daniel Alcides Carrión, Lima, Perú.

Observatorio de la Sostenibilidad en España. (2007). *Calidad del Aire en las Ciudades: clave de sostenibilidad urbana*. Madrid: Mundi-prensa libros.

Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental. (2015). *Instrumentos Básicos para la Fiscalización Ambiental*. Recuperado el 2019 de Marzo de 12, de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978

Organización Mundial de la Salud. (02 de Mayo de 2018). *Calidad del Aire y Salud*. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Peter O. Warner. (1981). *Análisis de los contaminantes del aire. Método colorimétrico manual*.

- Prieto G., Y. G. (2017). Incidencia de los Incendios Forestales sobre la Calidad de Aire en la ciudad de Bogotá. (*Tesis de pregrado*). Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Stanley E. Manahan. (2007). Introducción a la Química Ambiental. Barcelona: Reverte S.A.
- Thomas R. Hauser. (1973). *Assessment of the analytical methodology available for the determination of nitrogen dioxide in ambient air*. North Carolina.
- Torres Castillo, R. F. (2016). Reducción del polvo atmosférico sedimentables a través de *Ficus benjamina* y *Salix humboldtiana* en el distrito de San Martín de Porres. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú.
- Wark, K., & Warner, C. (1994). *Contaminación del aire: Origen y control*. Mexico D.F: Limusa Noriega Editores.

ANEXOS

ANEXO N°1: Mapa de ubicación de la Zona Industrial

ANEXO N°2: Equipos de monitoreo utilizados

ANEXO N°3: Cotización requerida al Laboratorio Ambiental

ANEXO N°4: Documentación necesaria para realizar el monitoreo

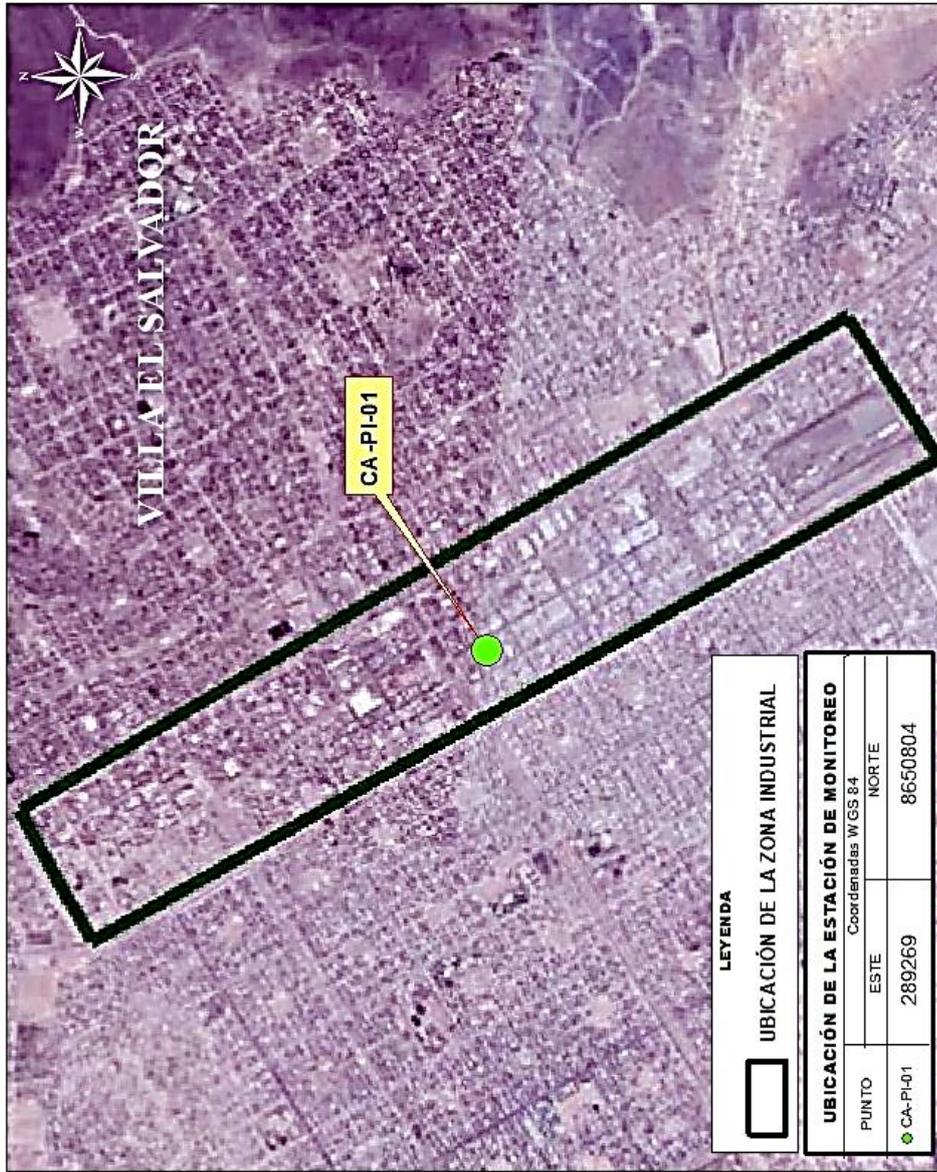
ANEXO N°5: Certificados de calibración y/o verificación de los equipos de monitoreo

ANEXO N°6: Certificado de acreditación del Laboratorio Ambiental

ANEXO N°7: Informe de ensayo

ANEXO N°8: Panel Fotográfico

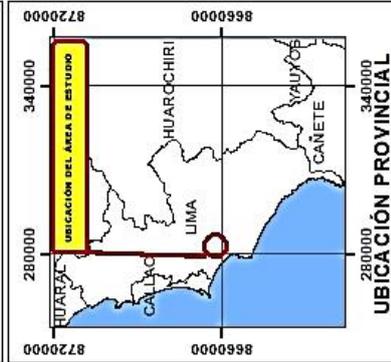
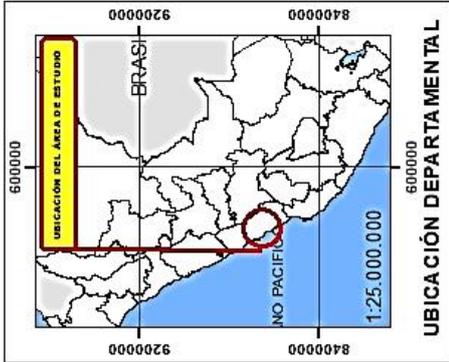
ANEXO N°1: Mapa de ubicación de la Zona Industrial



LEYENDA

▭ UBICACIÓN DE LA ZONA INDUSTRIAL

UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO	
Coordenadas WGS 84	
PUNTO	NORTE
ESTE	289269
CA-PI-01	8650804



UBICACIÓN
 Distrito: Villa El Salvador
 Provincia: Lima
 Departamento: Lima

INSTITUCIÓN:  UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR	Título: *NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE PM10, NO2, SO2, H2S, CO Y VARIABLES METEOROLÓGICAS EN LA ZONA INDUSTRIAL DE VILLA EL SALVADOR *	ELABORADO POR: Bach. Jose Gerson Diaz Saavedra	MAPA: Mapa de Ubicación de la Zona Industrial de Villa El Salvador - Lima - Perú
	FECHA: 2019	ESCALA: 1:20.000	MAPA N°: 01

ANEXO N°2: Equipos de monitoreo utilizados

Muestreador de Partículas de Alto Volumen (HI - VOL)



Tren de Muestreo



Estación Meteorológica



ANEXO N°3: Cotización requerida al Laboratorio Ambiental



COTIZACIÓN N° 2019-01VE-43-1

CLIENTE:	Gerson Díaz Saavedra	FECHA:	2019-01-24
DIRECCIÓN:	Sector 3 Grupo 27 Manzana D Lote 18 - VILLA EL SALVADOR - LIMA - LIMA	RUC:	76261611
TELÉFONO:	997325046	E-MAIL:	gersonds95@hotmail.com
CONTACTO:	Gerson Díaz Saavedra		
Referencia / Procedencia:	Monitoreo de Calidad de Aire en la Zona Industrial de VES		
Facturar a:	Gerson Díaz Saavedra		

AIRE

ANÁLISIS	METODOLOGÍA	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	UNIDAD	N° DE MUESTRAS	PRECIO UNITARIO (S/)	PRECIO TOTAL (S/)
ANÁLISIS DE CALIDAD DE AIRE						
Material Particulado PM10 (Alto volumen, 24 horas) + muestreo	NTP 900.030.2003. Método de Referencia para la Determinación de Material Particulado Respirable como PM10 en la Atmósfera. 2003	0.6	ug/m3	1		
Dióxido de Nitrógeno (NO2) (1 hora) + muestreo	SAG-160804 Rev.01 (Validado), 2018. Referenciado en Análisis de Contaminantes del Aire, Peter G. Warner. Determinación de Dióxido de Nitrógeno en Calidad de Aire (NO2)	3.33	ug/m3	1		
Dióxido de Azufre (SO2) (24 horas) + muestreo	EPA- 40 CFR, Appendix A-2 to part 50. Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Parasorbline Method). 2010	13.00	ug/m3	1		
Sulfuro de Hidrógeno (H2S) (24 horas) + muestreo	SAG-120126 Rev. 02 Referenciado en Norma COVENIN 3571: 2000 (Validado). Calidad de Aire. Determinación de Sulfuro de Hidrógeno (H2S). 2018.	2.361	ug/m3	1		
Monóxido de Carbono (CO) (8 horas) + muestreo	SAG-150410, Rev. 01 (Validado), Referenciado en método colorimétrico, 2016. Determinación de Monóxido de Carbono en Calidad de Aire (CO).	600	ug/m3	1		
*Meteorología Contiene: Humedad Relativa (Unidad: %) Dirección del Viento (Unidad: -) Temperatura (Unidad: °C) Presión Atmosférica (Unidad: mbar) Velocidad de Viento (Unidad: m/s)	ASTM D5741-96(2017). Standard Practice for Characterizing Surface Wind Using a Wind Vane and Rotating Anemometer	---	---	1		
AIRE - SUB TOTAL						

ANEXO N°4: Documentación necesaria para realizar el monitoreo



PLAN DE MUESTREO

FL-093
Versión: 07
F.E.: 02/2017

Nº de informes: _____

1. DATOS DEL CLIENTE

Cliente: GERSON DIAZ SAAVEDRA

Domicilio legal: SECTOR 3 GRUPO 27 MANZANA D LOTE 18

Contacto: GERSON DIAZ Teléfono fijo: _____
Celular: 997325046

Proyecto: MONITOREO DE CALIDAD DE AIR EN LA ZONA INDUSTRIAL DE V.E.S.

2. PERSONAL DE MUESTREO

Nombres: GERSON DIAZ DNI: 76261611

3. LUGAR DE MUESTREO

Departamento: LIMA Provincia: LIMA Distrito: VILLA EL SALVADOR

Fecha(s) en que se realizará el muestreo: 2019/03/11-12 Días a considerar: 02

4. MUESTREO REALIZADO SEGUN SEGUN PROCEDIMIENTO PL-009

Muestreo de Aguas Muestreo de suelos/sedimentos Muestreo isocinético
Muestreo de calidad de aire Muestreo de emisiones Otros: _____

5. ANALISIS A REALIZAR SEGUN COTIZACION N°:

Fecha	NUMERO DE PUNTOS DE MUESTREO - Número de puntos de Muestreo							Observaciones	
	Agua	Calidad de Aire			Suelos	Emisiones			Otros
		Aire	Ruido	Meteorología		Gaseosas	Isocinético		
<u>2019/03/11-12</u>	-	<u>01</u>	-	<u>01</u>	-	-	-	-	
Total	-	<u>01</u>	-	<u>01</u>	-	-	-	-	

Agua para uso y consumo humano
 Aguas Naturales
 Aguas residuales
 Aguas Salinas
 Agua de Proceso

Toma de Muestra dirimente: si no Matriz: _____

5. DOCUMENTOS ASOCIADOS

DA-002
 CDC
 DA-031
 Otros

6. EQUIPOS DE MUESTREO A USAR:

Equipo	Código de Laboratorio
<u>HEVOL PM10</u>	<u>ELAB-457</u>
<u>TREN DE MUESTREO</u>	<u>ELAB-393</u>
<u>ESTACION METEOROLOGICA</u>	<u>ELAB-226</u>
<u>ROTAMETRO</u>	<u>ELAB-236</u>
<u>CAHARA FOTOGRAFICA</u>	<u>CA-16</u>
<u>GPS GARMIN</u>	<u>ELAB-551</u>
<u>TRIPODES</u>	
<u>EXTENSION DE 25m.</u>	
<u>IMPENBERS</u>	
<u>PIZARRA PEQUENA.</u>	
<u>REGLETA.</u>	

CDC: Cadena de custodia



REGISTRO DE CAMPO - MATERIAL PARTICULADO Y GASES EN CALIDAD DE AIRE

Cliente : GERSON DIAZ JAÑEIRA
 Lugar/Planta: VILLA EL SALVADOR - LIMA
 Descripción del Punto: PUNTO UBICADO EN LA AZOFEA DE CITEHADERA DE Y.E.S.
 Código/Estación : CA-PE-01
 Código laboratorio: _____

Coordenadas UTM
 Este : 0289269
 Norte: 8650804
 Altitud(msnm): 197
 Tipo de coordenadas: WGS-84
 (Sistema, zona y banda) 18L

MATERIAL PARTICULADO: PTS, PM-10 y PM 2.5										
Tiempo de muestreo: (24 +/- 1) horas Flujo: alto vol: (1130 +/- 110) L/min; Bajo vol: 16.7 L/min, Minivol: 5L/min, Ultravol: 3L/min										
Código de Equipo	Código de Filtro/ Análisis	ensayo /análisis	Duración del muestreo			Tiempo de muestreo (Minutos)	Datos para Qa - Presión de H ₂ O para alto volumen (pulg H ₂ O)		Temperat. ambiente Promedio Muestreo °C	Presión ambiente Muestreo mBar
			Fechas	Hora (h) Inicial	Hora (h) final		Inicial	Final		
ELAB-454	FVQ256	PM10A	2019/03/11	14:00	14:00	1440	17.1	17.5	25.1	986.5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observaciones: *Presencia de fuertes vientos durante la tarde. Se observó que hay industrias modernas; cerca al punto de muestreo. Tránsito de vehículos livianos y pesados.*

GASES: SO ₂ , H ₂ S, CO, NO ₂ , O ₃ , HCT, BENCENO Y NIEBLA ÁCIDA, MGT									
Código de Rotámetro: ELAB-236									
Inicio muestreo		Final muestreo		Tiempo	Temperat. Promedio	Presión Promedio	SO ₂		Obs:
Fecha	Hora (h)	Fecha	Hora (h)	min.	°C	mBar	(Flujo L/min) / 24h		
2019/03/11	14:00	2019/03/12	14:00	1440	25.1	986.5	0.2		/
Inicio muestreo		Final muestreo		Tiempo	Temperat. Promedio	Presión Promedio	H ₂ S		Obs:
Fecha	Hora (h)	Fecha	Hora (h)	min.	°C	mBar	(Flujo L/min) / 24h		
2019/03/11	14:00	2019/03/12	14:00	1440	25.1	986.5	0.2		/
Inicio muestreo		Final muestreo		Tiempo	Temperat. Promedio	Presión Promedio	NO ₂		Obs:
Fecha	Hora (h)	Fecha	Hora (h)	min.	°C	mBar	(Flujo L/min) / 1 h		
2019/03/12	10:00	2019/03/12	11:00	60	27.0	986.2	0.4	<input checked="" type="checkbox"/> 1.0	/
Inicio muestreo		Final muestreo		Tiempo	Temperat. Promedio	Presión Promedio	CO		Obs:
Fecha	Hora (h)	Fecha	Hora (h)	min.	°C	mBar	(Flujo L/min) / 8h		
2019/03/11	14:00	2019/03/11	22:00	480	25.8	986.7	0.5		/
Inicio muestreo		Final muestreo		Tiempo	Temperat. Promedio	Presión Promedio	O ₃		Obs:
Fecha	Hora (h)	Fecha	Hora (h)	min.	°C	mBar	(Flujo L/min) / 8h		
---	---	---	---	---	---	---	1.0		/
Inicio muestreo		Final muestreo		Tiempo	Temperat. Promedio	Presión Promedio	HCT	BENCENO	Obs:
Fecha	Hora (h)	Fecha	Hora (h)	min.	°C	mBar	(Flujo L/min) / 24h		
---	---	---	---	---	---	---	0.2		/
Inicio muestreo		Final muestreo		Tiempo	Temperat. Promedio	Presión Promedio	NIEBLA ACIDA		Obs:
Fecha	Hora (h)	Fecha	Hora (h)	min.	°C	mBar	(Flujo L/min) / 24h		
---	---	---	---	---	---	---	1.6		/
Inicio muestreo		Final muestreo		Tiempo	Temperat. Promedio	Presión Promedio	MGT		Obs:
Fecha	Hora (h)	Fecha	Hora (h)	min.	°C	mBar	(Flujo L/min) / 24h		*Tmin(°C)= *Tmax(°C)= *Tprom(°C)=
---	---	---	---	---	---	---	0.2		/

Nota: En caso se emplee un Barotermodigrometro para la medición de temperatura y presión colocar en observaciones los datos inicial y final. Para mediciones con estación meteorológica reportar el promedio de las horas.

* Registrar los datos de temperatura (mínima, máxima y promedio) del ambiente donde se encuentra funcionando el analizador de MGT

Analista de campo: GERSON DIAZ Firma:

VERIFICACIÓN OPERACIONAL DE EQUIPOS DE CAMPO-AIRE

FM-003
Version: 02
F.E.: 02/2018

Analista de campo: **GERSON DIAZ** Fecha: **2019/03/10**
 Cliente: **GERSON DIAZ SAAVEDRA** Proyecto: **MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA INDUSTRIAL DE VES.**

Validación después del muestreo

Datos del Equipo a verificar: **ELAB-457** N° de serie VFC: **P 9231 X**
 Código de equipo

Condiciones ambientales:

Temperatura a sin Corregir (°C): **ELAB-226** Presión: **ELAB-226**
 Certificado de Calibración: **—** Código de equipo: **ELAB-226**
 Fecha de Calibración: **—** Certificado de Calibración: **—**
 Fecha de Calibración: **—** Fecha de Calibración: **—**

Resultados

P.inicial Po(pulg H2O de la regleta): **17.5** Pa(presión ambiental en mbar): **986.5**
 P.inicial Po(mbar de la regleta): **43.617**

Prueba	Temperatura a sin Corregir (°C)	Temperatura Corregida (°C)	Dif. Presión inicial Hi Vol Po(mBar)	Po/Pa	Qa' (m³/min) Flow Lock rate	Caudal Teórico Qa (m³/min)	% Diferencia (Qa'-Qa)*100/Qa
1	25.1	25.1	43.617	0.956	7.168	1.130	3.332

Según la norma de referencia, Compendium Method IO-2.1, se establece como aceptable una precisión de $\leq 10\%$

Verificación Operacional LOW VOL

Datos del Equipo a verificar:

Código de equipo: **—** N° de Serie: **—**
 Patron Utilizado: **—**
 Calibrador: **Bios Drycal** Certificado: **—**
 Código de equipo: **—** Fecha del Certificado: **—**
 Marca: **Mesalab** N° de Serie: **—**
 Modelo: **Defender 520**

Resultados

Prueba	Qind (L/min) Flow Lock rate	Qact (L/min) Flow Lock rate	% Diferencia (Qind-Qact)/Qind *100
1	16.7		
2	16.7		
3	16.7		

Leyenda: Rango de Aceptación $\leq 5\%$

Verificación Operacional MINI VOL

Datos del Equipo a verificar:

Código de equipo: **—** N° de Serie: **—**
 Patron Utilizado: **—**
 Calibrador: **Bios Drycal** Certificado: **—**
 Código de equipo: **—** Fecha del Certificado: **—**
 Marca: **Mesalab** N° de Serie: **—**
 Modelo: **Defender 520**

Resultados

Prueba	Qind (L/min) Flow Lock rate	Qact (L/min) Flow Lock rate	% Diferencia (Qind-Qact)/Qind *100
1	5.0		
2	5.0		
3	5.0		

Leyenda: Rango de Aceptación $\leq 4\%$

Ajuste y Verificación del Sonómetro *

Sound Level Calibrator						Termobarohigrómetro								
Marca/ Modelo	Código	Fecha	Marca	Código	Fecha	Marca	Código	Fecha	Marca	Código	Fecha			
Antes del servicio			Después del servicio			Antes del servicio			Después del servicio					
Código de Equipo	Marca/ Modelo / Clase	Altitud (msnm)	H. R. (%)	T*	Presión (hPa)	NPSLeq Antes del Ajuste (dB)*	NPSLeq Después del Ajuste (dB)*	Tolerancia (dB)	Conforme	H. R. (%)	T*	Presión (hPa)	NPSLeq Después del servicio (dB)	Fecha de Retorno

Tolerancia de acuerdo IEC61672-1:2002 Class 1 and 2 Sound Level Meters
 Sonómetro Piccolo ± 1.4
 Sonómetro Svantek ± 1.1
 *Microfono con calibrador

* La verificación del sonómetro es realizada en el laboratorio.

**ANEXO N°5: Certificados de calibración y/o verificación de los
equipos de monitoreo**



**CALIBRACIÓN / VERIFICACIÓN OPERACIONAL DEL MUESTRADOR PM₁₀ / PM_{2.5}
ALTO VOLUMEN Y PTS (VFC)**

Nº de Informe: ELAB-457 / ENERO / 2019

Lugar de la calibración / verificación operacional: Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C Pag. 1 de 1.

Fecha de calibración / verificación : 2019-01-11

Periodo de calibración / verificación operacional : 03 meses

Condiciones ambientales:

Presión Atmosférica; Pa(mmHg) : 749.09 Pa(mbar) : 998.70
Temperatura ambiente promedio; Ta,(°C): 22.6 Ta, (°K): 295.6

Datos del Equipo a Calibrar / verificar:

Equipo	Muestreador de partículas alto volumen
Código de equipo	ELAB-457
Marca	THERMO SCIENTIFIC
Modelo	SA/G 1200
Nº de Serie VCF	P 9231 X

TRAZABILIDAD:

Los resultados de la calibración / verificación operacional tienen trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

CÓDIGO	Instrumento	Certificado de calibración	Fecha de calibración
ELAB-214	VARIABLE FLOW CALIBRATION ORIFICE	WORKSHEET TE-5028A / TISCH ENVIRONMENTAL	2016-10-27
ELAB-547	Temperatura / Humedad	LH-034-2018 / INACAL-DM	2018-02-21/27
	Presión	LFP-123-2018 / INACAL-DM	2018-03-09
ELAB-431	Instrumento de medición de presión diferencial digital	LFP-325-2017 / INACAL - DM	2017-09-21

RESULTADOS:

Prueba	Temperatura sin Corregir (°C) Ta	Temperatura Corregida (°C) Ta	Dif. Presión Calibrador ("H2O) Pfc	Dif. Presión HI Vol ("H2O) Pf	Flujo actual del HI vol determinado con el Flow Look rate Qa'	Flujo actual Orificio, determinado con la ecuación del calibrador Qa	% Diferencia (Qa'-Qa)*100/Qa
1	22.7	22.6	3.46	22.60	1.137	1.141	0.4
2	22.7	22.6	3.42	22.60	1.136	1.135	0.7
3	22.7	22.6	3.40	22.60	1.137	1.131	0.5
4	22.7	22.6	3.36	22.60	0.934	1.135	0.9
5	22.7	22.6	3.34	22.60	0.932	1.132	1.0

Rango de Aceptación : ± 3%

Según la Norma de referencia ASTM EPA RFP5 1287-063 ± 3 %

LEYENDA:

Pf/Pa = (1-Pf/Pa)
Qa = ((Pfc-Ta/pa)^{2.5} - b)/m

- Pf = Diferencia de presión del HI Vol (mmHg)
- Pfc = Diferencia de presión del Calibrador ("H2O)
- Pa = Presión Atmosférica (mmHg)
- Qa' = Flujo actual del HI vol determinado con el Flow Look rate
- Qa = Flujo actual Orificio, determinado con la ecuación del calibrador
- b = Intercepción Qa del calibrador
- m = Pendiente Qa del calibrador
- Ta = Temperatura durante la calibración
- Pa = Presión durante la calibración
- Tstd = 298 °K
- Pstd = 760 mm Hg

Héctor Lizana M.
Analista de campo I

Belbeth Y. Fajardo León
Quim. Belbeth Y. Fajardo León
Director Técnico
C.Q.P. N° 648
Servicios Analíticos Generales S.A.C.
Belbeth Fajardo L.
Director Técnico

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Oficina Administrativa [Logística - Preparación de Materiales] Pasaje Clorinda Mallo de Thurner N° 2079 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-6885 | Móvil 994 976 442
Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | atencionalcliente@sagperu.com | ventas@sagperu.com | Web www.sagperu.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° T-4167-2018

Fecha de emisión: 2018-11-22

Expediente N°: 81120
Página 1 de 2

1. **Solicitante** : SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.
2. **Dirección** : Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima
3. **Instrumento calibrado** : ESTACIÓN METEOROLÓGICA
- Marca / Fabricante : DAVIS INSTRUMENTS
- Identificación : ELAB-226 (*)
- Serie : F111101A010
- Modelo : VANTAGE VUE/6250M
- Intervalo de Indicación : IN: 0 °C a 60 °C / OUT: -45 °C a 65 °C
1 % H.R. a 100 % H.R.
- Resolución : IN: 0,1 °C / OUT: 0,1 °C
1 % H.R.
- Procedencia : JUDICIAL DE LOS USA
- Ubicación : No indica

4. **Lugar de calibración** : En el Laboratorio de Temperatura y Humedad de METROIL S.A.C.

5. **Fecha de calibración** : Del 2018-11-20 al 2018-11-21

6. **Método de calibración**
La calibración se realizó por comparación directa según el PC-MT-002 Rev. 00 "Procedimiento para Calibración de Medidores de Humedad y/o Temperatura" de METROIL S.A.C.

7. **Trazabilidad**
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM , en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-479	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,9 %H.R. a 1,7 %H.R.	LH-203-2018 / INACAL - DM
IT-480	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,9 %H.R. a 1,7 %H.R.	LH-204-2018 / INACAL - DM
IT-481	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,9 %H.R. a 1,8 %H.R.	LH-207-2018 / INACAL - DM
IT-222	Termómetro digital con incertidumbre del Orden desde 0,02 °C a 0,025 °C	LT-119-2018 / INACAL - DM
IT-223	Termómetro digital con incertidumbre del Orden desde 0,02 °C a 0,025 °C	LT-120-2018 / INACAL - DM

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

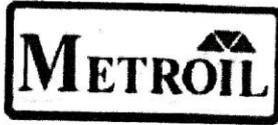
Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

CHRISTIAN ASTUVILCA VALENTIN
Jefe del Laboratorio de Temperatura y Humedad

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
 POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

Certificado de Calibración N° T-4167-2018
 Página 2 de 2

8. Condiciones de calibración

Tiempo de estabilización no menor a 10 min
 Profundidad de inmersión del sensor tipo OUT 14 cm
 Temperatura ambiental : Inicial : 22,8 °C Final : 23,1 °C
 Humedad relativa : Inicial : 63,7 % H.R. Final : 71,5 % H.R.

9. Resultados

PARA EL HIGRÓMETRO INTERNO (Tipo IN)

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (°C)
43	-8,0	35,0	2,8
64	-4,0	60,0	2,8
89	1,0	90,0	2,8

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección

PARA EL TERMÓMETRO EXTERNO (Tipo OUT) de serie F111101A010

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (°C)
5,1	-0,10	5,00	0,07
20,1	-0,10	20,00	0,07
39,9	0,10	40,00	0,07

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

PARA EL HIGRÓMETRO EXTERNO (Tipo OUT) de serie: F111101A010

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%H.R.)	CORRECCIÓN (%H.R.)	HRCV (%H.R.)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (%H.R.)
44	-9,0	35,0	2,8
66	-6,0	60,0	2,8
89	1,0	90,0	2,8

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva en el instrumento con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° A-12653
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

FIN DEL DOCUMENTO

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424
 Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Flujo de Gases

Certificado de Calibración

LFG - 193 - 2018

Página 1 de 4

Expediente	101711	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Solicitante	SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.	
Dirección	Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Rios - Lima	La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Medida del Perú. (SLUMP).
Instrumento de Medición	MEDIDOR DE CAUDAL	
Marca	Dwyer	La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.
Modelo	RMA	
Procedencia	Estados Unidos	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Número de Serie	ELAB-236 (*)	
Intervalo de Medición	100 cm³/min a 1000 cm³/min	
Resolución del Dispositivo Visualizador	50 cm³/min	
Temp. de Referencia	NO INDICA (**)	
Fecha de Calibración	2018-11-07	

Equipo de uso exclusivo para trabajos realizados por Servicios Analíticos Generales S.A.C. "EQUIPO NO AJUSTABLE"

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Flujo de Gases
2018-11-08	ALDO QUIROGA ROJAS	CARLOS OCHOA QUIQUIA
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología
Laboratorio de Flujo de Gases

Certificado de Calibración LFG – 193 – 2018

Página 2 de 4

Método de Calibración

Determinación del error de indicación del medidor por el método de comparación, utilizando aire atmosférico como fluido de ensayo

Lugar de Calibración

Laboratorio de Flujo de Gases
Calle De La Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	20,5 °C
Humedad Relativa	64,5 %
Presión Atmosférica	990,7 mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Análisis Certificado de Calibración
Sistema de Desplazamiento Positivo (LFG 03 001) con incertidumbre de 0,21 %	Flujómetro Térmico con incertidumbres relativas de 0,01 L/min a 0,03 L/min	INACAL-DM/ LFG-038-2017

Equipo de uso exclusivo para trabajos realizados por Servicios de Calibración
"EQUIPO NO ALQUILABLE"

Observaciones

(*) No cuenta con número de serie. Presenta una etiqueta adherida al instrumento con identificación: ELAB-236 .

(**) Para la calibración se considera que la escala del medidor de caudal está diseñada para las condiciones de referencia: $t = 20\text{ °C}$ y $p = 1\text{ atm}$.

Para la calibración se utilizó como fluido de ensayo aire seco.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología
Laboratorio de Flujo de Gases

Certificado de Calibración LFG – 193 – 2018

Página 3 de 4

Resultados

Q [cm ³ /min]	E [cm ³ /min]	U [cm ³ /min]
200	-1	10
400	30	10
500	23	10
1 000	36	10

Q: Indicación de caudal del instrumento

U: Incertidumbre expandida (k=2)

Las condiciones de operación del flujómetro fueron:

Presión absoluta en la entrada del medidor de caudal: 992 mbar.

Temperatura en el medidor de caudal: 20,4 °C.

La resolución considerada para todas las indicaciones fue de 10 cm³/min.

El error máximo permitido típico para este instrumento es: ± 4 % del fondo de escala (40 cm³/min).

Se tomó como referencia el diámetro mayor del flotador.

Equipo de uso exclusivo para
trabajos realizados por Servicios
Analíticos Generales S.A.C.
"EQUIPO NO ALQUILABLE"



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología
Laboratorio de Flujo de Gases

Certificado de Calibración LFG – 193 – 2018

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPi mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metroológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas Guía ISO 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe

ANEXO N°6: Certificado de acreditación del Laboratorio Ambiental

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE, **OTORGA** la presente Renovación de la Acreditación a:

Servicios Analíticos Generales S.A.C.

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO-17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

Sede Acreditada: . Naciones Unidas N° 1565, Urb. Chacra Ríos Norte, distrito de Cercado de Lima, provincia de Lima y departamento de Lima.

Fecha de Renovación: 17 de junio de 2016

Fecha de Vencimiento: 17 de junio de 2020

Registro N° LE - 047
Fecha de emisión: 09 de agosto de 2016
DA-acr-01P-02M Ver. 00

Augusto Mello Romero
Director - Dirección de Acreditación

A circular official stamp of the INACAL Dirección de Acreditación is visible, containing the text 'DA A. Mello Director' and the INACAL logo. A large, stylized signature in black ink is written over the stamp.

ANEXO N°7: Informe de ensayo

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE-047

**INFORME DE ENSAYO N° 131467-2019
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL : DÍAZ SAAVEDRA JOSÉ GERSON
DOMICILIO LEGAL : SECTOR 3 GRUPO 27 MZA, D LOTE 18 - VILLA EL SALVADOR - LIMA
SOLICITADO POR : DIAZ SAAVEDRA JOSE GERSON
REFERENCIA : MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA INDUSTRIAL DE VES
PROCEDENCIA : VILLA EL SALVADOR - LIMA
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2019-03-12
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2019-03-14 Y 2019-03-15
FECHA(S) DE MUESTREO : 2019-03-11 Y 2019-03-12
MUESTREO POR : SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C. (1)

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Material particulado PM10 (Alto volumen)	NTP 900.030:2018. GESTIÓN AMBIENTAL. Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera.	0.60	ug/m ³
Monóxido de Carbono (CO)	SAG-150410, Rev. 01 (Validado). Referenciado en método colorimétrico, 2016. Determinación de Monóxido de Carbono en Calidad de Aire (CO).	600	ug/m ³
Dióxido de Azufre (SO ₂)	EPA- 40 CFR, Appendix A-2 to part 50. Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method), 2010	13.00	ug/m ³
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	SAG-160804 Rev.01 (Validado), 2018. Referenciado en Análisis de Contaminantes del Aire, Peter O. Warner. Determinación de Dióxido de Nitrógeno en Calidad de Aire (NO ₂)	3.33	ug/m ³
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	SAG-120126 Rev. 02 (Validado). Referenciado en Norma COVENIN 3571: 2000. Calidad de Aire. Determinación de Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S). 2018.	2.361	ug/m ³
*Meteorología	ASTM D5741-96(2017). Standard Practice for Characterizing Surface Wind Using a Wind Vane and Rotating Anemometer		

L.C.: Límite de cuantificación.

(1) Toma de muestra de acuerdo a plan de muestreo N° 131467 y procedimiento PL-009.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Aire	Blanco	Blanco
Matriz analizada	Aire		
Fecha de muestreo	2019-03-11/12		
Hora de inicio de muestreo (h)	14:00		
Coordenadas UTM WGS 84 18L	0289269E 8650604N		
Altitud (msnh)	197		
Condiciones de la muestra	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada	Conservada / Refrigerada
Descripción del punto de muestreo	Punto ubicado en la azotea de CITEMADERA de V.E.S.		
Código del Cliente	CA-PI-01	BKc(Blanco)	BKv(Blanco)
Código del Laboratorio	19030655	19030657	19030656
Ensayos	Unidades	Resultados	
Material particulado PM10 (Alto volumen)	ug/m ³	108.71	<0.60
Monóxido de Carbono (CO)	ug/m ³	<600	////
Dióxido de Azufre (SO ₂)	ug/m ³	<13.00	////
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	ug/m ³	<3.33	////
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	ug/m ³	<2.361	////

////: Ensayo no realizado.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León
C.Q.F. N° 648
Asosor Técnico Químico

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

Cod.: F 02/Versión: 06/F.E.03/2018

* El Método Indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency, ASTM: American Society for Testing and Materials, NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 3



SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE-047

**INFORME DE ENSAYO N° 131467-2019
CON VALOR OFICIAL**

II: RESULTADOS:

*METEOROLOGÍA						
Estación /Código de muestreo	CA-PI-01	Código de laboratorio	19030655	Descripción del punto de muestreo	Punto ubicado en la azotea de CITEmadera de V.E.S.	
Georeferencia: WGS-84-18L		E:0289269	N:8650804	Altud (msnm)	197	
Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del Viento	Presión (mbar)
2019-03-11	15:00	29.6	55	2.7	SW	985.1
2019-03-11	16:00	29.2	57	2.7	S	984.9
2019-03-11	17:00	28.1	58	2.2	S	985.2
2019-03-11	18:00	26.3	66	2.2	S	986.0
2019-03-11	19:00	23.2	80	2.2	S	987.0
2019-03-11	20:00	23.3	79	1.3	SSE	987.9
2019-03-11	21:00	23.2	81	1.3	ESE	988.6
2019-03-11	22:00	23.7	79	0.9	ESE	988.9
2019-03-11	23:00	23.2	83	0.9	S	988.5
2019-03-12	00:00	23.8	78	CALMA	---	987.8
2019-03-12	01:00	23.8	77	CALMA	---	987.0
2019-03-12	02:00	23.2	81	CALMA	---	986.5
2019-03-12	03:00	22.2	85	0.9	SSE	985.6
2019-03-12	04:00	22.8	82	CALMA	---	985.4
2019-03-12	05:00	21.3	88	CALMA	---	985.6
2019-03-12	06:00	21.5	88	CALMA	---	985.7
2019-03-12	07:00	22.9	83	CALMA	---	986.1
2019-03-12	08:00	23.4	83	CALMA	---	986.9
2019-03-12	09:00	25.8	74	0.9	NW	986.7
2019-03-12	10:00	26.4	73	0.9	NW	986.2
2019-03-12	11:00	27.5	66	0.9	SW	986.1
2019-03-12	12:00	28.6	60	1.3	SW	985.8
2019-03-12	13:00	28.9	59	2.2	S	985.8
2019-03-12	14:00	29.3	57	2.7	W	985.7
PROMEDIO		25.1	74	1.1		986.5
MÁXIMO		29.6	88	2.7	S	988.9
MÍNIMO		21.3	55	CALMA		984.9

* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA

Quim. **Belbetty Y. Fajardo León**
C.Q.P. N° 648
Asosor Técnico Químico

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

Cod.: FI.02/Version: 08/FE.03/2018

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima

• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 3



SAG

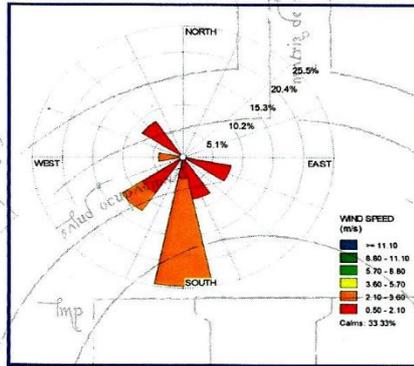
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



**INFORME DE ENSAYO N° 131467-2019
CON VALOR OFICIAL**

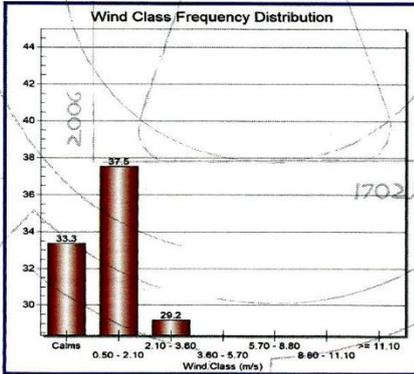
II: RESULTADOS:

**** GRÁFICA DE ROSA DE VIENTOS CA-PI-01**



DIRECCIÓN PREDOMINANTE DEL VIENTO
S 25%

**** DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA VELOCIDADES CA-PI-01**



** Los gráficos adjuntos se encuentran fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA.

Lima, 25 de Marzo del 2019

Quim. Belbén Y. Fajardo León
C.Q.P. N° 648
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

Cod.: F. 02/Version: 06/F. E. 03/2018

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 3 de 3

ANEXO N°8: Panel Fotográfico







